МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.02 ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Козин В. З., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____ *(подпись)*

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____ *(подпись)*

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 43D659E81F59110FB2CEBF5795FF2768
Владелец: Зубов Владимир Владимирович
Действителен: с 20.08.2025 до 13.11.2026

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

В. З. Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«11» марта 2019 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

В. З. Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

К 59

Р е ц е н з е н т : *Ю. П. Морозов*, д-р техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых, УГГУ.

Руководство рассмотрено на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых «28» февраля 2019 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Козин В. З.

К 59 ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ: руководство по выполнению лабораторных работ. 2-е изд., исправл., доп. / В. З. Козин; Урал. гос. горный у-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. 13 с.

Выполнение лабораторных работ направлено на освоение теоретических положений опробования. Содержит постановку задачи и объяснение получаемых результатов. Составлено в соответствии с учебной программой дисциплины.

Руководство составлено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 24.05.04 – «Горное дело».

© Козин В. З., 2015, 2019
© Уральский государственный горный университет, 2015, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 АНАЛИЗ ПРОБ 4

Лабораторная работа № 2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ КОМПОНЕНТА В ТОЧЕЧНЫХ ПРОБАХ 6

Лабораторная работа № 3 ПОКУСКОВАЯ ДИСПЕРСИЯ 9

Лабораторная работа № 4 КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ 11

Лабораторная работа № 1

АНАЛИЗ ПРОБ

Цель работы: оценка погрешностей, связанных с анализом проб.

Пояснения к работе

Анализ проб выполняется на навесках небольшой величины. При этом степень сокращения пробы составляет 50-100.

Погрешность анализа $S^2_{\text{ан}}$ в итоге состоит из погрешности операции сокращения $S^2_{\text{с}}$ материала в пакете, погрешности отбора навески $S^2_{\text{нав}}$ и погрешности метода анализа $S^2_{\text{м}}$:

$$S^2_{\text{ан}} = S^2_{\text{с}} + S^2_{\text{нав}} + \frac{1}{n_{\text{пов}}} S^2_{\text{м}}.$$

Здесь $n_{\text{пов}}$ – число повторных анализов на одной и той же навеске при неразрушающем методе анализа (рентгенофлюоресцентный анализ).

Погрешность анализа находят как погрешность воспроизводимости параллельных анализов. Если выполнить отбор и анализ навесок N студентами, то

$$S^2_{\text{ан}} = \frac{\sum_{\text{i}} (\overline{\alpha}_i - \overline{\alpha})^2}{N-1},$$

где $\overline{\alpha}_{\text{i}}$ – средняя массовая доля, полученная при анализе навесок i-м студентом, $\overline{\alpha}_i = (\alpha_{i1} + \alpha_{i2})/2$;

$\overline{\alpha}$ – средняя массовая доля в навесках, полученных N студентами.

Погрешность отбора навески $S^2_{\text{нав}}$ может быть рассчитана по формуле

$$S^2_{\text{нав}} = 2 f S^2_{\text{к нав}} \cdot \rho \overline{d}^3_{\text{нав}} \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}} \right).$$

Здесь f – коэффициент формы, f = 0,5;

$S^2_{\text{к нав}}$ – покусковая дисперсия;

ρ – плотность материала навески;

$\overline{d}_{\text{нав}}$ – средняя крупность материала навески;

$q_{\text{нав}}$ – масса навески;

$q_{\text{пак}}$ – масса материала в пакете.

Погрешность метода анализа находят как погрешность анализа одной и той же навески. Если каждый из студентов подгруппы выполнит два анализа на одной и той же навеске, то

$$S_{\text{м}} = \frac{\overline{|\Delta\alpha_i|}}{1{,}13},$$

где $\Delta\alpha_i = \alpha_{i1} - \alpha_{i2}$ – разность (размах) двух результатов *i*-го студента;

$$\overline{|\Delta\alpha_i|} = \frac{\sum_i |\Delta\alpha_i|}{N}.$$

Здесь $\overline{|\Delta\alpha_i|}$ – среднее значение абсолютной величины размаха.

Погрешность сокращения пробы

$$S_{\text{с}}^2 = S_{\text{ан}}^2 - S_{\text{нав}}^2 - \frac{1}{2} S_{\text{м}}^2.$$

Если $S_{\text{с}}^2$ будет отрицательной величиной, то принимаем $S_{\text{с}}^2 = 0$.

Определяют относительные погрешности $P_{\text{ан}}$, $P_{\text{с}}$, $P_{\text{нав}}$, $P_{\text{м}}$ по общей формуле

$$P = \frac{tS}{\overline{\alpha}} \cdot 100, \%,$$

где *t* – коэффициент Стьюдента; $t \cong 2$.

S – соответствующее среднеквадратичное отклонение.

Выполнение работы

Подгруппа студентов получает пакет материала (медная руда) массой 200 г, крупностью 0,1 мм, сокращает его с помощью желобчатого сократителя на четыре части, взвешивает их. Каждый из студентов от материала своей части наполняет кювету рентгенофлюоресцентного анализатора и выполняет анализ массовой доли меди, получая значение α_{i1}, затем высыпает навеску из кюветы на бумагу и наполняет этим же материалом навески кювету вновь, анализирует ее, получая значение α_{i2}. Каждый из студентов подгруппы находит $\overline{\alpha}_i$ и $|\Delta\alpha_i|$, после чего все результаты подгруппы используют для расчета $S_{\text{м}}^2$; $S_{\text{нав}}^2$; $S_{\text{ан}}^2$ и $S_{\text{с}}^2$.

Определяют относительные погрешности $P_{\text{ан}}$, $P_{\text{м}}$, $P_{\text{нав}}$, $P_{\text{с}}$.

На основании работы студент делает вывод:

Относительная доля каждой погрешности при выполнении анализа проб.

Лабораторная работа № 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ КОМПОНЕНТА

В ТОЧЕЧНЫХ ПРОБАХ

Цель работы: получение распределений массовой доли в пробах и сравнение его с теоретическим.

Пояснения к работе

Если в опробуемом массиве средняя массовая доля $\overline{\alpha}$, то в каждой отобранной от него пробе или навеске массовая доля будет другой, отличной от $\overline{\alpha}$. Если от опробуемого массива отобрать N проб (навесок) и каждую проанализировать, получив для каждой навески массовую долю α_i, то увидим, что среднюю массовую долю $\overline{\alpha}$ характеризует распределение $\omega(\alpha)$ массовой доли в навесках (рис. 1, *а*).

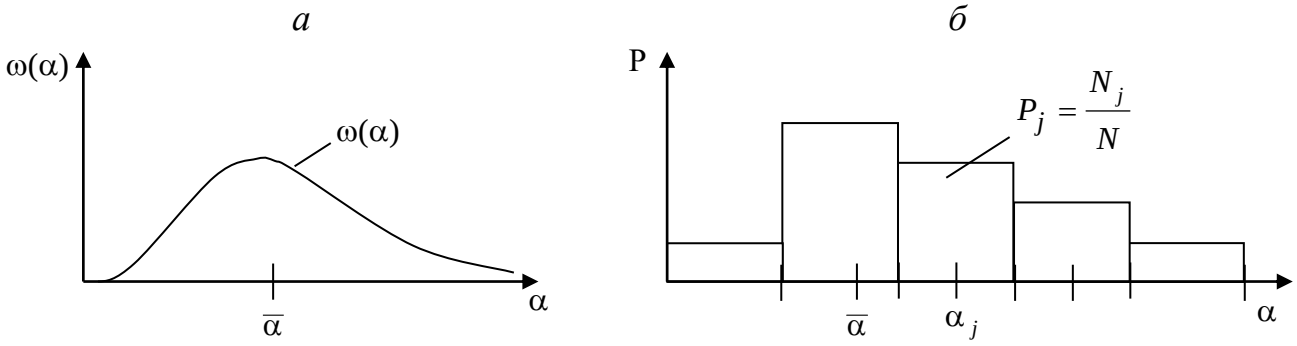


Рис. 1. Распределение массовой доли в пробах (навесках):
а – теоретическая плотность распределения вероятности;
б – экспериментальная гистограмма

Экспериментально получают гистограмму (рис. 1, *б*), где P_j – доля числа результатов N_j от общего числа данных $N = \sum_i N_j$, попадающих в интервал $\alpha_j \pm \Delta\alpha_j$.

Лабораторную работу выполняем на модельном опробуемом массиве, состоящем из одинаковых зерен (кусков) материала, в котором можно визуально выделять зерна полезного компонента.

Распределение зерен полезного компонента в навесках описывается формулой биномиального распределения.

Для малых величин $\overline{m}$ это распределение описывается более простой формулой

$$P_m = \frac{\overline{m}^m}{m!} e^{-\overline{m}},$$

в которую входят лишь две величины:

$\overline{m}$ – среднее число зерен в навесках;

m – фактическое число зерен в навеске.

Распределение P_m для $\overline{m} = 3{,}5$ приведено на рис. 2.

Массовая доля α связана с числом зерен m так:

$$\alpha = m \cdot \frac{\overline{\alpha}}{\overline{m}},$$

т. е. ось m можно будет заменить осью массовой доли α, так как они пропорциональны друг другу.

Среднюю массовую долю зерен определяемого компонента находим по формуле, д. е.:

$$\overline{\alpha} = \frac{\overline{m} \cdot f \cdot \rho \cdot d^3}{q}.$$

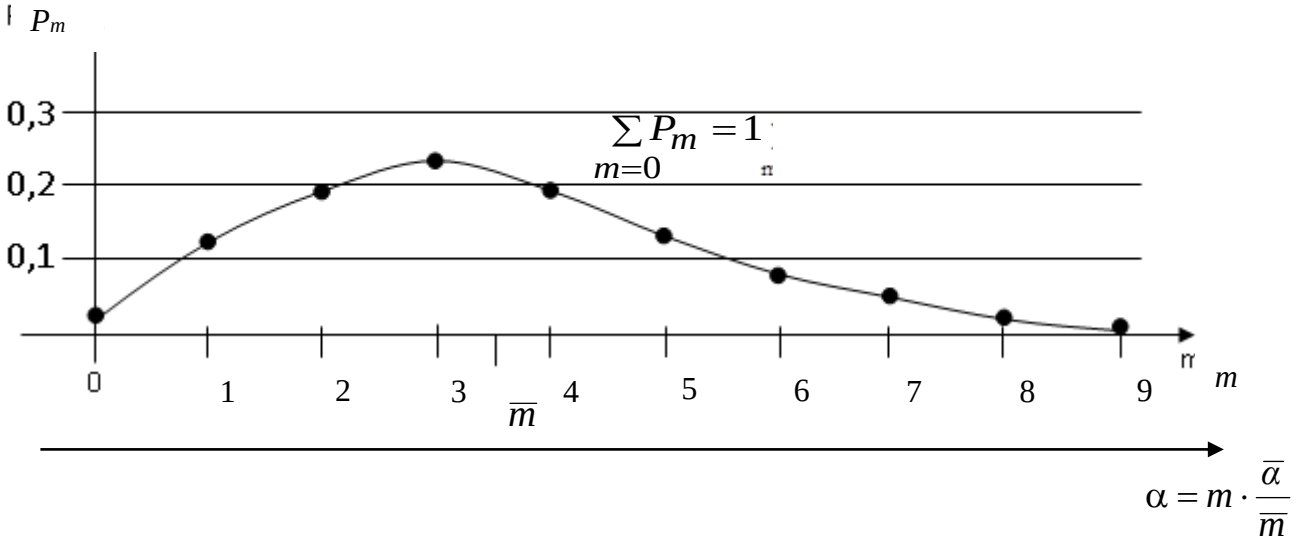


Рис. 2. Распределение P_m как функция числа зерен определяемого компонента в пробе m, для $\overline{m}$ = 3,5

Выполнение работы

Для выполнения лабораторной работы используется смесь дробленого кварца с маркёрами (стеклянные цветные бусинки), играющими роль зерен полезного минерала. Маркёры хорошо выделяются среди зерен кварца, и их можно сосчитать.

Студент получает начальную пробу массой 1-3 кг (опробуемый массив), которую делит на N = 32 части с помощью желобчатого сократителя. Деление выполняется максимально тщательно. В каждой части определяется число маркёров m. После определения m в строке N_m табл. 1 ставится в соответствующей клетке крестик. После определения m во всех частях заполняется строка N_m подсчетом крестиков. Определяется среднее в пробах число маркёров

$$\overline{m} = \sum m_i / N.$$

Рассчитывается экспериментальное $P_э = \frac{N_m}{N}$ и теоретическое $P_т$ распределения. Расчеты сведены в табл. 1, в которой имеется также и строка $N_{m\ теор}$.

Таблица 1

Экспериментальное и теоретическое распределения

Показатели	***m***						
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**….**	m_{max}
Число точечных проб, в которых найдено m маркёров N_m	×× 2	××× 3	×× ×× 4	×× ×× ×× 6	×× 2	….	0
Экспериментальное распределение $P_{mэ} = \frac{N_m}{N}$							
Теоретическое распределение $P_m = \frac{\overline{m}^m}{\overline{m}!} e^{-\overline{m}}$.							
Теоретическое число точечных проб, содержащих m маркёров $N_{m\ теор} = P_m \cdot N$							

В одних осях, так, как на рис. 2, строят экспериментальное и теоретическое распределения, при этом по оси абсцисс откладывают как m, так и α. Работу повторяют, сокращая пробу квадратованием.

На основании работы студент делает выводы:

1. Вид асимметрии распределения массовой доли в пробах.
2. Соответствие экспериментального распределения теоретическому.
3. Сравнение качества сокращения желобчатым сократителем и квадратованием.

Лабораторная работа № 3

ПОКУСКОВАЯ ДИСПЕРСИЯ

Цель работы: экспериментальное получение зависимости покусковой дисперсии от крупности и характеристики сростков.

Пояснения к работе

Покусковая дисперсия S_k^2 является фундаментальной характеристикой опробуемого массива. Это дисперсия массовой доли в кусках одного размера, которая для раскрытых кусков ($d < d_з$) определяется по теоретической формуле

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{п}}}\alpha(\beta_{\text{м}} - \alpha)\left(1 - \frac{\alpha}{\beta_{\text{м}}} + \frac{\alpha\rho_{\text{п}}}{\beta_{\text{м}}\rho_{\text{м}}}\right)^2 = S_{\text{к}}^2(0).$$

а для сростков ($d > d_з$)

$$S_{\text{кс}}^2 = S_{\text{к}}^2 \cdot \left(\frac{d_з}{d}\right)^{3-b}.$$

Здесь $\rho_{\text{м}}$, $\rho_{\text{п}}$ – плотности минерала и породы;

α, $\beta_{\text{м}}$ – средняя массовая доля компонента в руде и в минерале;

$d_з$, d – размер зерна и куска.

Общий вид зависимости $S_{\text{к}}^2(d)$ представлен на рис. 1, *а*.

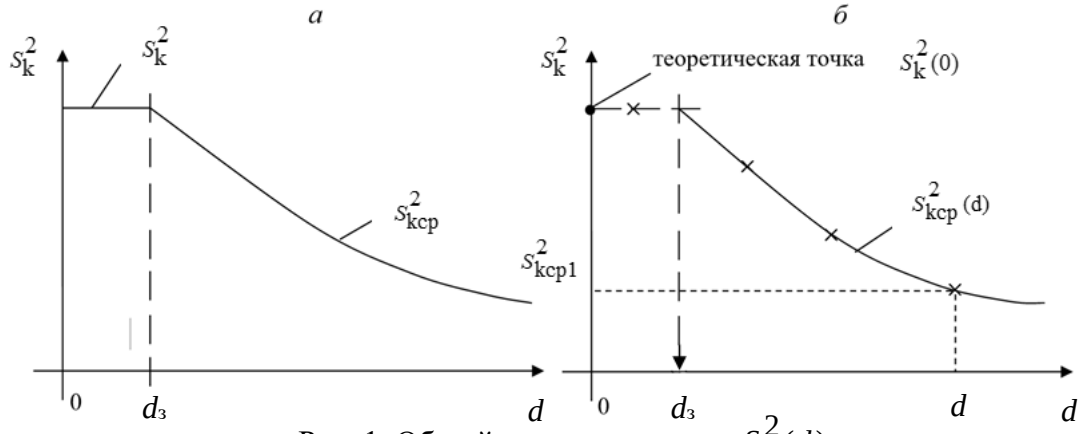


Рис. 1. Общий вид зависимости $S_{\text{к}}^2(d)$

Экспериментально покусковая дисперсия для кусков какой-либо крупности определяется по формуле

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{\sum_i (\alpha_i - \overline{\alpha})^2}{N_э - 1}.$$

По полученным данным на рис. 1, *б* наносятся точки и приводится экспериментальная зависимость, состоящая из двух отрезков: горизонтального из теоретической точки $S_{\text{к}}^2(0)$ и ниспадающего. Через точку их пересечения проводится вертикальная линия, отсекающая на оси абсцисс отрезок $d_з$.

Подбор характеристик вкрапленности b производится по сглаженной характеристике $S^2_{\text{кср}}(d)$.

Выполнение работы

Студенты получают дробленый материал (асбестовую руду), рассеянный на классы –6+3; –3+1,4; –1,4+0,5 мм. В каждом классе отбирают примерно по 200 зерен и оценивают визуально в каждом зерне массовую долю асбеста α_i, заполняя крестиками клетки таблицы.

Класс	Массовая доля в куске, %				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-90
-6+3	×× × 3	×× ×× ×× 6	×× 2		
-3+1,4		×× 2	××× ××× ×× 8	× 1	
-1,4+0,5	×× ×× 4				××× ×× 5

Для каждого класса находим средние значения массовой доли:

$$\overline{\alpha}_i = \frac{\sum h_i \alpha_i}{\sum h_i},$$

где h_i – число данных в i-й клетке;

α_i – среднее значение α в i-й клетке,

и покусковую дисперсию для сростков:

$$S^2_{\text{кср}} = \frac{\sum_i h_i (\alpha_i - \overline{\alpha}_i)^2}{\sum h_i}.$$

Находим $S^2_{\text{к}}(0)$по формуле, считая $\beta_{\text{м}} = 100$ %, $\rho_{\text{м}} = \rho_{\text{п}}$, $\overline{\alpha}$ принять для класса -1,4 + 0,5 мм.

Строим зависимость $S^2_{\text{к}}$ от d согласно рис. 1. *б*, проводя через экспериментальные точки сглаживающую кривую.

Находим b, определив для d_1 значение $S_{\text{кср1}}$:

$$\text{b} = 3 - \frac{\text{lg}S^2_{\text{к}}(0) - \text{lg}S^2_{\text{ксср}}}{\text{lgd}_1 - \text{lgd}_{\text{з}}}.$$

На основании работы студент делает выводы:

1. Чему равно $\text{d}_{\text{з}}$ и b для представленной руды.
2. Запишите формулу минимальной массы пробы в виде $q = k\overline{d}^{\,b}$. Допустимую погрешность принять $P_{\text{доп}} = 3$ %.

Лабораторная работа № 4

КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ

Цель работы: экспериментальное получение коэффициента формы зерен f.

Пояснения к работе

Куски руды имеют неправильную форму. Для того чтобы определить их массу, следует принять, что они условно соответствуют какой-либо известной геометрической фигуре. Так как определение размеров кусков выполняется с помощью сит с квадратными ячейками, примем, что куски имеют кубическую форму. Тогда теоретическая масса куска $m_{кт}$:

$$m_{кт} = \rho \cdot d^3.$$

Здесь ρ – плотность куска, кг/м^3;

d – размер ячейки сита, соответствующей куску, м.

Для согласования этой массы с массой куска неправильной формы введем согласующий коэффициент f. Тогда реальная масса куска

$$m_к = f \cdot \rho \cdot d^3.$$

Коэффициент формы f – статистический коэффициент, и его применение справедливо для определения суммарной массы многих кусков, например, при расчете массы пробы. Соответственно, и определение коэффициента формы f следует выполнять для большого числа кусков.

Получить большое число кусков, соответствующих размеру отверстия какого-либо одного сита, трудно. Легче получить нужное число кусков, соответствующих классу крупности, ограниченному ситами с размерами ячейки $-d_1+d_2$.

Класс $-d_1+d_2$ желательно принять максимально узким, но этому желанию есть предел, связанный с наличием трудных зерен.

Выделенные зерна класса $-d_1+d_2$ пересчитываются и взвешиваются. Если выделено $n_з$ зерен, то можно найти коэффициент f из уравнения

$$q = n_з \cdot m_к = n_з \cdot f \cdot \rho\left(\bar{d}\right)^3$$

$$f = \frac{q}{n_з \cdot \rho\left(\bar{d}\right)^3}.$$

Здесь q – масса выделенных зерен;

$\bar{d}$ – средний размер класса;

$$\bar{d} = \sqrt[3]{\frac{d_1^3 + d_2^3}{2}}.$$

Выполнение работы

Подгруппа студентов получает пакет материала – кварцевая крупка – массой 200 г, крупностью – 3 мм, рассеивает материал на классы –3+1,5; –1,5+1 и –1+0,5 мм и сокращает каждый класс с помощью желобчатого сократителя на четыре порции.

Каждый из студентов пересчитывает число зерен в каждой порции и взвешивает ее, после чего вычисляет коэффициент *f*. Если число зерен в порции больше 500, ее дополнительно следует сократить.

Плотность кварца принять 2650 кг/м^3.

Результаты работы подгруппа сводит в таблицу.

Расчет коэффициента *f*

Студент	Классы, мм								
	–3+1,5			–1,5+1			–1+0,5		
	$n_з$	q	f	$n_з$	q	f	$n_з$	q	f
Среднее	—	—		—	—		—	—	

По данным таблицы каждый студент в отчете строит поле корреляции *f* от $\bar{d}$ и определяет линию регрессии и остаточную дисперсию, после чего делает вывод о связи коэффициента *f* с крупностью и погрешности полученных значений *f*.

Учебное издание

Владимир Зиновьевич Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 25.03.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 50 экз. Заказ № 11

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники.



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Уральский государственный горный университет"
(ФГБОУ ВО "УГГУ")

В. З. Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Методические указания, примеры решения и задачи по дисциплине «Опробование минерального сырья» для студентов всех форм обучения специализации "Обогащение полезных ископаемых" направления 21.05.04 – "Горное дело"

Второе издание, исправленное, дополненное

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Уральский государственный горный университет"
(ФГБОУ ВО "УГГУ")

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
"11" марта 2019 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

В. З. Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Методические указания, примеры решения и задачи
по дисциплине «Опробование минерального сырья»
для студентов всех форм обучения специализации
"Обогащение полезных ископаемых"
направления 21.05.04 – "Горное дело"**

Второе издание, исправленное, дополненное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

К 59

Р е ц е н з е н т : *Цыпин Е. Ф.*, доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «28» февраля 2019 г. (протокол №5) и рекомендованы для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета

В. З. Козин

К 59 Опробование минерального сырья: методические указания, примеры решения и задачи по дисциплине "Опробование минерального сырья" для студентов всех форм обучения специализации "Обогащение полезных ископаемых" направления 21.05.04 – "Горное дело" 2-е издание, исправленное, дополненное/ В. З. Козин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 45 с.

Даны методические указания по решению основных задач, связанных с опробованием.

Таких задач три: расчет погрешностей опробования продуктов обогащения; расчет технологического баланса и расчет товарного баланса.

Расчет погрешностей опробования связан с расчетом погрешностей количества ценного компонента, сухой массы, покусковой дисперсии, распределения массовой доли в навесках.

Расчет технологического баланса включает как расчет выходов и извлечений, так и расчет погрешностей этих показателей.

Расчет товарного баланса включает расчет невязки и ее составляющих.

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала, так как в методических указаниях даны формулы без подробных объяснений.

Задачи позволяют закрепить теоретический курс и уверенно использовать его в дальнейшей практической деятельности.

© Козин В. З., 2013, 2019
© Уральский государственный горный университет, 2013, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. Расчет массы ценного компонента и случайной погрешности определения этой массы 5

2. Расчет массы и плотности при косвенном взвешивании 8

3. Расчет точечных показателей, распределений и покусковой дисперсии 12

4. Расчет минимальной массы для раскрытых тщательно перемешанных продуктов 18

5. Расчет минимальной массы для тщательно перемешанных продуктов, содержащих сростки 20

6. Расчет относительной случайной погрешности подготовки пробы 23

7. Расчет относительной случайной погрешности отбора навески для анализа 26

8. Расчет относительной случайной погрешности результата опробования 28

9. Расчет показателей технологического баланса 34

10. Расчет невязки товарного баланса и товарного извлечения 38

11. Расчет вероятной систематической и методической погрешности невязки 43

ЛИТЕРАТУРА 45

ВВЕДЕНИЕ

Опробование всегда связано с расчетами. При этом в формулы необходимо подставлять величины, выраженные в различных размерностях. Но если все величины подставлять в формулы в Международной системе единиц (СИ), то и ответ будет в единицах СИ.

В обогащении используются величины в разных размерностях, и при расчете их следует либо переводить в СИ, либо согласовывать так, чтобы они могли быть сокращены.

Широко используемые значения влажности и массовой доли в большинстве формул следует подставлять в долях единицы (д. е.), но их обычно выражают в процентах, а массовую долю также г/т или кар/т. Для их взаимного перевода можно пользоваться соотношениями:

$$1 \text{ д. е.} = 100\ \% = 10^6 \text{ г/т} = 5 \cdot 10^6 \text{ кар/т};$$

$$1\ \% = 0{,}01 \text{ д. е.} = 10^4 \text{ г/т} = 5 \cdot 10^4 \text{ кар/т};$$

$$1 \text{ г/т} = 10^{-6} \text{ д. е.} = 10^{-4}\ \% = 5 \text{ кар/т}.$$

Но удобно использовать и г/т, так как при измерении массы в тоннах ответ будет получен в граммах $\left(\text{т} \cdot \frac{\text{г}}{\text{т}} = \text{г} \right)$.

Так как плотность в СИ измеряется в кг/м^3, для вычисления массы в килограммах размеры объектов (в т. ч. кусков) следует подставлять в метрах $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 = \text{кг} \right)$, помня, что 1 мм = 10^{-3} м.

Все расчеты могут быть выполнены с использованием Excel.

Формулы в методических указаниях приведены без выводов. Выводы даются в лекционном курсе, а также в учебнике [1] и монографии [2].

1. Расчет массы ценного компонента и случайной погрешности определения этой массы

Методические указания.

Массу любого компонента в продуктах обогащения находят только расчетом:

$$K = M_{сух} \cdot \alpha = M(1 - W) \cdot \alpha.$$

Здесь K – масса компонента;

$M_{сух}$ – сухая масса продукта;

M – влажная масса продукта;

α – массовая доля компонента в руде, хвостах или концентрате;

W – влажность продукта.

Особое внимание следует уделять размерностям M, α, W чтобы правильно записать размерность ответа.

В формуле для K массу можно записывать в любой размерности: килограммы, тонны, граммы.

В скобке $(1 – W)$ влажность следует подставлять в долях единицы.

Массовую долю α следует подставлять в долях единицы. Можно подставлять в г/т, но тогда масса M должна быть представлена в тоннах, а ответ будет в граммах.

Относительную случайную погрешность массы компонента P_K рассчитывают по формуле:

$$P_K^2 = P_M^2 + \left(\frac{W}{1-W}\right)^2 \cdot P_W^2 + P_\alpha^2 .$$

Здесь P_M, P_W и P_α – относительные погрешности измерения величин M, W и α. Их размерность – проценты. Тогда и P_K будет выражено в процентах.

Влажность следует подставлять в долях единицы. Погрешности могут быть представлены не только в относительном виде. Могут быть такие варианты:

а) S_M, S_W, S_α – среднеквадратичные погрешности.

Связь между относительными и среднеквадратичными погрешностями:

$$P_M = \frac{t \cdot S_M}{M} \cdot 100, \%;$$

$$P_W = \frac{t \cdot S_W}{W} \cdot 100, \%;$$

$$P_\alpha = \frac{t \cdot S_\alpha}{\alpha} \cdot 100, \%.$$

Здесь t – коэффициент Стьюдента. Принимаем равным 2 (точное значение 1,96).

б) Расхождения между двумя параллельными измерениями. Обычно приводятся для влажности – ΔW_2.

Связь S_W с ΔW_2:

$$S_W = \frac{\Delta W_2}{1{,}13}.$$

Пределы случайной погрешности рассчитанной массы компонента определяются по формуле:

$$\Delta K = \pm t \cdot S_K = \pm \frac{P_K \cdot K}{100}.$$

Размерность ΔK совпадает с размерностью K.

Итоговая запись

$$K_{ист} = K_{расч} \pm \Delta K$$

означает, что истинное значение массы ценного компонента $K_{ист}$ будет отличаться от расчетного $K_{расч}$ на величину случайной погрешности, находящейся в пределах $\pm\Delta K$.

Пример 1.1. Отвал представлен массивом M_α = 300000 т с влажностью W_α = 8 % и массовой долей меди α = 0,5 %. Относительные погрешности измерения P_{M_α} = 10 %; P_{W_α} = 15 % и P_α = 7 %.

Определить K и доверительные интервалы этой величины.

Решение:

Масса компонента:

$$K = M_\alpha(1 - W_\alpha)\cdot \alpha = 300000 \text{ т} \cdot (1 - 0{,}08)\cdot 0{,}005 = 1380 \text{ т}.$$

Относительная случайная погрешность:

$$P_K^2 = P_{M_\alpha}^2 + \left(\frac{W_\alpha}{1 - W_\alpha}\right)^2 \cdot P_{W_\alpha}^2 + P_\alpha^2 =$$

$$= 10^2 + \left(\frac{0{,}08}{1 - 0{,}08}\right)^2 \cdot 15^2 + 7^2 = 100 + 1{,}7 + 49 = 150{,}7 \ (\%)^2;$$

$$P_K = 12{,}28 \ \%;$$

$$P_K = \frac{\Delta K}{K} \cdot 100 \ \%.$$

Доверительный интервал абсолютной погрешности:

$$\Delta K = \frac{P_K \cdot K}{100} = \frac{12{,}28 \ \% \cdot 1380 \text{ т}}{100 \ \%} = 169{,}41 \text{ т}.$$

Истинное значение массы компонента:

$$K_{ист} = K \pm \Delta K = (1380 \pm 169{,}41) \text{ т}.$$

Пример 1.2. Найти K, P_K, ΔK и $K_{ист}$, если измерено M = 60 т; W = 0,1 д. е; α = 16 %. Относительные погрешности P_M = 1 %; ΔW_2 = 0,7 % (допустимое расхождение двух определений) и S_α = 0,5 %.

Решение:

$$K = M\,(1 - W)\cdot \alpha = 60 \text{ т} \cdot (1 - 0{,}1)\cdot 0{,}16 = 8{,}64 \text{ т};$$

$$S_W = \frac{\Delta W_2}{1{,}13} = \frac{0{,}7\ \%}{1{,}13} = 0{,}62\ \%;$$

$$P_W = \frac{t \cdot S_W}{W} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0{,}62\ \%}{10\ \%} \cdot 100\ \% = 12{,}4\ \%;$$

$$P_\alpha = \frac{t \cdot S_\alpha}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0{,}5\ \%}{16\ \%} \cdot 100\ \% = 6{,}25\ \%;$$

$$P_K^2 = P_M^2 + \left(\frac{W}{1-W}\right)^2 \cdot P_W^2 + P_\alpha^2 =$$

$$= 1^2 + \left(\frac{0{,}1}{1-0{,}1}\right)^2 \cdot 12{,}4^2 + 6{,}25^2 = 41{,}96\ (\%)^2;$$

$$P_K = 6{,}48\ \%;$$

$$\Delta K = \frac{P_K \cdot K}{100} = \frac{6{,}48 \cdot 8{,}64}{100} = 0{,}56\ \text{т};$$

$$K_{ист} = K \pm \Delta K = (8{,}64 \pm 0{,}56)\ \text{т}.$$

Задание № 1

Найти массу ценного компонента K и случайную погрешность этой массы ΔK для представленных в таблице условий:

Опробуемая масса	Измеренные величины			Погрешности опробования		
	влажная масса M	влажность W, %	массовая доля α	массы	влажности, %	массовой доли, %
1. Железный концентрат	1500 т	8	68 %	$P_M = 0{,}5$ %	$P_W = 5$	$P_\alpha = 2$
2. Медная руда	600 т	4	0,7 %	$S_M = 3$ т	$S_W = 0{,}05$	$S_\alpha = 0{,}02$
3. Хвосты золотообогатительной фабрики	2 млн. т	17	0,2 г/т	$S_M = 60000$ т	$\Delta W_2 = 0{,}6$	$P_\alpha = 30$
4. Щебень асбофабрики	300 т	2	0,3 %	$P_M = 1$ %	$\Delta W_2 = 0{,}2$	$S_\alpha = 0{,}02$

Ответ записать в числах в форме:

$$K_{ист} = K_{изм} \pm \Delta K.$$

2. Расчет массы и плотности при косвенном взвешивании

Методические указания

При косвенном взвешивании влажная масса сыпучего продукта определяется по формуле:

$$M = V \cdot \rho_{нас}.$$

Здесь V – объем продукта;

$\rho_{нас}$ – насыпная плотность.

Относительная случайная погрешность расчета массы:

$$P_M^2 = P_V^2 + P_{\rho_{нас}}^2 .$$

Если объем определяют по формуле какой-либо геометрической фигуры и известны погрешности измерения размеров, то следует записать формулу для P_V.

Для параллелепипеда:

$$V = l \cdot b \cdot h,$$

тогда

$$P_V^2 = P_l^2 + P_b^2 + P_h^2 .$$

Для других формул V необходимо вывести формулу для P_V.

Масса сухого продукта в пульпе определяется по формуле:

$$M_{сух} = V(\delta - 1000) \cdot \frac{\rho_{тв}}{\rho_{тв} - 1000}.$$

Здесь V – объем продукта;

δ – плотность пульпы;

$\rho_{тв}$ – плотность твердого.

В формуле плотность воды записана в единицах СИ – 1000 кг/м^3. Соответственно такие же размерности должны иметь δ и $\rho_{тв}$. Размерность V в этом случае может быть только м^3. Если сухая масса находится для какого-либо потока пульпы, то размерность V может быть м^3/с или м^3/ч, тогда $M_{сух}$ будет иметь размерность кг/с или кг/ч.

Относительная погрешность $M_{сух}$ для пульп определяется по формуле:

$$P_{M_{сух}}^2 = P_V^2 + \left(\frac{\delta}{\delta - 1000}\right)^2 \cdot P_\delta^2 + \left(\frac{1000}{\rho_{тв} - 1000}\right)^2 \cdot P_{\rho_{тв}}^2 .$$

Плотность твердого в пульпах меняется с изменением состава продуктов. Если условно принять, что пульпа состоит из частиц пустой породы, имеющих плотность $\rho_п$, и частиц ценного минерала, имеющих плотность $\rho_м$, то плотность твердого $\rho_{тв}$ в пульпе можно рассчитать, зная массовую долю компонента в продукте α и в минерале $\beta_м$ по формуле:

$$\rho_{тв} = \frac{\rho_п \cdot \rho_м \cdot \beta_м}{\alpha \cdot \rho_п + (\beta_м - \alpha) \cdot \rho_м}.$$

Здесь $\rho_п$ и $\rho_м$ – плотность породы и минерала;

α и $\beta_м$ – массовая доля компонента в руде и в минерале.

Пример 2.1. Найти массу M и случайную погрешность определения массы склада руды.

Дано: объем $V = 800$ м^3;

насыпная плотность $\rho_{нас} = 1400$ кг/м^3;

погрешности $P_V = 3$ %, $P_{\rho_{нас}} = 5$ %.

Ответ записать в виде $M_{ист} = M \pm \Delta M$.

Решение:

$$M = V \cdot \rho_{нас} = 800 \text{ м}^3 \cdot 1400 \text{ кг/м}^3 = 1120000 \text{ кг};$$

$$M = 1120 \text{ т};$$

$$P_M^2 = P_V^2 + P_{\rho_{нас}}^2 = 3^2 \ \%^2 + 5^2 \ \%^2 = 34 \ \%^2;$$

$$P_M = 5{,}83 \ \%;$$

$$P_M = \frac{\Delta M}{M} \cdot 100 \ \%;$$

$$P_M = \frac{t \cdot S_M}{M} \cdot 100 \ \%;$$

$$\Delta M = \frac{P_M \cdot M}{100} = \frac{5{,}83 \ \% \cdot 1120 \text{ т}}{100 \ \%} = 65{,}3 \text{ т}.$$

Ответ: $M_{ист} = (1120 \pm 65{,}3)$ т.

Пример 2.2. Найти массу M и случайную погрешность массы концентрата в вагоне с размерами $l = 20$ м; $b = 2$ м; $h = 3$ м.

Насыпная плотность 2000 кг/м^3.

Погрешность определения линейных размеров $\pm$ 5 см.

Погрешность определения насыпной плотности $S_{\rho_{нас}} = 80$ кг/м^3.

Ответ записать в виде $M \pm \Delta M$.

Решение:

$$V = l \cdot b \cdot h = 20 \text{ м} \cdot 2 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} = 120 \text{ м}^3;$$

$$M = V \cdot \rho_{нас} = 120 \text{ м}^3 \cdot 2000 \text{ кг/м}^3 = 240000 \text{ кг} = 240 \text{ т};$$

$$P_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100 \ \% = \frac{5 \text{ см}}{2000 \text{ см}} \cdot 100 \ \% = 0{,}25 \ \%;$$

$$P_b = \frac{\Delta b}{b} \cdot 100 \ \% = \frac{5 \text{ см}}{200 \text{ см}} \cdot 100 \ \% = 2{,}5 \ \%;$$

$$P_h = \frac{\Delta h}{h} \cdot 100 \ \% = \frac{5 \text{ см}}{300 \text{ см}} \cdot 100 \ \% = 1{,}7 \ \%;$$

$$P_V^2 = P_l^2 + P_b^2 + P_h^2 = 0{,}25^2 + 2{,}5^2 + 1{,}7^2 = 0{,}0625 + 6{,}25 + 2{,}89 = 9{,}2 \ \%^2;$$

$$P_{\rho_{нас}} = \frac{2 \cdot 80}{2000} \cdot 100 = 8\ \%;$$

$$P_M^2 = P_V^2 + P_{\rho_{нас}}^2 = 9{,}2 + 8^2 = 73{,}2\ \%^2;$$

$$P_M = 8{,}5\ \%;$$

$$\Delta M = \frac{P_M \cdot M}{100} = \frac{8{,}5\ \% \cdot 240\ \text{т}}{100\ \%} = 20{,}5\ \text{т}.$$

Ответ: $M = (240 \pm 20{,}5)$ т.

Пример 2.3. Найти массу концентрата в сгустителе цилиндрической (условно) формы диаметром 25 м, высота пульпы 4 м, плотность пульпы 1260 кг/м^3, плотность твердого 3500 кг/м^3.

Найти погрешность определения сухой массы, если P_V = 2 %; P_δ = 3 % и $P_{\rho_{тв}}$ = 5 %.

Ответ записать в виде $M_{сух\ ист} = M_{сух} \pm \Delta M_{сух}$.

Решение:

$$V_{сг} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 25^2\,\text{м}^2}{4} \cdot 4\ \text{м} = 1962{,}5\ \text{м}^3;$$

$$M_{сух} = V \cdot (\delta - 1000) \cdot \frac{\rho_{тв}}{\rho_{тв} - 1000} =$$

$$= 1962{,}5\ \text{м}^3 \cdot (1260 - 1000) \cdot \frac{3500}{3500 - 1000} = 714350\ \text{кг} = 714{,}35\ \text{т};$$

$$P_{M_{сух}}^2 = P_V^2 + \left(\frac{\delta}{\delta - 1000}\right)^2 \cdot P_\delta^2 + \left(\frac{1000}{\rho_{тв} - 1000}\right)^2 \cdot P_{\rho_{тв}}^2 =$$

$$= 2^2 + \left(\frac{1260}{1260 - 1000}\right)^2 \cdot 3^2 + \left(\frac{1000}{3500 - 1000}\right)^2 \cdot 5^2 = 4 + 211{,}4 + 4 = 219{,}4\ \%^2;$$

$$P_{M_{сух}} = 14{,}8\ \%;$$

$$\Delta M_{сух} = \frac{P_{M_{сух}} \cdot M_{сух}}{100} = \frac{14{,}8\ \% \cdot 714{,}35\ \text{т}}{100\ \%} = 105{,}8\ \text{т}.$$

Ответ: $M_{сух\ ист} = (714{,}35 \pm 105{,}8)$ т.

Пример 2.4. Построить зависимость плотности медного продукта ρ от массовой доли α меди в нем в диапазоне $0 \div \beta_м$.

Дано: $\rho_п$ = 2600 кг/м^3; $\rho_м$ = 4900 кг/м^3; $\beta_м$ = 34,6 %.

Решение:

$$\rho = \frac{\rho_п \cdot \rho_м \cdot \beta_м}{\alpha \cdot \rho_п + (\beta_м - \alpha) \cdot \rho_м};$$

$\alpha = 0$ $\quad \rho = \dfrac{\rho_п \cdot \rho_м \cdot \beta_м}{0 \cdot \rho_п + (\beta_м - 0) \cdot \rho_м} = \rho_п = 3000$ кг/м^3;

$\alpha = 10$ % $\quad \rho = \dfrac{3000 \cdot 4900 \cdot 34{,}6}{10 \cdot 3000 + (34{,}6 - 10) \cdot 4900} = 3379$ кг/м^3;

$\alpha = 20$ % $\quad \rho = \dfrac{3000 \cdot 4900 \cdot 34{,}6}{20 \cdot 3000 + (34{,}6 - 20) \cdot 4900} = 3867$ кг/м^3;

$\alpha = 30$ % $\quad \rho = \dfrac{3000 \cdot 4900 \cdot 34{,}6}{30 \cdot 3000 + (34{,}6 - 30) \cdot 4900} = 4519$ кг/м^3;

$\alpha = 34{,}6$ % $\quad \rho = 4900$ кг / м^3.

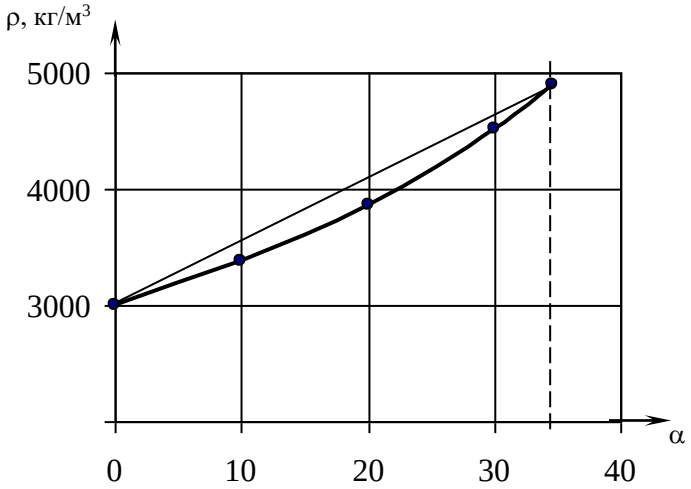


Рис. Зависимость плотности медного продукта
от массовой доли меди в нем

Задание № 2

1. Найти массу M и случайную погрешность определения массы склада руды.

Дано: объем $V = 1500$ м^3;
насыпная плотность $\rho_{нас} = 2000$ кг/м^3;
погрешности $P_V = 4$ %, $P_{\rho_{нас}} = 8$ %;

Ответ записать в виде $M_{ист} = M \pm \Delta M$.

2. Найти массу M и случайную погрешность массы концентрата в вагоне с размерами $l = 15$ м; $b = 3$ м; $h = 2{,}5$ м.
Насыпная плотность 1600 кг/м^3.

Погрешность определения линейных размеров ±10 см.

Погрешность определения насыпной плотности $S_{\rho_{нас}}$ = 140 кг/м^3.

Ответ записать в виде $M \pm \Delta M$.

3. Найти массу концентрата в сгустителе (условно) цилиндрической формы диаметром 50 м, высота пульпы 5 м, плотность пульпы 1100 кг/м^3, плотность твердого 5100 кг/м^3.

Найти погрешность определения сухой массы, если P_V = 4 %; P_δ = 2 % и $P_{\rho_{тв}}$ = 7 %.

Ответ записать в виде $M_{сух\ ист} = M_{сух} \pm \Delta M_{сух}$.

4. Построить зависимость плотности цинкового продукта ρ от массовой доли α цинка в нем в диапазоне $0 \div \beta_м$.

Дано: $\rho_п$ = 2700 кг/м^3; $\rho_м$ = 4100 кг/м^3; $\beta_м$ = 67,1 %.

3. Расчет точечных показателей, распределений и покусковой дисперсии

Методические указания.

Среднее арифметическое значение массовой доли $\overline{\alpha}$ находят по формуле:

$$\overline{\alpha} = \frac{\sum_i^N \alpha_i}{N}.$$

Здесь N – число усредняемых результатов.

Среднее взвешенное значение массовой доли $\alpha_{взв}$:

$$\alpha_{взв} = \frac{\sum_i^N \alpha_i \cdot M_{сух\ i}}{\sum_i^N M_{сух\ i}} = \frac{\sum_i^N M_i(1-W_i)\cdot \alpha_i}{\sum_i^N M_i(1-W_i)}.$$

Дисперсию массовой доли рассчитывают по среднему арифметическому:

$$S_\alpha^2 = \frac{\sum_i^N (\alpha_i - \overline{\alpha})^2}{N-1}.$$

Имеется приближенная формула:

если $N \le 16$, то $$S_\alpha = \frac{\alpha_{max} - \alpha_{min}}{\sqrt{N}},$$

если $N > 16$, то $$S_\alpha = \frac{\alpha_{max} - \alpha_{min}}{4}.$$

Коэффициент вариации V_α:

$$V_\alpha = \frac{S_\alpha}{\overline{\alpha}} \cdot 100,\ \%.$$

В дальнейшем чаще всего понятно, что речь идет о средней массовой доле, и черточку над $\overline{\alpha}$ не ставят.

Распределение массовой доли находят по формуле Пуассона:

$$P_m = \frac{\overline{m}^m}{m!} \cdot \mathrm{e}^{-\overline{m}}.$$

Здесь m – число зерен определяемого минерала (при расчете задаем);

$\overline{m}$ – среднее число зерен в пробе (навеске для анализа);

P_m – доля проб (навесок), в которых окажется m зерен определяемого минерала.

Среднее число зерен определяют по формуле (на примере золота):

$$\overline{m} = \frac{m_{\mathrm{Au}}}{m_{\text{золотинки}}} = \frac{q \cdot \alpha}{f \cdot \rho_{\mathrm{м}} \cdot \left(\overline{d}\right)^3 \cdot \beta_{\mathrm{м}}}.$$

Здесь q – масса пробы (навески);

α – массовая доля золота;

$\overline{d}$ – средний размер кусков материала пробы, $\overline{d} = d_{\max}/2$;

$\rho_{\mathrm{м}}$ – плотность минерала (золота);

$\beta_{\mathrm{м}}$ – массовая доля определяемого компонента в минерале (золота в золоте);

f – коэффициент формы.

Следует согласовать размерности с тем, чтобы получить ответ в штуках (числах зерен).

Покусковую дисперсию можно определять по формулам:

Полная

$$S_{\mathrm{к}}^2 = \frac{\rho_{\mathrm{м}}}{\rho_{\mathrm{п}}} \cdot \alpha\left(\beta_{\mathrm{м}} - \alpha\right)\left(1 - \frac{\alpha}{\beta_{\mathrm{м}}} + \frac{\alpha \cdot \rho_{\mathrm{п}}}{\beta_{\mathrm{м}} \cdot \rho_{\mathrm{м}}}\right)^2.$$

Для $\alpha < 0{,}15\beta_{\mathrm{м}}$:

$$S_{\mathrm{к}}^2 = \frac{\rho_{\mathrm{м}}}{\rho_{\mathrm{п}}} \cdot \alpha\left(\beta_{\mathrm{м}} - \alpha\right)$$

и для весьма малых α:

$$S_{\mathrm{к}}^2 = \frac{\rho_{\mathrm{м}}}{\rho_{\mathrm{п}}} \cdot \alpha \cdot \beta_{\mathrm{м}}.$$

Пример 3.1. Найти $\overline{\alpha}$; $\alpha_{взв}$; V_α для результатов работы фабрики, полученных за декаду.

Сутки	Переработано M, тонны	Влажность W, %	Массовая доля α, %
1	5600	10	2,67
2	5700	8	2,30
3	4900	6	1,95
4	5200	7	2,64
5	4700	9	1,65
6	4900	8	2,44
7	5300	10	2,08
8	5600	8	2,91
9	4900	6	1,86
10	5000	10	2,15

Решение:

$$\overline{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i}{N} = \frac{2{,}67 + 2{,}30 + 1{,}95 + \ldots + 2{,}15}{10} = 2{,}265\ \%;$$

$$\alpha_{взв} = \frac{\sum M_i \cdot (1 - W_i) \cdot \alpha_i}{\sum M_i \cdot (1 - W_i)} =$$

$$= \frac{5600 \cdot (1 - 0{,}1) \cdot 2{,}67 + 5700 \cdot (1 - 0{,}08) \cdot 2{,}3 + \ldots + 5000 \cdot (1 - 0{,}1) \cdot 2{,}15}{5600 \cdot (1 - 0{,}1) + 5700 \cdot (1 - 0{,}08) + \ldots + 5000 \cdot (1 - 0{,}1)} =$$

$$= 2{,}282\ \%.$$

Разность $\alpha_{взв} - \overline{\alpha} = 2{,}282 - 2{,}265 = 0{,}017\ \%$.

Относительная разность:

$$\frac{\alpha_{взв} - \overline{\alpha}}{\alpha_{взв}} \cdot 100 = \frac{0{,}017}{2{,}282} \cdot 100 = 0{,}75\ \%.$$

Это почти 1 % металла фабрики. Много!

$$S_\alpha^2 = \frac{\sum (\alpha_i - \overline{\alpha})^2}{N - 1} =$$

$$= \frac{(2{,}67 - 2{,}265)^2 + (2{,}30 - 2{,}265)^2 + \ldots + (2{,}15 - 2{,}265)^2}{10 - 1} = \frac{1{,}441}{9} = 0{,}16\ \%^2;$$

$$S_\alpha = 0{,}4\ \%.$$

Коэффициент вариации:

$$V_\alpha = \frac{S_\alpha}{\overline{\alpha}} \cdot 100 = \frac{0{,}4\ \%}{2{,}265\ \%} \cdot 100\ \% = 17{,}7\ \%.$$

Проверка приближенной формулы:

$$S_\alpha = \frac{\alpha_{max} - \alpha_{min}}{\sqrt{N}} = \frac{2{,}91 - 1{,}65}{\sqrt{10}} = 0{,}398\ \% \approx 0{,}4\ \%.$$

Пример 3.2. Построить распределение массовой доли золота в навесках массой q = 50 г, если α = 0,6 г/т; крупность продукта d_{max} = 0,25 мм.
Плотность золота $\rho_м$ = 18000 кг/м^3.
Золотинки состоят из чистого золота.

Решение:

Находим среднее число золотин в навеске:

$$\overline{m} = \frac{m_{Au}}{m_{золотинки}} = \frac{q \cdot \alpha}{f \cdot \rho_м \cdot \left(\overline{d}\right)^3 \cdot \beta_м}.$$

Будем α и β подставлять в г/т:

$$\alpha = 0{,}6 \text{ г/т и } \beta_м = 10^6 \text{ г/т}.$$

$$\overline{d} = \frac{d_{max}}{2} = \frac{0{,}25}{2} = 0{,}125 \text{ мм}.$$

$$\overline{m} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \text{кг} \cdot 0{,}6 \text{ г/т}}{0{,}5 \cdot 18000 \text{ кг/м}^3 \cdot \left(0{,}125 \cdot 10^{-3}\right)^3 \text{м}^3 \cdot 10^6 \text{г/т}} =$$

$$= \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}6}{9 \cdot 10^3 \cdot \left(1{,}953 \cdot 10^{-12}\right) \cdot 10^6} = 1{,}7 \text{ штук}.$$

В навесках-пробах массой 50 г имеется в среднем 1,7 золотины.
Рассчитываем распределение:

$$P_m = \frac{\overline{m}^m}{m!} \cdot e^{-\overline{m}}.$$

$$P_0 = \frac{1{,}7^0}{0!} \cdot e^{-1{,}7} = 0{,}183$$

$$P_1 = \frac{1{,}7^1}{1!} \cdot e^{-1{,}7} = 0{,}31$$

$$P_2 = \frac{1{,}7^2}{2!} \cdot e^{-1{,}7} = P_1 \cdot \frac{1{,}7}{2} = 0{,}264$$

$$P_3 = \frac{1{,}7^3}{3!} \cdot e^{-1{,}7} = P_2 \cdot \frac{1{,}7}{3} = 0{,}150$$

$$P_4 = \frac{1{,}7^4}{4!} \cdot e^{-1{,}7} = P_3 \cdot \frac{1{,}7}{4} = 0{,}064$$

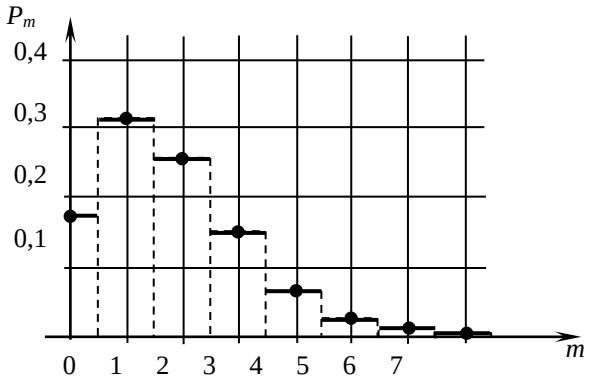
$$P_5 = \frac{1{,}7^5}{5!} \cdot e^{-1{,}7} = P_4 \cdot \frac{1{,}7}{5} = 0{,}022$$

$$P_6 = \frac{1{,}7^6}{6!} \cdot e^{-1{,}7} = P_5 \cdot \frac{1{,}7}{6} = 0{,}006$$

$$P_7 = \frac{1{,}7^7}{7!} \cdot e^{-1{,}7} = P_6 \cdot \frac{1{,}7}{7} = 0{,}001$$

$$\Sigma P_i = 1$$

Строим распределение



Пример 3.3. Построить зависимость покусковой дисперсии для свинцового продукта от массовой доли. Известные данные: $\beta_м$ = 86,6 %; $\rho_п$ = 3100 кг/м^3; $\rho_м$ = 7500 кг/м^3.

Решение:

$$S_к^2 = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha \cdot (\beta_м - \alpha) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_м} + \frac{\alpha \cdot \rho_п}{\beta_м \cdot \rho_м}\right)^2.$$

$\alpha = 0$ $\quad S_к^2 = 0;$

$\alpha = 20\ \%$ $\quad S_к^2 = \frac{7500}{3100} \cdot 20 \cdot (86{,}6 - 20) \cdot \left(1 - \frac{20}{86{,}6} + \frac{20 \cdot 3100}{86{,}6 \cdot 7500}\right)^2 = 2404\ \%^2;$

$\alpha = 40\ \%$ $\quad S_к^2 = \frac{7500}{3100} \cdot 40 \cdot (86{,}6 - 40) \cdot \left(1 - \frac{40}{86{,}6} + \frac{40 \cdot 3100}{86{,}6 \cdot 7500}\right)^2 = 2376\ \%^2;$

$\alpha = 60\ \%$ $\quad S_к^2 = \frac{7500}{3100} \cdot 60 \cdot (86{,}6 - 60) \cdot \left(1 - \frac{60}{86{,}6} + \frac{60 \cdot 3100}{86{,}6 \cdot 7500}\right)^2 = 1359\ \%^2;$

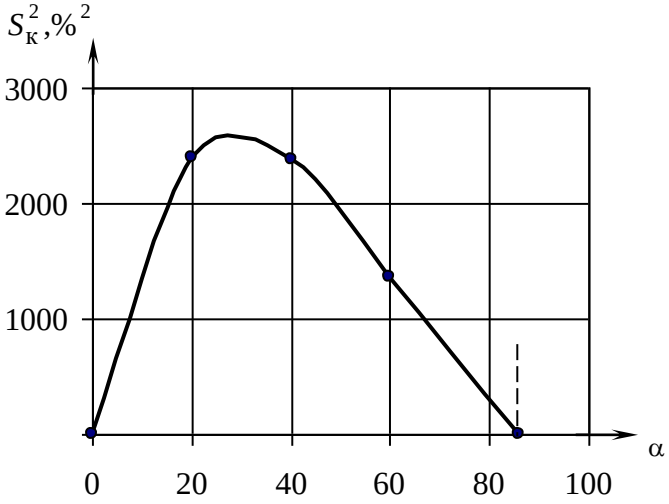


Рис. Зависимость покусковой дисперсии от α

Задание № 3

1. Найти $\overline{\alpha}$, $\alpha_{взв}$, V_α для результатов работы фабрики, полученных за первую половину месяца.

Сутки	*M*, т/сутки	*W*, %	α, %
1	88000	6	16,4
2	126000	7	16,8
3	114000	6	19,6
4	96000	8	17,3
5	92000	4	14,0
6	95000	3	15,2
7	117000	4	18,3
8	124000	3	19,4
9	108000	5	18,6
10	106000	6	17,9
11	95000	7	14,5
12	93000	6	16,3
13	98000	5	19,7
14	117000	4	18,4
15	123000	3	19,6

Может ли средневзвешенное значение быть меньше среднего арифметического?

2. Построить гистограмму распределения массовой доли в точечных пробах $P_m = f(m)$.

Дано: масса навески 0,25 г;

массовая доля цинка α = 0,03 %;

крупность навески 0,5 мм;

плотность сфалерита 4100 кг/м^3;

частицы состоят из чистого сфалерита $\beta_м$ = 67,1 %.

Принять f = 0,5.

Пересчитать ось абсцисс с m на α.

3. Найти покусковую дисперсию для железных продуктов $\rho_м$ = 5000 кг/м^3; $\rho_п$ = 3000 кг/м^3; $\beta_м$ = 72,6 % для различных значений α, %: 0, 10, 20, 40, 60. Построить зависимость $S_к^2$ от α.

4. Расчет минимальной массы для раскрытых тщательно перемешанных продуктов

Методические указания.

Минимальная масса пробы от тщательно перемешанной руды, не содержащей сростков, определяется по формуле:

$$q = 2f \cdot \frac{S_к^2}{S_{доп}^2} \cdot \rho\left(\bar{d}\right)^3.$$

Здесь f – коэффициент формы, принимаем 0,5;

$S_к^2$ – покусковая дисперсия, находим по формулам задания № 3;

$S_{доп}$ – допустимая среднеквадратичная погрешность отбора пробы, находим из формулы относительной погрешности:

$$S_{доп} = \frac{P_{доп} \cdot \alpha}{t \cdot 100};$$

ρ – плотность материала пробы (для бедных продуктов принимаем $\rho \cong \rho_п$, для очень богатых $\rho \cong \rho_м$, для других – рассчитываем по формуле (в задании № 2));

$\bar{d}$ – средний размер кусков пробы:

$$\bar{d} \approx d_{max}/2.$$

Пример 4.1. Найти минимальную массу пробы хвостов обогащения железной руды.

Дано: α = 2 %; $\beta_м$ = 72,6 %; $\rho_п$ = 3000 кг/м^3; $\rho_м$ = 5000 кг/м^3; d_{max} = 0,2 мм; $P_{доп}$ = 3 %; f = 0,5; t = 2.

Решение:

Продукт бедный. Принимаем $\rho = \rho_п$.

$$S_{доп} = \frac{P_{доп} \cdot \alpha}{t \cdot 100} = \frac{3\ \% \cdot 2\ \%}{2 \cdot 100\ \%} = 0{,}03\ \%;$$

$$S_к^2 = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha\left(\beta_м - \alpha\right) = \frac{5000}{3000} \cdot 2 \cdot \left(72{,}6 - 2\right) = 235{,}3\ \%^2;$$

$$\bar{d} = \frac{d_{max}}{2} = \frac{0{,}2\ \text{мм}}{2} = 0{,}1\ \text{мм}.$$

Находим минимальную массу:

$$q = 2f \cdot \frac{S_к^2}{S_{доп}^2} \cdot \rho \cdot \bar{d}^3 =$$

$$= 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{235{,}3\ \%^2}{0{,}03^2\ \%^2} \cdot 3000\ \text{кг}/\text{м}^3 \cdot \left(0{,}1 \cdot 10^{-3}\right)^3 \text{м}^3 = 0{,}0007\ \text{кг} = 0{,}7\ \text{г}.$$

Пример 4.2. Найти минимальную массу пробы для железного концентрата.

Дано: d_{max} = 0,05 мм; $\rho_п$ = 3000 кг/м^3; $\rho_м$ = 5000 кг/м^3;
α = 67 %; $\beta_м$ = 72,6 %; $P_{доп}$ = 3 %.

Решение:

Богатый продукт.

$$S_к^2 = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha \cdot (\beta_м - \alpha) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_м} + \frac{\alpha \cdot \rho_п}{\beta_м \cdot \rho_м}\right)^2 =$$

$$= \frac{5000}{3000} \cdot 67\ \% \cdot (72{,}6 - 67)\% \cdot \left(1 - \frac{67}{72{,}6} + \frac{67 \cdot 3000}{72{,}6 \cdot 5000}\right)^2 = 248{,}7\ \%^2;$$

$$\rho = \frac{3000 \cdot 5000 \cdot 72{,}6}{67 \cdot 3000 + (72{,}6 - 67) \cdot 5000} = 4755\ \text{кг}/\text{м}^3;$$

$$\bar{d} = \frac{0{,}05\ \text{мм}}{2} = 0{,}025\ \text{мм};$$

$$S_{доп} = \frac{0{,}5\ \% \cdot 67\ \%}{2 \cdot 100\ \%} = 0{,}1675\ \%;$$

$$q = 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{248{,}7\ \%^2}{0{,}1675^2 \%^2} \cdot 4755\ \text{кг}/\text{м}^3 \cdot \left(0{,}025 \cdot 10^{-3}\right)^3 \text{м}^3 =$$

$$= 8864{,}3 \cdot 4755 \cdot 15{,}6 \cdot 10^{-15} = 0{,}657 \cdot 10^{-6}\ \text{кг} = 0{,}657\ \text{мг}.$$

Это очень мелкий и богатый продукт.

Пример 4.3. Найти минимальную массу пробы для россыпных алмазов.

Дано: α = 3 г/т; $\beta_м$ = 100 %; $\rho_м$ = 3500 кг/м^3;
$\rho_п$ = 3000 кг/м^3; d_{max} = 14 мм; $P_{доп}$ = 0,5 %.

Решение:

Продукт бедный ($\rho = \rho_п$).

$$S_{доп} = \frac{P_{доп} \cdot \alpha}{t \cdot 100} = \frac{10\ \% \cdot 3\ \text{г/т}}{2 \cdot 100\ \%} = 0{,}15\ \text{г/т}.$$

Покусковая дисперсия для очень бедного продукта:

$$S_к^2 = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha \cdot \beta_м = \frac{3500}{3000} \cdot 3 \cdot 10^6 = 3{,}5 \cdot 10^6 (\text{г/т})^2;$$

$$\bar{d} = \frac{d_{max}}{2} = \frac{14\ \text{мм}}{2} = 7\ \text{мм};$$

$$q = 2f \cdot \frac{S_к^2}{S_{доп}^2} \cdot \rho \cdot \bar{d}^3 = 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{3{,}5 \cdot 10^6\ (\text{г/т})^2}{0{,}15^2\ (\text{г/т})^2} \cdot 3000\ \text{кг}/\text{м}^3 \cdot \left(7 \cdot 10^{-3}\right)^3 \text{м}^3 = 160078\ \text{кг} =$$

$$= 160{,}1\ \text{т}.$$

Задание № 4

Найти минимальную массу пробы, отобранной от тщательно перемешанной руды. Руда раскрыта, т.е. сростки отсутствуют.

№	Название продукта	Крупность d_{max}, мм	Плотность, кг/м^3		Массовая доля		Допустимая погрешность, $P_{доп}$, %
			$\rho_п$	$\rho_м$	α	$\beta_м$	
1	Золотоносный песок	2	2650	18000	4 г/т	100 %	8 %
2	Алмазная россыпь	14	2900	3500	0,12 кар/т	100 %	10 %
3	Цинковые хвосты	0,3	3200	4000	0,9 %	67,1 %	2 %
4	Железный концентрат	0,05	3000	5000	67 %	72,6 %	0,5 %
5	Медный концентрат	0,1	2700	4000	25 %	34,6 %	0,75 %
6	Молибденовые хвосты	0,2	2900	4800	0,0006 %	59,9 %	12 %
7	Золотой концентрат	0,15	2700	18000	180 г/т	100 %	5 %
8	Хвосты асбофабрики	0,5	2800	2800	0,6 %	100 %	3 %
9	Платиновая россыпь	1	3500	19000	0,17 г/т	100 %	15 %
10	Уголь	200	2100	1400	80 %	92 %	7 %

5. Расчет минимальной массы для тщательно перемешанных продуктов, содержащих сростки

Методические указания.

Минимальная масса пробы от тщательно перемешанного массива, содержащая сростки:

$$q = 2f \cdot \frac{S_к^2}{S_{доп}^2} \cdot \rho\left(\bar{d}_з\right)^{3-b} \cdot \left(\bar{d}\right)^b .$$

Здесь $\bar{d}_з$ – средний размер зерен минерала:

$$\bar{d}_з = d_{з\ max} / 2 .$$

b – числовая характеристика вкрапленности минерала (b = 0 для редкой равномерной вкрапленности; b = 1 для жильной; b = 2 для слоистой и b = 1,5 для неравномерной вкрапленности).

Остальные величины такие же, как в задании № 4.

Пример 5.1. Найти минимальную массу пробы для определения массовой доли асбеста в щебне.

Дано: d_{max} = 40 мм; α = 0,6 %; $\beta_м$ = 100 %; $\rho_м = \rho_п$ = 2600 кг/м^3; $P_{доп}$ = 7 %; $d_{з\,max}$ = 2 мм.

Решение:

Находим

$$\bar{d} = \frac{40\ \text{мм}}{2} = 20\ \text{мм};$$

$$\bar{d}_з = \frac{2\ \text{мм}}{2} = 1\ \text{мм};$$

$$S_{доп} = \frac{P_{доп} \cdot \alpha}{t \cdot 100} = \frac{7\ \% \cdot 0{,}6\ \%}{2 \cdot 100\ \%} = 0{,}021\ \%.$$

Покусковая дисперсия для бедного продукта:

$$S_к^2 = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha(\beta_м - \alpha) = \frac{2600}{2600} \cdot 0{,}6\ \% \cdot (100 - 0{,}6)\% = 60\ \%^2.$$

Асбест слоистый – b = 2:

$$q = 2f \cdot \frac{S_к^2}{S_{доп}^2} \cdot \rho \cdot (\bar{d})^b (\bar{d}_з)^{3-b} =$$

$$= 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{60\ \%^2}{0{,}021^2\ \%^2} \cdot 2600\ \text{кг/м}^3 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 (1 \cdot 10^{-3})^{3-2}\ \text{м}^3 = 141{,}4\ \text{кг}.$$

Пример 5.2. Найти минимальную массу пробы медной руды.

Дано: d_{max} = 15 мм; $\rho_п$ = 3000 кг/м^3; $\rho_м$ = 4900 кг/м^3; α = 2,6 %; $\beta_м$ = 34,6 %; $P_{доп}$ = 5 %; $d_{з\,max}$ = 0,5 мм.

Решение:

$$S_к^2 = \frac{4900}{3000} \cdot 2{,}6\ \% \cdot (34{,}6 - 2{,}6)\ \% = 135{,}9\ \%^2;$$

$$S_{доп} = \frac{5\ \% \cdot 2{,}6\ \%}{2 \cdot 100\ \%} = 0{,}065\ \%;$$

$$\bar{d}_з = \frac{0{,}5\ \text{мм}}{2} = 0{,}25\ \text{мм};$$

$$\bar{d} = \frac{15\ \text{мм}}{2} = 7{,}5\ \text{мм};$$

$$q = 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{135{,}9\ \%^2}{0{,}065^2 \%^2} \cdot 3000\ \text{кг/м}^3 \cdot (0{,}25 \cdot 10^{-3})^{3-1{,}5} \cdot (7{,}5 \cdot 10^{-3})^{1{,}5} =$$

$$= 32165{,}7 \cdot 3000 \cdot (3{,}95 \cdot 10^{-6}) \cdot (0{,}65 \cdot 10^{-3}) = 0{,}25\ \text{кг}.$$

Пример 5.3. Найти минимальную массу пробы золотой руды.

Дано: d_{max} = 25 мм; $\rho_п$ = 2600 кг/м^3; $\rho_м$ = 18000 кг/м^3;

$\alpha = 2$ г/т; $\beta_м = 100$ %; $P_{доп} = 9$ %; $d_{з\,max} = 1{,}0$ мм.

Решение:

$$S_к^2 = \frac{18000}{2600} \cdot 2 \text{ г/т} \cdot 10^6 \text{ г/т} = 13{,}8 \cdot 10^6 (\text{г/т})^2;$$

$$S_{доп} = \frac{9\ \% \cdot 2 \text{ г/т}}{2 \cdot 100\ \%} = 0{,}09 \text{ г/т};$$

$$\bar{d}_з = \frac{1 \text{ мм}}{2} = 0{,}5 \text{ мм};$$

$$\bar{d} = \frac{25 \text{ мм}}{2} = 12{,}5 \text{ мм};$$

$$q = 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{13{,}8 \cdot 10^6 \ (\text{г/т})^2}{0{,}09^2 (\text{г/т})^2} \cdot 2600 \text{ кг/м}^3 \cdot \left(0{,}5 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(12{,}5 \cdot 10^{-3}\right)^0 =$$
$$= 1{,}7 \cdot 10^9 \cdot 2{,}6 \cdot 10^3 \cdot 125 \cdot 10^{-12} \cdot 1 = 552{,}5 \text{ кг};$$

Задание № 5

Найти минимальные массы пробы тщательно перемешанного опробуемого массива, данные о которых представлены в таблице. Руда не раскрыта, т.е. имеются сростки.

№	Название продукта	Крупность d_{max}, мм	Плотность, кг/м^3		Массовая доля		Допустимая погрешность, $P_{доп}$, %	Крупность зерен минерала, $d_{з\,max}$, мм	Вкрапленность
			$\rho_п$	$\rho_м$	α	$\beta_м$			
1	Железная руда	40	3200	5100	15 %	72,6 %	4	3	Слоистая
2	Медная руда	35	3000	4900	2,6 %	34,6 %	0,25	0,5	Неравномерная
3	Золотая руда	10	2600	18000	2 г/т	100 %	3	1,0	Редкая равномерная
4	Асбестовая руда	35	2800	2800	3 %	100 %	6	4,2	Слоистая
5	Сильвинит	12	2100	2000	32 %	98 %	3	5	Слоистая
6	Платиновая руда	50	3000	19000	0,3 г/т	100 %	10	0,4	Редкая равномерная
7	Кварцевая руда	100	3000	2650	6	100 %	5	2,5	Слоистая
8	Алмазная руда	60	3200	3500	2 кар/т	100 %	20	5	Редкая равномерная
9	Слюдяная руда	200	2800	3100	7	100 %	7	10	Слоистая
10	Шлак с включениями железа	150	4000	7000	4	100 %	12	60	Неравномерная

6. Расчет относительной случайной погрешности подготовки пробы

Методические указания.

Относительная случайная погрешность подготовки пробы определяется по формуле:

$$P_{\text{под}} = \frac{2S_{\text{под}}}{\alpha} \cdot 100, \%;$$

$$S^2_{\text{под}} = K \cdot \sum_{j=1}^{k} 2f \cdot S^2_{\text{к}_j} \cdot \rho\left(\bar{d}_j\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{j\ \text{кон}}} - \frac{1}{q_{j\ \text{нач}}} \right).$$

Здесь K – коэффициент качества перемешивания пробы, K = 1,3;

k – число операций сокращения пробы;

$q_{\text{j нач}}$ и $q_{\text{j кон}}$ – начальная и конечная масса пробы для j-ой операции сокращения;

$\bar{d}_j$ – средняя крупность материала на j-ой операции сокращения;

ρ – плотность материала пробы;

f – коэффициент формы;

$S^2_{\text{к}_j}$ – покусковая дисперсия для материала j-ой операции сокращения.

$S^2_{\text{к}}$ для раскрытого материала (когда $d < d_{\text{з}}$) находится по формулам задания № 3.

Для случая $d > d_{\text{з}}$ покусковая дисперсия находится по формуле:

$$S^2_{\text{к}}\left(\bar{d} > \bar{d}_{\text{з}}\right) = S^2_{\text{к}}(0) \cdot \left(\frac{\bar{d}_{\text{з}}}{\bar{d}} \right)^{3-b} = S^2_{\text{к}}(0) \cdot \left(\frac{d_{\text{з max}}}{d_{\max}} \right)^{3-b}.$$

Для решения задачи следует найти массу точечной пробы $q_{\text{т}}$, отбираемой ковшовым пробоотбирателем:

$$q_{\text{т}} = \frac{Q \cdot b}{\vartheta}.$$

Здесь Q – производительность конвейера;

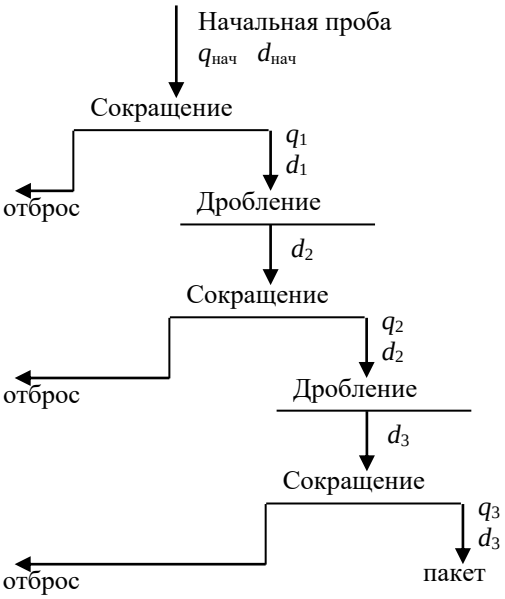
b – ширина щели ковша;

ϑ – скорость ковша.

Затем следует на схеме поставить указанные в задании массы и крупности.

При расчетах следует следить за размерностями.

Пример 6.1. Рассчитать относительную погрешность подготовки пробы руды по изображенной схеме.



Известные данные	Медная руда
$d_{нач\ max}$, мм	20
q_1, кг	7
$d_{2\ max}$, мм	5
q_2, кг	0,9
$d_{3\ max}$, мм	1
q_3, кг	0,2
вкрапленность	неравномерная
$d_{з\ max}$, мм	2
$\rho_м$, кг/м^3	4100
$\rho_п$, кг/м^3	2800
α, %	0,8
$\beta_м$, %	34,6
Q, т/ч	90
$N_т$	48

Необходимо найти массу точечной пробы, отбираемую ковшовым пробоотбирателем. Параметры пробоотбирателя принимаете самостоятельно.

Предложите действия, позволяющие снизить погрешность подготовки пробы примерно в 2 раза.

Решение:

Принимаем к расчету ковшовый пробоотбиратель с шириной щели ковша b = 60 мм и скоростью пересечения потока ϑ = 0,5 м/с. Тогда масса точечной пробы:

$$q_т = \frac{Q \cdot b}{\vartheta} = \frac{\left(\frac{90 \cdot 10^3}{3600}\right)\ \text{кг/с} \cdot \left(60 \cdot 10^{-3}\right)\ \text{м}}{0{,}5\ \ \text{м/с}} = 3\ \text{кг}.$$

Начальная масса пробы:

$$q_{нач} = q_т \cdot N_т = 3\ \text{кг} \cdot 48 = 144\ \text{кг}.$$

$$S^2_{под} = K \cdot \sum_{j=1}^{k}\left[2 f \cdot S^2_{к_j} \cdot \rho \cdot \left(\bar{d}_j\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{j\ кон}} - \frac{1}{q_{j\ нач}}\right)\right].$$

Покусковая дисперсия. В скобках – крупность кусков.

$$S^2_к(0) = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha \cdot (\beta_м - \alpha) = \frac{4100}{2800} \cdot 0{,}8 \cdot (34{,}6 - 0{,}8) = 39{,}6\ \%^2;$$

$$S^2_к(20) = S^2_к(0) \cdot \left(\frac{d_з}{d}\right)^{3-b} = 39{,}6 \cdot \left(\frac{2}{20}\right)^{3-1{,}5} = 1{,}25\ \%^2;$$

$$S_{\text{к}}^2(5) = 39{,}6 \cdot \left(\frac{2}{5}\right)^{3-1{,}5} = 10{,}0\ \%^2;$$

$$S_{\text{к}}^2(1) = 39{,}6\ \%^2;$$

$$S_{\text{под}}^2 = 1{,}3 \cdot \left[2 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}25 \cdot 2800 \cdot \left(10 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{144}\right) + \right.$$

$$+ 2 \cdot 0{,}5 \cdot 10 \cdot 2800 \cdot \left(2{,}5 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}9} - \frac{1}{7}\right) +$$

$$\left. + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 39{,}6 \cdot 2800 \cdot \left(0{,}5 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}2} - \frac{1}{0{,}9}\right) \right] =$$

$$= 1{,}3 \cdot \left[476 \cdot 10^{-6} + 423{,}5 \cdot 10^{-6} + 53{,}9 \cdot 10^{-6}\right] = 1239{,}42 \cdot 10^{-6}\ \%^2;$$

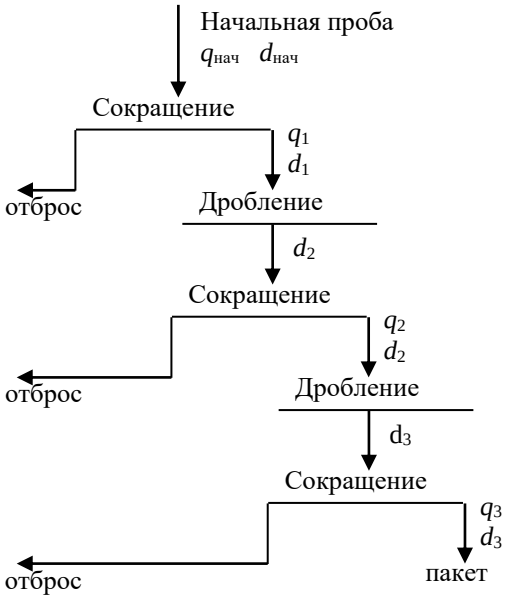
$$S_{\text{под}} = 35{,}2 \cdot 10^{-3}\ \%;$$

$$P_{\text{под}} = \frac{2 \cdot S_{\text{под}}}{\alpha} = \frac{2 \cdot 35{,}2 \cdot 10^{-3}\ \%}{0{,}8\ \%} \cdot 100\ \% = 8{,}8\ \%.$$

Для снижения погрешности примерно в 2 раза нужно, чтобы $S_{\text{под}}^2$ снизилось в 4 раза, т. е. $\frac{1239{,}42 \cdot 10^{-6}\ \%^2}{4} = 309{,}85 \cdot 10^{-6}\ \%^2$. Это возможно, если пробу 144 кг продробить сразу до 5 мм и сокращать ее не до 0,9 кг, а до 3 кг.

Задание № 6

Рассчитать относительную погрешность подготовки пробы двух типов руд по изображенной схеме.



Известные данные	Асбестовая руда	Железная руда
$d_{\text{нач max}}$, мм	130	40
q_1, кг	500	40
$d_{2\,\text{max}}$, мм	45	6
q_2, кг	100	3
$d_{3\,\text{max}}$, мм	12	1,5
q_3, кг	15	0,4
Вкрапленность	слоистая	неравномерная
$d_{3\,\text{max}}$, мм	11	3
$\rho_{\text{м}}$, кг/м^3	2600	5000
$\rho_{\text{п}}$, кг/м^3	2600	3000
α, %	4	18
$\beta_{\text{м}}$, %	100	72,3
Q, т/ч	1500	200
$N_{\text{т}}$	8	12

Необходимо найти массу точечной пробы, отбираемую ковшовым пробоотбирателем. Параметры пробоотбирателя принимаете самостоятельно.

Предложите действия, позволяющие снизить погрешность подготовки пробы примерно в 2 раза.

7. Расчет относительной случайной погрешности отбора навески для анализа

Методические указания.

Относительная случайная погрешность отбора навески для анализа P_α:

$$P_\alpha = \frac{2S_{\text{нав}}}{\alpha} \cdot 100, \%;$$

$$S^2_{\text{нав}} = 2f \cdot S^2_{\text{к}_{\text{нав}}} \cdot \rho\left(\bar{d}_{\text{нав}}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}}\right).$$

Здесь $q_{\text{пак}}$ – масса пробы в пакете;

$q_{\text{нав}}$ – масса навески.

Остальные величины определяются по формулам, используемым в работах № 3, 4, 5.

Материал пакета и навески считаем раскрытым.

Отбор навески должен сопровождаться небольшими относительными погрешностями (первые проценты). Если погрешность велика, следует либо снижать крупность, либо увеличивать массу навески.

Пример 7.1. Найти погрешность отбора аналитической навески для анализа медных хвостов.

Дано: α = 0,1 %; $\beta_{\text{м}}$ = 34,6 %; $\rho_{\text{м}}$ = 4200 кг/м^3; $\rho_{\text{п}}$ = 3000 кг/м^3;
$q_{\text{пак}}$ = 50 г; $q_{\text{нав}}$ = 1 г; $d_{\max}$ = 0,1 мм.

Решение:

$$S^2_{\text{нав}} = 2f \cdot \rho \cdot \bar{d}^3_{\text{нав}} \cdot S^2_{\text{к}_{\text{нав}}} \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}}\right);$$

$$\bar{d}_{\text{нав}} = \frac{d_{\max}}{2} = \frac{0{,}1}{2} = 0{,}05 \text{ мм};$$

$$S^2_{\text{к}_{\text{нав}}} = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{п}}} \cdot \alpha \cdot \beta_{\text{м}} = \frac{4200}{3000} \cdot 0{,}1\ \% \cdot 34{,}6\ \% = 4{,}844\ \%^2;$$

$$S^2_{\text{нав}} = 2 \cdot 0{,}5 \cdot 3000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \left(0{,}05 \cdot 10^{-3}\right)^3 \text{м}^3 \cdot 4{,}844\ \%^2 \cdot \left(\frac{1}{0{,}001} - \frac{1}{0{,}05}\right)\ \frac{1}{\text{кг}} =$$

$$= 3 \cdot 10^3 \cdot 125 \cdot 10^{-15} \cdot 4{,}844 \cdot (1000 - 20) = 1{,}78 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$S_{\text{нав}} = 1{,}33 \cdot 10^{-3}\ \%.$$

Относительная погрешность отбора навески:

$$P_{\text{нав}} = \frac{t \cdot S_{\text{нав}}}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 1{,}33 \cdot 10^{-3}\ \%}{0{,}1\ \%} \cdot 100\ \% = 2{,}66\ \%.$$

Пример 7.2. Найти погрешность отбора навески для анализа золотой руды.

Дано: α = 2,5 г/т; $\beta_м = 10^6$ г/т; $\rho_м$ = 18000 кг/м^3; $\rho_п$ = 3000 кг/м^3; $q_{\text{пак}}$ = 500 г; $q_{\text{нав}}$ = 12 г; $d_{\max}$ = 0,1 мм.

Решение:

$$S^2_{\text{нав}} = 2f \cdot S^2_{\text{к}_{\text{нав}}} \cdot \rho \cdot \bar{d}^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}} \right);$$

$$\bar{d}_{\text{нав}} = \frac{0{,}1}{2} = 0{,}05 \text{ мм};$$

$$S^2_{\text{к}_{\text{нав}}} = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha \cdot \beta_м = \frac{18000}{3000} \cdot 2{,}5 \cdot 10^6 = 15 \cdot 10^6\ (\text{г/т})^2;$$

$$S^2_{\text{нав}} = 2 \cdot 0{,}5 \cdot 15 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{г}}{\text{т}} \right)^2 \cdot 3000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \left(0{,}05 \cdot 10^{-3}\right)^3 \text{м}^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}012} - \frac{1}{0{,}5} \right)\ \frac{1}{\text{кг}} =$$

$$= 0{,}4573\ (\text{г/т})^2;$$

$$S_{\text{нав}} = 0{,}676 \text{ г/т};$$

$$P_{\text{нав}} = \frac{t \cdot S_{\text{нав}}}{\alpha} \cdot 100\ \% = \frac{2 \cdot 0{,}676\ \text{г/т}}{2{,}5\ \text{г/т}} \cdot 100\ \% = 54{,}1\ \%.$$

Такая погрешность для отбора навески недопустима. Следует предложить изменение либо массы, либо крупности навески.

Задание № 7

Определить относительную погрешность отбора навески для представленных данных.

	Тип руды	Массовая доля		Плотности		Масса		$d_{\text{нав max}}$, мм
		α	$\beta_м$	$\rho_п$	$\rho_м$	$q_{\text{пакета}}$	$q_{\text{навески}}$	
а	Медная	0,8 %	34,6 %	3000	4200	100 г	1 г	0,1
б	Цинковая	56 %	67,1 %	3000	4100	50 г	1 г	0,1
в	Железная	3 %	72,3 %	3000	5200	250 г	1 г	0,05
г	Золотая	0,5 г/т	100 %	2600	18000	5 кг	0,1 кг	0,08
д	Алмазная	1,5 кар/т	100 %	2600	3500	100 кг	1 кг	4
е	Уголь	10 %	80 %	2000	1400	0,5 кг	1 г	0,2
ж	Магнезит	30 %	100 %	2900	3100	3 кг	100 г	3
з	Асбест	2,5 %	100 %	2700	2700	150 кг	20 кг	6
и	Золото	7 г/т	100 %	3000	18000	300 кг	500 г	2
к	Кварц	0,01 г/т	100 %	2650	4000	5 кг	100 г	0,2

8. Расчет относительной случайной погрешности результата опробования

Методические указания.

Относительная случайная погрешность результата опробования определяется по формулам:

$$P_{\text{рез}} = \frac{2S_{\text{рез}}}{\alpha} \cdot 100,\ \%;$$

$$S^2_{\text{рез}} = S^2_{\text{от}} + S^2_{\text{под}} + S^2_{\text{ан}};$$

$$S^2_{\text{от}} = \frac{S^2_{\text{т}}}{N_{\text{т}}};$$

$$S^2_{\text{под}} = K \cdot \sum_{j=1}^{k} 2f \cdot S^2_{\text{к}_j} \cdot \rho\left(\bar{d}_j\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{j\ \text{кон}}} - \frac{1}{q_{j\ \text{нач}}} \right);$$

$$S^2_{\text{ан}} = \frac{1}{n_{\text{нав}}} \left(S^2_{\text{нав}} + \frac{1}{n_{\text{изм}}} \cdot S^2_{\text{м}} \right).$$

Здесь $S^2_{\text{т}}$ – дисперсия точечных проб; $N_{\text{т}}$ – число точечных проб; $n_{\text{нав}}$ – число анализируемых навесок; $n_{\text{изм}}$ – число измерений на каждой навеске; $S_{\text{м}}$ – среднеквадратическая погрешность метода анализа (аппаратуры).

Остальные величины описаны в заданиях № 3, 4, 5, 6, 7.

Для решения задачи следует найти массу точечной пробы и расставить на схеме массы и крупности. Необходимо следить за размерностями величин.

По результатам расчета указать операции, параметры которых следует изменять, чтобы снизить погрешность опробования.

Пример 8.1. Найти относительную погрешность результата опробования для трех точек фабрики: руды, концентрата и хвостов. Контрольный период – смена (8 часов).

Известные данные	Руда	Концентрат	Хвосты
Q, т/ч	300	13	287
α, %	1,8	20	0,2
$S_{\text{т}}$, %	0,11	0,7	0,04
$P_{\text{от доп}}$, %	2	0,5	3
$\beta_{\text{м}}$, %	34,6	34,6	34,6
$d_{3\ \max}$, мм	1,5	1,5	1,5
$d_{\text{нач max}}$, мм	20	0,3	1,0
$\rho_{\text{м}}$, кг/м^3	4100	4100	4100
$\rho_{\text{п}}$, кг/м^3	3000	3000	3000
Вкрапления	неравномерная	-	-
$n_{\text{нав}}$	2	2	3
$n_{\text{м}}$	1	2	1
$P_{\text{м}}$, %	1,5	1,0	3,0
пробоотбиратели ковшовые, ширина щели b ≥ 10 мм			

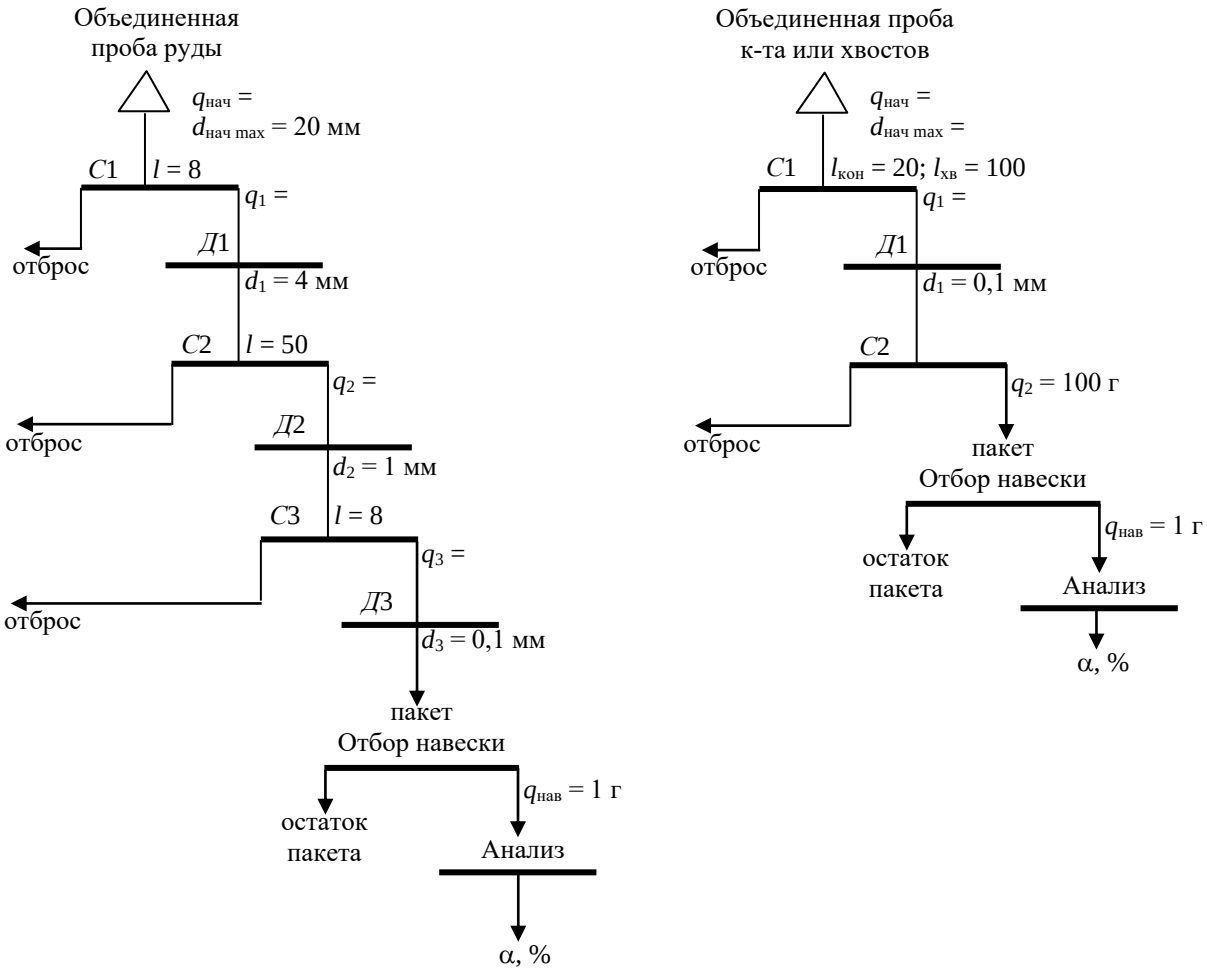


Рис. Расчетные схемы:
l – степень сокращения; С – сокращение; Д – изменение крупности

Решение:

Для точки опробования руды

Находим допустимую среднеквадратичную погрешность отбора проб:

$$S_{от\ доп} = \frac{P_{от\ доп} \cdot \alpha}{2 \cdot 100} = \frac{2 \cdot 1{,}8}{2 \cdot 100} = 0{,}018\ \%.$$

Находим число точечных проб за смену:

$$N_т = \frac{S_т^2}{S_{от\ доп}^2} = \frac{0{,}11^2}{0{,}018^2} = 37{,}3.$$

Округляем $N_т$ до 40.

Находим массу точечной пробы, приняв ширину щели ковша $b \geq 3d_{max}$ = = 60 мм и скорость ковша 0,5 м/с:

$$q_т = \frac{Q \cdot b}{\vartheta} = \frac{\left(300 \cdot \frac{1000}{3600}\right)\ \text{кг/с} \cdot \left(60 \cdot 10^{-3}\right)\ \text{м}}{0{,}5\ \text{м/с}} = 10\ \text{кг}.$$

Находим начальную массу пробы:

$$q_{нач} = q_т \cdot N_т = 10 \cdot 40 = 400\ \text{кг}.$$

Находим случайную фактическую погрешность отбора:

$$S_{от}^2 = \frac{S_т^2}{N_т} = \frac{0{,}11^2}{40} = 0{,}0003\ \%^2.$$

Для расчета погрешности подготовки проб найдем покусковые дисперсии для сростков по формуле:

$$S_к^2(d) = S_к^2 \cdot \left(\frac{d_{з\ \max}}{d_{\max}}\right)^{3-b};$$

$$S_к^2 = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha \cdot (\beta_м - \alpha) = \frac{4100}{3000} \cdot 1{,}8 \cdot (34{,}6 - 1{,}8) = 80{,}7\ \%^2.$$

Для d_{max} = 20 мм и 4 мм:

$$S_к^2(20) = 80{,}7 \cdot \left(\frac{1{,}5}{20}\right)^{1{,}5} = 1{,}66\ \%^2;$$

$$S_к^2(4) = 80{,}7 \cdot \left(\frac{1{,}5}{4}\right)^{1{,}5} = 18{,}53\ \%^2;$$

$$S_к^2(0{,}1) = S_к^2 = 80{,}7\ \%^2,\ \text{т.к. } 0{,}1 \text{ мм} < d_{з\ max}.$$

Находим q_1 = 400 / 8 = 50 кг; q_2 = 50 / 50 = 1 кг; q_3 = 1 / 8 = 0,125 кг.

Тогда погрешность подготовки:

$$S_{под}^2 = 1{,}3 \cdot \left[2 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}66 \cdot 3000 \cdot \left(10 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{400}\right) + \right.$$

$$+ 2 \cdot 0{,}5 \cdot 18{,}53 \cdot 3000 \cdot \left(2 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{50}\right) +$$

$$\left. + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 80{,}7 \cdot 3000 \cdot \left(0{,}5 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}125} - \frac{1}{1}\right)\right] =$$

$$= 1{,}3 \cdot \left[87{,}15 \cdot 10^{-6} + 435{,}8 \cdot 10^{-6} + 211{,}8 \cdot 10^{-6}\right] = 955{,}2 \cdot 10^{-6}\ \%^2.$$

Погрешность метода анализа:

$$S_м = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}8}{2 \cdot 100} = 0{,}0135\ \%.$$

Погрешность анализа, $\%^2$:

$$S_{ан}^2 = \frac{1}{2} \cdot \left[2 \cdot 0{,}5 \cdot 80{,}7 \cdot 3000 \cdot \left(0{,}05 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}001} - \frac{1}{0{,}125}\right) + \frac{1}{1} \cdot 0{,}0135^2\right] = 106{,}1 \cdot 10^{-6}$$

$\%^2$.

Погрешность результата опробования:

$$S_{рез}^2 = 300 \cdot 10^{-6} + 955{,}2 \cdot 10^{-6} + 106{,}1 \cdot 10^{-6} = 1361{,}3 \cdot 10^{-6}\ \%^2;$$

$$S_{рез} = 36{,}9 \cdot 10^{-3}\ \%.$$

Относительная случайная погрешность результата опробования:

$$P_{рез} = \frac{2S_{рез}}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 36{,}9 \cdot 10^{-3}}{1{,}8} \cdot 100 = 4{,}1\ \%.$$

Это приемлемая для руды погрешность результата опробования.

Если же желательно снизить $P_{\text{рез}}$, то нужно выполнить анализ слагаемых $S^2_{\text{рез}}$. Наибольшее слагаемое $955{,}2 \cdot 10^{-6}$ появилось в процессе подготовки пробы. Следовательно, следует воздействовать на технологию подготовки пробы.

Рассмотрим составляющие погрешности подготовки. Видим, что наибольший вклад в погрешность вносит вторая операция сокращения (в 50 раз!). Уменьшим степень сокращения в 5 раз, т. е. примем $l_2 = 10$. Тогда второе слагаемое в $S^2_{\text{под}}$ уменьшится в 5 раз.

Тогда

$$S^2_{\text{под}} = 1{,}3 \cdot \left[87{,}15 \cdot 10^{-6} + \frac{435{,}8}{5} \cdot 10^{-6} + 211{,}8 \cdot 10^{-6} \right] = 501{,}9 \cdot 10^{-6}\ \%^2.$$

$$S^2_{\text{рез}} = 300 \cdot 10^{-6} + 501{,}9 \cdot 10^{-6} + 106{,}1 \cdot 10^{-6} = 908 \cdot 10^{-6}\ \%^2;$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{2 \cdot 30{,}1 \cdot 10^{-3}}{1{,}8} \cdot 100 = 3{,}35\ \%.$$

Анализируя слагаемые погрешности, можно находить дополнительные решения по снижению погрешности результата опробования.

Для точки опробования хвостов

$$S_{\text{от доп}} = \frac{3 \cdot 0{,}2}{2 \cdot 100} = 0{,}003\ \%;$$

$$N_{\text{т}} = \left(\frac{0{,}04}{0{,}003} \right)^2 = 177.$$

Принимаем 160 проб, т. е. отбор одной пробы каждые 3 мин.

$$q_{\text{т}} = \frac{\left(287 \cdot \frac{1000}{3600} \right) \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{0{,}5} = 1{,}6\ \text{кг};$$

$$q_{\text{нач}} = 1{,}6 \cdot 160 = 256\ \text{кг}; \quad q_1 = 2{,}56\ \text{кг};$$

$$S^2_{\text{от}} = \frac{0{,}04^2}{160} = 0{,}00001\ \%^2;$$

$$S^2_{\text{к}} = \frac{4100}{3000} \cdot 0{,}2 \cdot (34{,}6 - 0{,}2) = 9{,}46\ \%^2;$$

$$S^2_{\text{под}} = 1{,}3 \cdot \left[2 \cdot 0{,}5 \cdot 9{,}46 \cdot 3000 \cdot \left(0{,}5 \cdot 10^{-3} \right)^3 \cdot \left(\frac{1}{2{,}56} - \frac{1}{256} \right) + \right.$$

$$\left. + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 9{,}46 \cdot 3000 \cdot \left(0{,}05 \cdot 10^{-3} \right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}1} - \frac{1}{2{,}56} \right) \right] =$$

$$= 1{,}3 \cdot \left[1{,}37 \cdot 10^{-6} + 0{,}034 \cdot 10^{-6} \right] = 1{,}82 \cdot 10^{-6}\ \%^2;$$

$$S_{\text{м}} = \frac{3 \cdot 0{,}2}{2 \cdot 100} = 0{,}003\ \%;$$

$$S_{\text{ан}}^2 = \frac{1}{3}\cdot\left[2\cdot 0{,}5\cdot 9{,}46\cdot 3000\cdot\left(0{,}05\cdot 10^{-3}\right)^3\cdot\left(\frac{1}{0{,}001}-\frac{1}{0{,}1}\right)+\frac{1}{1}\cdot\left(3\cdot 10^{-3}\right)^2\right] =$$

$$= 4{,}17\cdot 10^{-6}\ \%^2;$$

$$S_{\text{рез}}^2 = 10\cdot 10^{-6} + 1{,}82\cdot 10^{-6} + 4{,}17\cdot 10^{-6} = 15{,}99\cdot 10^{-6}\ \%^2;$$

$$S_{\text{рез}} = 4\cdot 10^{-3}\ \%;$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{2\cdot 4\cdot 10^{-3}}{0{,}2}\cdot 100 = 4\ \%.$$

Анализируя составляющие $S_{\text{рез}}^2$, видим, что нужно снижать погрешность отбора пробы. Но это можно сделать, лишь увеличивая число точечных проб, а оно и так велико. Погрешность $P_{\text{рез}} = 4$ % для хвостов – это вполне приемлемая погрешность. Можно даже уменьшить число точечных проб, например, до 80.

Тогда

$$S_{\text{от}}^2 = \frac{0{,}04^2}{80} = 0{,}00002\ \%^2;$$

$$q_{\text{нач}} = 1{,}6\cdot 80 = 128\ \text{кг}.$$

Погрешности $S_{\text{под}}$ и $S_{\text{ан}}$ почти не изменяются, следовательно:

$$S_{\text{рез}}^2 = 20\cdot 10^{-6} + 1{,}82\cdot 10^{-6} + 4{,}17\cdot 10^{-6} = 25{,}99\cdot 10^{-6}\ \%^2;\quad S_{\text{рез}} = 5{,}1\cdot 10^{-3}\ \%;$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{2\cdot 5{,}1\cdot 10^{-3}}{0{,}2}\cdot 100 = 5{,}1\ \%.$$

Это тоже весьма приемлемый для опробования хвостов результат: при анализе расчетов можно не только снизить, но и увеличить погрешность, выиграв в других параметрах опробования. В приведенном случае можно снизить число точечных проб вдвое, снизив вдвое при этом и начальную массу пробы.

Для точки опробования концентрата

$$S_{\text{от}} = \frac{0{,}5\cdot 20}{2\cdot 100} = 0{,}05\ \%;\quad N_{\text{т}} = \left(\frac{0{,}7}{0{,}05}\right)^2 = 196.$$

Принимаем 120 проб.

$$q_{\text{т}} = \frac{\left(13\cdot\frac{1000}{3600}\right)\cdot 10\cdot 10^{-3}}{0{,}5} = 0{,}072\ \text{кг};$$

$$q_{\text{нач}} = 0{,}072\cdot 120 = 8{,}64\ \text{кг};$$

$$q_1 = 8{,}64 / 20 = 0{,}432\ \text{кг};$$

$$S_{\text{от}}^2 = \frac{0{,}7^2}{120} = 0{,}00408\ \%^2;$$

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{4100}{3000}\cdot 20\cdot(34{,}6-20)\cdot\left(1-\frac{20}{34{,}6}+\frac{20\cdot 3000}{34{,}6\cdot 4100}\right)^2 = 284{,}9\ \%^2;$$

$$\rho = \frac{3000 \cdot 4100 \cdot 34{,}6}{20 \cdot 3000 + (34{,}6 - 20) \cdot 4100} 3550{,}6 \text{ кг/м}^3;$$

$$S^2_{\text{под}} = 1{,}3 \cdot \left[2 \cdot 0{,}5 \cdot 284{,}9 \cdot 3550{,}6 \cdot \left(0{,}15 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}432} - \frac{1}{8{,}64} \right) + \right.$$

$$\left. + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 284{,}9 \cdot 3550{,}6 \cdot \left(0{,}05 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}1} - \frac{1}{0{,}432} \right) \right] =$$

$$= 1{,}3 \cdot \left[7{,}51 \cdot 10^{-6} + 0{,}97 \cdot 10^{-6} \right] = 10{,}673 \cdot 10^{-6} \text{ \%}^2;$$

$$S_{\text{м}} = \frac{1{,}0 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 0{,}1 \text{ \%};$$

$$S^2_{\text{ан}} = \frac{1}{2} \cdot \left[2 \cdot 0{,}5 \cdot 284{,}9 \cdot 3550{,}6 \cdot \left(0{,}05 \cdot 10^{-3}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{0{,}001} - \frac{1}{0{,}1} \right) + \frac{1}{2} \cdot 0{,}1^2 \right] =$$

$$= 2562{,}5 \cdot 10^{-6} \text{ \%}^2;$$

$$S^2_{\text{рез}} = 4080 \cdot 10^{-6} + 10{,}673 \cdot 10^{-6} + 2562{,}5 \cdot 10^{-6} = 6710 \cdot 10^{-6} \text{ \%}^2; \; S_{\text{рез}} = 81{,}9 \cdot 10^{-3} \text{ \%};$$

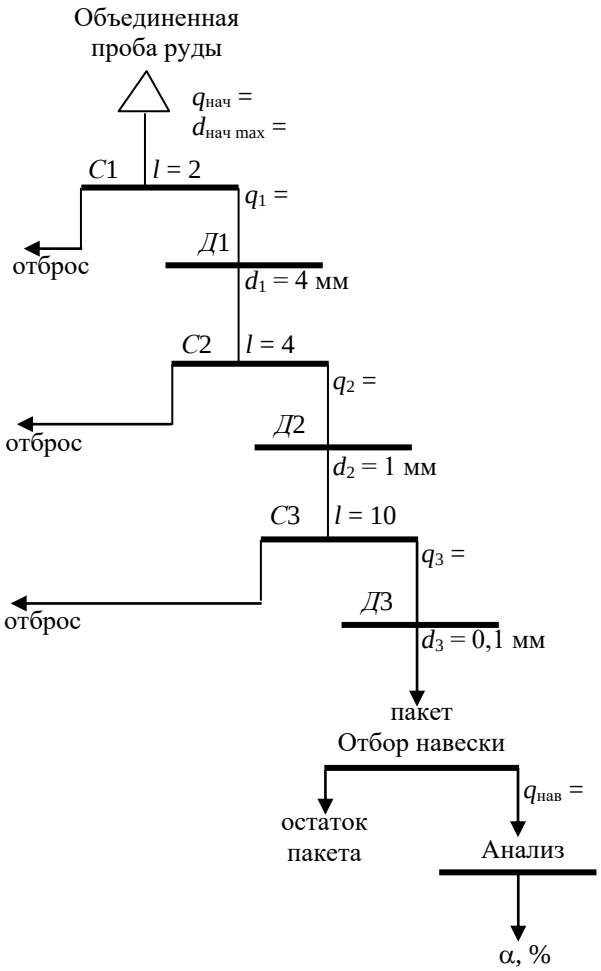
$$P_{\text{рез}} = \frac{2 \cdot 81{,}9 \cdot 10^{-3}}{20} \cdot 100 = 0{,}82 \text{ \%}.$$

Погрешность опробования концентрата приемлема.

Задание № 8

Найти относительную погрешность результата опробования для трех точек фабрики: руды, концентрата и хвостов.

Известные данные	Руда	Концентрат	Хвосты
Q, т/ч	80	0,8	79,2
α, г/т	3,5	130	0,6
$S_{\text{т}}$, г/т	0,3	58	0,1
$P_{\text{от доп}}$, %	6	4	10
$\beta_{\text{м}}$, %	100	100	100
$d_{3\,\max}$, мм	0,8	0,7	0,8
$d_{\text{нач max}}$, мм	15	1	1,5
$\rho_{\text{м}}$, кг/м^3	18000	18000	18000
$\rho_{\text{п}}$, кг/м^3	2650	2650	2650
Вкрапления	неравномерная	-	-
$q_{\text{нав}}$, г	50	50	100
$n_{\text{нав}}$	3	2	5
$n_{\text{м}}$	2	1	1
$P_{\text{м}}$, %	2,5	0,7	3,6
пробоотбиратели ковшовые, ширина щели b ≥ 10 мм			



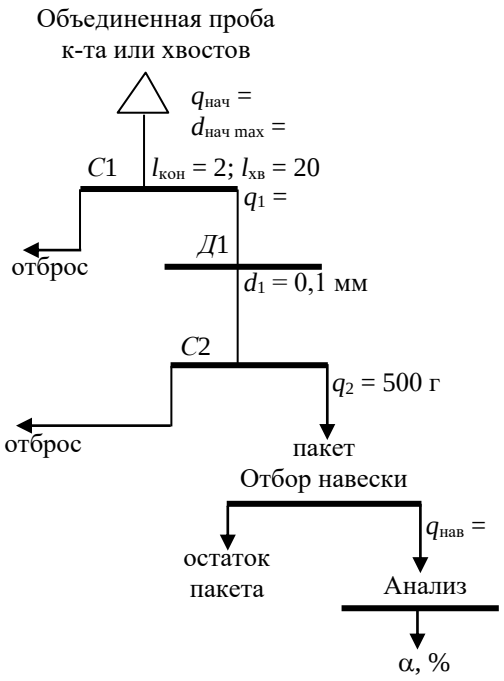


Рис. Расчетные схемы:
l – степень сокращения

9. Расчет показателей технологического баланса

Методические указания.

Основные формулы технологического баланса:

Выход концентрата $$\gamma_\beta = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta};$$

Выход хвостов $$\gamma_\vartheta = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta};$$

Извлечение в концентрат $$\varepsilon_\beta = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\gamma_\beta \cdot \beta}{\alpha};$$

Извлечение в хвосты $$\varepsilon_\vartheta = \frac{\gamma_\vartheta \cdot \vartheta}{\alpha};$$

Масса компонента в концентрате $K_\beta = M_\alpha(1 - W_\alpha) \cdot \gamma_\beta \cdot \beta;$

Масса компонента в хвостах $K_\vartheta = M_\alpha(1 - W_\alpha) \cdot \gamma_\vartheta \cdot \vartheta.$

Здесь α, β и ϑ – массовые доли компонента в руде, концентрате и хвостах;

M_α – масса руды (влажная);

W_α – влажность руды.

Выполнить проверки:

$$\gamma_\beta + \gamma_\vartheta = 1;$$
$$\varepsilon_\beta + \varepsilon_\vartheta = 1;$$
$$K_\beta + K_\vartheta = K_\alpha;$$
$$\varepsilon_\beta = \frac{K_\beta}{K_\alpha}.$$

Относительная случайная погрешность выхода концентрата:

$$P_{\gamma_\beta}^2 = \left(\frac{\alpha}{\alpha - \vartheta}\right)^2 \cdot \left[P_\alpha^2 + \varepsilon_\beta^2 P_\beta^2 + \varepsilon_\vartheta^2 P_\vartheta^2\right].$$

Случайная абсолютная погрешность выхода концентрата:

$$\Delta\gamma_\beta = \pm t \cdot S_{\gamma_\beta} = \pm 2S_{\gamma_\beta} = \pm\frac{P_{\gamma_\beta} \cdot \gamma_\beta}{100};$$

$$S_{\gamma_\beta} = \frac{P_{\gamma_\beta} \cdot \gamma_\beta}{2 \cdot 100}.$$

Относительная случайная погрешность извлечения в концентрат:

$$P_{\varepsilon_\beta}^2 = \left(\frac{\vartheta}{\alpha - \vartheta}\right)^2 \cdot \left[P_\alpha^2 + \gamma_\beta^2 P_\beta^2 + \gamma_\vartheta^2 P_\vartheta^2\right].$$

Случайная абсолютная погрешность извлечения в концентрат:

$$\Delta\varepsilon_\beta = \pm t \cdot S_{\varepsilon_\beta} = \pm 2S_{\varepsilon_\beta}.$$

Случайная относительная погрешность массы компонента в концентрате:

$$P_{K_\beta}^2 = P_{M_\alpha}^2 + \left(\frac{W_\alpha}{1 - W_\alpha}\right)^2 \cdot P_{W_\alpha}^2 + P_{\gamma_\beta}^2 + P_\beta^2;$$

$$P_{K_\beta} = \frac{2S_{K_\beta}}{K_\beta} \cdot 100 = \frac{\Delta K_\beta}{K_\beta} \cdot 100.$$

Абсолютная случайная погрешность массы компонента в концентрате:

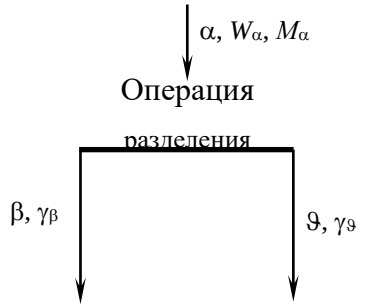
$$\Delta K_\beta = \frac{P_{K_\beta} \cdot K_\beta}{100}.$$

В итоге:

$$K_{\beta\,\text{ист}} = K_{\beta\,\text{изм}} \pm \Delta K_\beta.$$

Пример 9.1. Для операции обогащения найти выхода, извлечения и абсолютные показатели.

Дано: α = 2 %; β = 18 %; ϑ = 0,15 %; M_α = 25000 т/смену; W_α = 4 %.



Решение:

1. Масса компонента в руде:

$$K_\alpha = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \alpha = 25000 \text{ т} \cdot (1 - 0{,}04) \cdot 0{,}02 = 480 \text{ т}.$$

2. Выход концентрата, если $\gamma_\alpha = 1$:

$$\gamma_\beta = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} = \frac{2 - 0{,}15}{18 - 0{,}15} = 0{,}104 \text{ д. е.}$$

3. Выход хвостов:

$$\gamma_\vartheta = 1 - \gamma_\beta = 1 - 0{,}104 = 0{,}896 \text{ д. е.}$$

4. Извлечение в концентрат:

$$\varepsilon_\beta = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\gamma_\beta \cdot \beta}{\alpha} = \frac{0{,}104 \cdot 18\ \%}{2\ \%} = 0{,}936 \text{ д. е.}$$

5. Извлечение в хвосты:

$$\varepsilon_\vartheta = 1 - \varepsilon_\beta = 1 - 0{,}936 = 0{,}064 \text{ д. е.}$$

6. Масса концентрата и компонента в концентрате:

$$M_\beta = M_{\alpha_{сух}} \cdot \gamma_\beta = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \gamma_\beta = 25000 \cdot (1 - 0{,}04) \cdot 0{,}104 = 2496 \text{ т};$$

$$K_\beta = M_\beta \cdot \beta = 2496 \text{ т} \cdot 0{,}18 = 449{,}28 \text{ т}.$$

7. Масса хвостов и компонента в хвостах:

$$M_\vartheta = M_{\alpha_{сух}} \cdot \gamma_\vartheta = 25000 \cdot (1 - 0{,}04) \cdot 0{,}896 = 21504 \text{ т};$$

$$K_\vartheta = M_\vartheta \cdot \vartheta = 21504 \cdot 0{,}0015 = 32{,}2 \text{ т}.$$

8. Извлечение в концентрат:

$$\varepsilon_\beta = \frac{K_\beta}{K_\alpha} = \frac{449{,}28}{480} = 0{,}936.$$

Пример 9.2. Для операции обогащения найти выхода, извлечения, показатели и их погрешности.



Решение:

$$K_\alpha = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \alpha = 100000 \text{ т} \cdot (1 - 0{,}07) \cdot 0{,}16 = 14880 \text{ т};$$

$$\gamma_\beta = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} = \frac{16 - 3}{65 - 3} = 0{,}2097 \text{ д. е.};$$

$$\gamma_\vartheta = 1 - \gamma_\beta = 0{,}7903 \text{ д. е.};$$

$$\varepsilon_\beta = \frac{\gamma_\beta \cdot \beta}{\alpha} = \frac{0{,}2097 \cdot 65\ \%}{16\ \%} = 0{,}852 \text{ д. е.};$$

$$\varepsilon_\vartheta = 1 - \varepsilon_\beta = 0{,}148 \text{ д. е.};$$

$$K_\beta = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \gamma_\beta \cdot \beta = 100000 \cdot (1 - 0{,}07) \cdot 0{,}2097 \cdot 0{,}65 = 12676{,}0 \text{ т};$$

$$K_\vartheta = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \gamma_\vartheta \cdot \vartheta = 100000 \cdot (1 - 0{,}07) \cdot 0{,}7903 \cdot 0{,}03 = 2204{,}0 \text{ т};$$

$$\varepsilon_\beta = \frac{K_\beta}{K_\alpha} = \frac{12676}{14880} = 0{,}852 \text{ д. е.}$$

Относительные случайные погрешности измерения:

$$P_\alpha = \frac{2S_\alpha}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0{,}5}{16} \cdot 100 = 6{,}25\ \%;$$

$P_\beta = 1{,}23\ \%$ и $P_\vartheta = 13{,}33\ \%$;

$$P_{M_\alpha} = \frac{2S_{M_\alpha}}{M_\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 300}{100000} \cdot 100 = 0{,}6\ \%;$$

$$P_{W_\alpha} = \frac{2S_{W_\alpha}}{W_\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0{,}3}{7} \cdot 100 = 8{,}57\ \%.$$

Относительная случайная погрешность выхода концентрата:

$$P_{\gamma_\beta}^2 = \left(\frac{\alpha}{\alpha - \vartheta}\right)^2 \cdot \left[P_\alpha^2 + \varepsilon_\beta^2 P_\beta^2 + \varepsilon_\vartheta^2 P_\vartheta^2\right] =$$

$$= \left(\frac{16}{16 - 3}\right)^2 \cdot \left[6{,}25^2 + 0{,}852^2 \cdot 1{,}23^2 + 0{,}148^2 \cdot 13{,}33^2\right] = 66{,}74\ \%^2;$$

$$P_{\gamma_\beta} = 8{,}17\ \%;$$

$$S_{\gamma_\beta} = \frac{P_{\gamma_\beta} \cdot \gamma_\beta}{2 \cdot 100} = \frac{8{,}17 \cdot 0{,}2097}{2 \cdot 100} = 0{,}00857 \text{ д. е.}$$

Относительная случайная погрешность извлечения:

$$P_{\varepsilon_\beta}^2 = \left(\frac{\vartheta}{\alpha - \vartheta}\right)^2 \cdot \left[P_\alpha^2 + \gamma_\beta^2 P_\beta^2 + \gamma_\vartheta^2 P_\vartheta^2\right] =$$

$$= \left(\frac{3}{16 - 3}\right)^2 \cdot \left[6{,}25^2 + 0{,}2097^2 \cdot 1{,}23^2 + 0{,}7903^2 \cdot 13{,}33^2\right] = 7{,}99\ \%^2;$$

$$P_{\varepsilon_\beta} = 2{,}83\ \%;$$

$$S_{\varepsilon_\beta} = \frac{P_{\varepsilon_\beta} \cdot \varepsilon_\beta}{2 \cdot 100} = 0{,}012 \text{ д. е.};$$

$$\Delta\varepsilon_\beta = 2S_{\varepsilon_\beta} = 0{,}024 \text{ д. е.};$$

$\varepsilon_{\beta\ ист} = (0{,}852 \pm 0{,}024)$ д. е. или $(85{,}2 \pm 2{,}4)$ %.

Относительная случайная погрешность массы ценного компонента в концентрате:

$$P_{K_\beta}^2 = P_{M_\alpha}^2 + \left(\frac{W_\alpha}{1-W_\alpha}\right)^2 \cdot P_{W_\alpha}^2 + P_{\gamma_\beta}^2 + P_\beta^2 =$$

$$= 0{,}6^2 + \left(\frac{0{,}07}{1-0{,}07}\right)^2 \cdot 8{,}57^2 + 66{,}74 + 1{,}23^2 = ;$$

$$= 0{,}36 + 0{,}416 + 66{,}74 + 1{,}51 = 69{,}026\ \%^2;$$

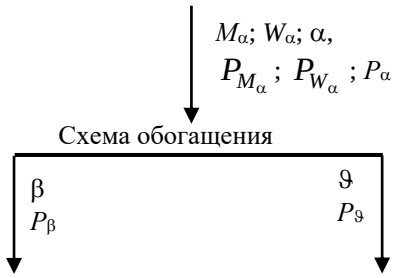
$$P_{K_\beta} = 8{,}31\ \%;$$

$$\Delta K_\beta = \frac{P_{K_\beta} \cdot K_\beta}{100} = \frac{8{,}31 \cdot 12676}{100} = 1053{,}4\ \text{т};$$

$$K_{\beta\ изм} = K_{\beta\ ист} \pm \Delta K_\beta = (12676 \pm 1053{,}4)\ \text{т}.$$

Задание № 9

Найти показатели технологического баланса γ_β, γ_ϑ, ε_β, ε_ϑ, K_β, K_ϑ, P_{γ_β} и $\Delta\gamma_\beta$, P_{ε_β} и $\Delta\varepsilon_\beta$, ΔK_β.



№	M_α и P_{M_α}	W_α и P_{W_α}	α и P_α	β и P_β	ϑ и P_ϑ
а	800 т; 2 %	3 %; 4 %	2 %; 5 %	25 %; 2 %	0,3 %; 10 %
б	200000 т; 7 %	4 %; 3 %	1,5 г/т; 20 %	3000 г/т; 8 %	0,4 г/т; 30 %
в	300 т; 1 %	5 %; 2 %	0,4 кар/т; 10 %	100 %; 1 %	0,05 кар/т; 20 %
г	5000000 т; 4 %	7 %; 2,5 %	16 %; 3 %	65 %; 1 %	2 %; 5 %
д	4000 т; 3 %	2 %; 5 %	30 %; 2 %	95 %; 1,5 %	3 %; 6 %

10. Расчет невязки товарного баланса и товарного извлечения

Методические указания.

Формула невязки (конкретная для схемы только со складом концентрата):

$$\Delta_к = K_{\beta_{тов}} + K_\vartheta + K_{ск\ кон} - K_\alpha - K_{ск\ нач}.$$

Массы компонентов:

$$K_{\beta_{тов}} = M_{\beta_{тов}}\left(1 - W_{\beta_{тов}}\right) \cdot \beta_{тов};$$

$$K_{\alpha} = M_{\alpha}(1-W_{\alpha})\cdot\alpha;$$
$$K_{\vartheta} = M_{\alpha}(1-W_{\alpha})\cdot\gamma_{\vartheta}\cdot\vartheta;$$
$$K_{\text{ск}} = M_{\text{ск}}(1-W_{\text{ск}})\cdot\beta_{\text{ск}}.$$

Относительная невязка:

$$\Delta_{\text{к отн}} = \frac{\Delta_{\text{к}}}{K_{\alpha}}\cdot 100,\ \%.$$

Товарное извлечение (для этой же схемы):

$$\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} = \frac{K_{\beta_{\text{тов}}} - \left(K_{\text{ск нач}} - K_{\text{ск кон}}\right)}{K_{\alpha}}.$$

Проверочное равенство:

$$\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} = \varepsilon_{\beta_{\text{тех}}} + \Delta_{\text{к отн}}.$$

Допустимая случайная невязка (обусловленная случайными погрешностями опробования):

$$P^2_{\Delta_{\text{к доп}}} = P^2_{K_{\alpha}} + \varepsilon^2_{\beta_{\text{тов}}}\cdot P^2_{K_{\beta_{\text{тов}}}} + \varepsilon^2_{\vartheta}\cdot P^2_{K_{\vartheta}} + 2r^2_{\text{ск}}\cdot P^2_{K_{\text{ск}}};$$

$$P^2_{K_{\alpha}} = P^2_{M_{\alpha}} + \left(\frac{W_{\alpha}}{1-W_{\alpha}}\right)^2\cdot P^2_{W_{\alpha}} + P^2_{\alpha};$$

$$P^2_{K_{\beta_{\text{тов}}}} = P^2_{M_{\beta_{\text{тов}}}} + \left(\frac{W_{\beta_{\text{тов}}}}{1-W_{\beta_{\text{тов}}}}\right)^2\cdot P^2_{W_{\beta_{\text{тов}}}} + P^2_{\beta_{\text{тов}}};$$

$$P^2_{K_{\vartheta}} = P^2_{M_{\alpha}} + \left(\frac{W_{\alpha}}{1-W_{\alpha}}\right)^2\cdot P^2_{W_{\alpha}} + P^2_{\gamma_{\vartheta}} + P^2_{\vartheta};$$

$$P^2_{\gamma_{\vartheta}} = \left(\frac{\alpha}{\beta-\alpha}\right)^2\cdot\left[P^2_{\alpha} + \varepsilon^2_{\beta}\cdot P^2_{\beta} + \varepsilon^2_{\vartheta}\cdot P^2_{\vartheta}\right];$$

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{\alpha-\vartheta}{\beta-\vartheta}\cdot\frac{\beta}{\alpha};$$

$$\varepsilon_{\vartheta} = \frac{\beta-\alpha}{\beta-\vartheta}\cdot\frac{\vartheta}{\alpha};$$

$$P^2_{K_{\text{ск}}} = P^2_{M_{\text{ск}}} + \left(\frac{W_{\text{ск}}}{1-W_{\text{ск}}}\right)^2\cdot P^2_{W_{\text{ск}}} + P^2_{\beta_{\text{ск}}};$$

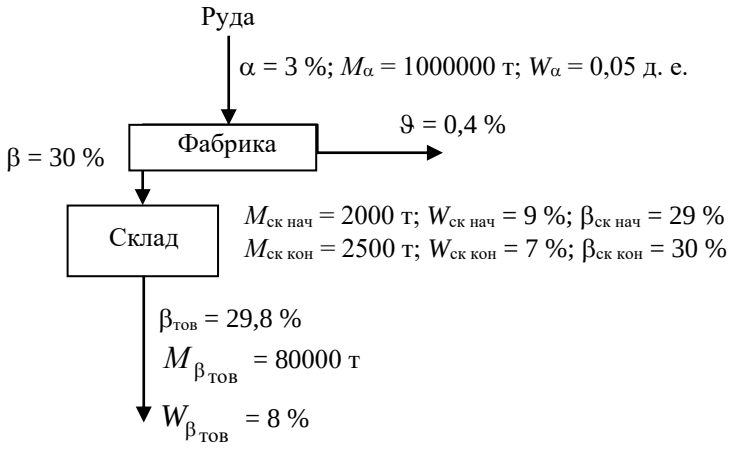
$$r_{\text{ск}} = \frac{\overline{K}_{\text{ск}}}{K_{\alpha}};$$

$$\overline{K}_{\text{ск}} = \frac{K_{\text{ск кон}} + K_{\text{ск нач}}}{2}.$$

Окончательно допустимая относительная случайная невязка:

$$\Delta_{\text{к}_{\text{отн доп}}} = P_{\Delta_{\text{к}_{\text{доп}}}}.$$

Пример 10.1. Найти невязку товарного баланса для фабрики. Необходимые для расчета данные указаны на рисунке. Массы указаны накопленные за месяц, массовые доли – средневзвешенные.



Решение:

Формула невязки:

$$\Delta_к = K_{\beta_{тов}} + K_\vartheta + K_{ск\ кон} - K_\alpha - K_{ск\ нач}.$$

Найдем отдельные слагаемые.

Масса металла в отгруженном (товарном) концентрате:

$$K_{\beta_{тов}} = M_{\beta_{тов}} \cdot \left(1 - W_{\beta_{тов}}\right) \cdot \beta_{тов} = 80000 \cdot (1 - 0{,}08) \cdot 0{,}298 = 21932{,}8 \text{ т.}$$

Масса металла в руде:

$$K_\alpha = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \alpha = 1000000 \cdot (1 - 0{,}05) \cdot 0{,}03 = 28500 \text{ т.}$$

Выход хвостов:

$$\gamma_\vartheta = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta} = \frac{30 - 3}{30 - 0{,}4} = 0{,}912.$$

Масса металла в хвостах:

$$K_\vartheta = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \gamma_\vartheta \cdot \vartheta = 1000000 \cdot (1 - 0{,}05) \cdot 0{,}912 \cdot 0{,}004 = 3465{,}6 \text{ т.}$$

Масса металла на складе в начале месяца:

$$K_{ск\ нач} = M_{ск\ нач} \cdot \left(1 - W_{ск\ нач}\right) \cdot \beta_{ск\ нач} = 2000 \cdot (1 - 0{,}09) \cdot 0{,}29 = 527{,}8 \text{ т.}$$

Масса металла на складе в конце месяца:

$$K_{ск\ кон} = M_{ск\ кон} \cdot \left(1 - W_{ск\ кон}\right) \cdot \beta_{ск\ кон} = 2500 \cdot (1 - 0{,}07) \cdot 0{,}30 = 697{,}5 \text{ т.}$$

Невязка:

$$\Delta_к = 21932{,}8 + 3465{,}6 + 697{,}5 - 28500 - 527{,}8 = -2931{,}9 \text{ т.}$$

Относительная невязка:

$$\Delta_{к_{отн}} = \frac{\Delta_к}{K_\alpha} \cdot 100 = \frac{-2931{,}9}{28500} \cdot 100 = -10{,}29\ \%.$$

$$\varepsilon_{\beta_{тов}} = \frac{K_{\beta_{тов}} - \left(K_{ск\ нач} - K_{ск\ кон}\right)}{K_\alpha} =$$

$$= \frac{21932{,}8 - (527{,}8 - 697{,}5)}{28500} = 0{,}775\ \text{д. е.};$$

$$\varepsilon_{\beta_{тех}} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{3 - 0{,}4}{30 - 0{,}4} \cdot \frac{30}{3} = 0{,}878\ \text{д. е.}$$

Проверка:

$$\varepsilon_{\beta_{тов}} = \varepsilon_{\beta_{тех}} + \Delta_{к_{отн}} = 0{,}878 - 0{,}1029 = 0{,}775\ \text{д. е.}$$

Пример 10.2. Найти допустимую относительную случайную невязку товарного баланса для фабрики по примеру 11.1, если известны погрешности измерения и опробования.

Дано: $P_\alpha = 4\ \%$; $P_{M_\alpha} = 1\ \%$; $P_{W_\alpha} = 7\ \%$; $P_\beta = 2\ \%$; $P_\vartheta = 10\ \%$;

$P_{M_{ск}} = 5\ \%$; $P_{W_{ск}} = 8\ \%$; $P_{\beta_{ск}} = 2\ \%$; $P_{\beta_{тов}} = 1{,}5\ \%$;

$P_{M_{\beta_{тов}}} = 0{,}5\ \%$; $P_{W_{\beta_{тов}}} = 4\ \%$.

Решение:

$$P^2_{K_\alpha} = P^2_{M_\alpha} + \left(\frac{W_\alpha}{1 - W_\alpha}\right)^2 \cdot P^2_{W_\alpha} + P^2_\alpha = 1^2 + \left(\frac{0{,}05}{1 - 0{,}05}\right)^2 \cdot 7^2 + 4^2 = 17{,}13\ \%^2;$$

$$\varepsilon_\beta = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{3 - 0{,}4}{30 - 0{,}4} \cdot \frac{30}{3} = 0{,}878\ \text{д. е.};$$

$$\varepsilon_\vartheta = 1 - \varepsilon_\beta = 0{,}122\ \text{д. е.};$$

$$r_{ск} = \frac{\overline{K}_{ск}}{K_\alpha} = \frac{\overline{527{,}8 + 697{,}5}}{28500} = 0{,}021\ \text{д. е.};$$

$$P^2_{K_{\beta_{тов}}} = P^2_{M_{\beta_{тов}}} + \left(\frac{W_{\beta_{тов}}}{1 - W_{\beta_{тов}}}\right)^2 \cdot P^2_{W_{\beta_{тов}}} + P^2_{\beta_{тов}} = 0{,}5^2 + \left(\frac{0{,}08}{1 - 0{,}08}\right)^2 \cdot 4^2 + 1{,}5^2 = 2{,}62\ \%^2;$$

$$P^2_{K_\vartheta} = P^2_{M_\alpha} + \left(\frac{W_\alpha}{1 - W_\alpha}\right)^2 \cdot P^2_{W_\alpha} + P^2_{\gamma_\vartheta} + P^2_\vartheta =$$

$$= 1^2 + \left(\frac{0{,}05}{1 - 0{,}05}\right)^2 \cdot 7^2 + 0{,}5^2 + 10^2 = 101{,}38\ \%^2;$$

$$P_{\gamma_\vartheta}^2 = \left(\frac{\alpha}{\beta-\alpha}\right)^2 \cdot \left[P_\alpha^2 + \varepsilon_\beta^2 \cdot P_\beta^2 + \varepsilon_\vartheta^2 \cdot P_\vartheta^2\right] =$$

$$= \left(\frac{3}{30-3}\right)^2 \cdot \left[4^2 + 0{,}878^2 \cdot 2^2 + 0{,}122^2 \cdot 10^2\right] = 0{,}0123 \cdot \left[16 + 3{,}083 + 1{,}49\right] = 0{,}253\ \%^2;$$

$$P_{\gamma_\vartheta} = 0{,}5\ \%;$$

$$P_{K_{\text{ск}}}^2 = P_{M_{\text{ск}}}^2 + \left(\frac{W_{\text{ск}}}{1-W_{\text{ск}}}\right)^2 \cdot P_{W_{\text{ск}}}^2 + P_{\beta_{\text{ск}}}^2 = 5^2 + \left(\frac{0{,}08}{1-0{,}08}\right)^2 \cdot 8^2 + 2^2 = 29{,}48\ \%^2;$$

$$P_{\Delta_{\text{к доп}}}^2 = P_{K_\alpha}^2 + \varepsilon_{\beta_{\text{тов}}}^2 \cdot P_{K_{\beta_{\text{тов}}}}^2 + \varepsilon_\vartheta^2 \cdot P_{K_\vartheta}^2 + 2r_{\text{ск}}^2 \cdot P_{K_{\text{ск}}}^2 =$$

$$= 17{,}13 + 0{,}775^2 \cdot 2{,}62 + 0{,}122^2 \cdot 101{,}38 + 2 \cdot 0{,}021^2 \cdot 29{,}48 = ;$$

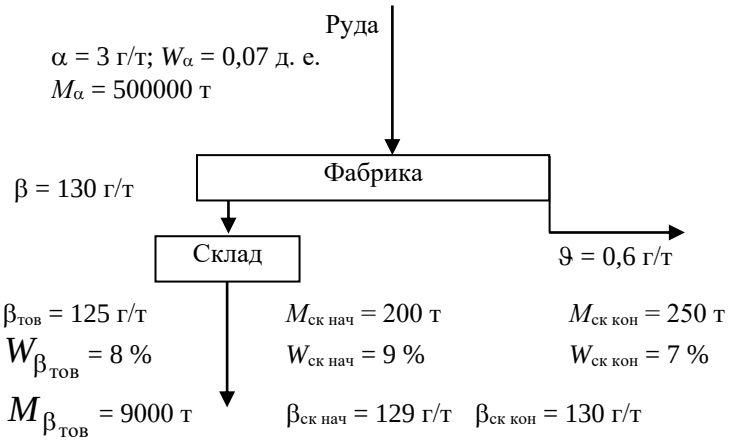
$$= 17{,}13 + 1{,}57 + 1{,}51 + 0{,}03 = 20{,}24\ \%^2;$$

$$P_{\Delta_{\text{к доп}}} = 4{,}50\ \%.$$

Задание № 10

Найти: $\Delta_{\text{к отн}}$, $\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}}$, $\Delta_{\text{к}_{\text{отн доп}}}$ и сделать выводы:

- по технологии;
- по опробованию.



$$P_\alpha = 6\ \%; \quad P_{M_\alpha} = 1\ \%; \quad P_{W_\alpha} = 9\ \%;$$

$$P_\beta = 3\ \%; \quad P_\vartheta = 20\ \%; \quad P_{\beta_{\text{тов}}} = 2\ \%; \quad P_{M_{\beta_{\text{тов}}}} = 0{,}5\ \%; \quad P_{W_{\beta_{\text{тов}}}} = 5\ \%;$$

$$P_{M_{\text{ск}}} = 8\ \%; \quad P_{W_{\text{ск}}} = 5\ \%; \quad P_{\beta_{\text{ск}}} = 4\ \%$$

(погрешности $P_{K_{\text{ск}}}$ и $r_{\text{ск}}$ рассчитываются для средних за месяц значений).

11. Расчет вероятной систематической и методической погрешности невязки

Методические указания.

Изменение массовой доли за счет пропуска «всплеска» при опробовании:

$$\Delta\alpha_{\text{ВСП}} = \frac{\overline{\Delta\alpha_{\text{в}}} \cdot \Delta t_{\alpha} \cdot n_{\alpha}}{T} = -\overline{\Delta\alpha_{\text{в}}} \cdot P_{\text{в}\alpha};$$

$$\Delta\vartheta_{\text{ВСП}} = \frac{\overline{\Delta\vartheta_{\text{в}}} \cdot \Delta t_{\vartheta} \cdot n_{\vartheta}}{T} = -\overline{\Delta\vartheta_{\text{в}}} \cdot P_{\text{в}\vartheta}.$$

Для богатого продукта:

$$\Delta\beta_{\text{ВСП}} = \frac{\overline{\Delta\beta_{\text{в}}} \cdot \Delta t_{\beta} \cdot n_{\beta}}{T} = +\overline{\Delta\beta_{\text{в}}} \cdot P_{\text{в}\beta}.$$

Здесь $\overline{\Delta\alpha_{\text{в}}}$, $\overline{\Delta\vartheta_{\text{в}}}$, $\overline{\Delta\beta_{\text{в}}}$ – средняя амплитуда всплесков за контрольный период;

n_{α}, n_{ϑ}, n_{β} – число пропущенных при отборе проб всплесков за контрольный период;

Δt_{α}, Δt_{ϑ}, Δt_{β} – средняя продолжительность пропущенных всплесков за контрольный период;

T – контрольный период;

$P_{\text{в}\alpha}$, $P_{\text{в}\vartheta}$, $P_{\text{в}\beta}$ – доля продолжительности пропущенных всплесков в контрольном периоде.

Отклонение относительной невязки за счет вероятной систематической погрешности:

$$\Delta_{\substack{\text{ВСП}\\ \text{отн}}} = \left(\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} \cdot \frac{\Delta\beta_{\text{ВСП}}}{\beta_{\text{тов}}} + \varepsilon_{\vartheta} \cdot \frac{\Delta\vartheta_{\text{ВСП}}}{\vartheta} - \frac{\Delta\alpha_{\text{ВСП}}}{\alpha} \right) \cdot 100, \%.$$

В формулу $\Delta_{\text{ВСП отн}}$ подставлять изменения массовой доли с учетом их знака.

Изменение массовой доли за счет методической погрешности при расчете анализов по медиане:

$$\Delta\alpha_{\text{мет}} = -P_{\alpha_{\text{от}}} \cdot \left(\overline{\alpha}_{\max} + \overline{\alpha}_{\min} - 2\overline{\alpha}\right);$$

$$\Delta\vartheta_{\text{мет}} = -P_{\vartheta_{\text{от}}} \cdot \left(\overline{\vartheta}_{\max} + \overline{\vartheta}_{\min} - 2\overline{\vartheta}\right);$$

$$\Delta\beta_{\text{мет}} = +P_{\beta_{\text{от}}} \cdot \left(\overline{\beta}_{\max} + \overline{\beta}_{\min} - 2\overline{\beta}\right).$$

Здесь $P_{\alpha_{\text{от}}}$, $P_{\vartheta_{\text{от}}}$, $P_{\beta_{\text{от}}}$ – доля отбрасываемых при анализе результатов за контрольный период;

$\overline{\alpha}_{\max}$, $\overline{\alpha}_{\min}$, $\overline{\vartheta}_{\max}$, $\overline{\vartheta}_{\min}$, $\overline{\beta}_{\max}$, $\overline{\beta}_{\min}$ – средние значения максимальных и минимальных отбрасываемых массовых долей компонентов в руде, хвостах и концентрате за контрольный период.

$$P_{\alpha_{\text{мет}}} = \frac{\Delta\alpha_{\text{мет}}}{\alpha} \cdot 100, \%;$$

$$P_{\vartheta_{\text{мет}}} = \frac{\Delta\vartheta_{\text{мет}}}{\vartheta} \cdot 100, \%;$$

$$P_{\beta_{\text{мет}}} = \frac{\Delta\beta_{\text{мет}}}{\beta} \cdot 100, \%.$$

Отклонение относительной невязки за счет методической погрешности:

$$\Delta_{\text{мет отн}} = \left(\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} \cdot P_{\beta_{\text{мет}}} + \varepsilon_{\vartheta} \cdot P_{\vartheta_{\text{мет}}} - P_{\alpha_{\text{мет}}}\right).$$

Подставлять $P_{\text{мет}}$ следует с учетом их знака.

Общее смещение невязки:

$$\Delta_{\text{см отн}} = \Delta_{\text{ВСП отн}} + \Delta_{\text{мет отн}}.$$

Пример 11.1. Найти относительную вероятную систематическую погрешность невязки, если известны:

	$\overline{\alpha}$	$\overline{\Delta\alpha_{\text{в}}}$	Δt_{α}	n_{α}	T	ε
Руда	1 г/т	3 г/т	5 мин	8	480 мин	100 %
Концентрат	80 г/т	40 г/т	20 мин	3	480 мин	90,11 %
Хвосты	0,1 г/т	0,8 г/т	10 мин	5	480 мин	9,89 %

Решение:

Так как все продукты бедные, то при пропуске всплесков они будут занижены.

$$\Delta\alpha_{\text{ВСП}} = -\frac{3 \cdot 5 \cdot 8}{480} = -0{,}25 \text{ г/т} \quad \text{или} \quad 8{,}3 \%;$$

$$\Delta\beta_{\text{ВСП}} = -\frac{40 \cdot 20 \cdot 3}{480} = -5 \text{ г/т} \quad \text{или} \quad 12{,}5 \%;$$

$$\Delta\vartheta_{\text{ВСП}} = -\frac{0{,}8 \cdot 10 \cdot 5}{480} = -0{,}083 \text{ г/т} \quad \text{или} \quad 10{,}4 \%;$$

$$\Delta_{\text{к ВСП отн}} = \left(0{,}9011 \cdot \frac{-5}{80} + 0{,}0989 \cdot \frac{-0{,}083}{0{,}1} - \frac{-0{,}25}{1}\right) \cdot 100 =$$

$$= \left(-0{,}0563 - 0{,}0821 + 0{,}25\right) \cdot 100 = +11{,}16 \%.$$

Пример 11.2. Найти относительную методическую погрешность невязки, если известны:

	$\overline{\alpha}$	$\overline{\alpha}_{\max}$	$\overline{\alpha}_{\min}$	$P_{\text{бр}}$	ε
Руда	1 г/т	3 г/т	0,7 г/т	15 %	100 %
Концентрат	80 г/т	–	–	0	90,11 %
Хвосты	0,1 г/т	0,3 г/т	0,05 г/т	50 %	9,89 %

Решение:

Так как все продукты бедные, то браковка анализов приведет к занижению массовых долей.

$$\Delta\alpha_{мет} = -0{,}15 \cdot (3 + 0{,}7 - 2 \cdot 1) = -0{,}255 \text{ г/т};$$

$$\Delta\beta_{мет} = 0;$$

$$\Delta\vartheta_{мет} = -0{,}5 \cdot (0{,}3 + 0{,}05 - 2 \cdot 0{,}1) = -0{,}075 \text{ г/т}.$$

Методическая погрешность невязки:

$$\Delta_{мет\ отн} = \left(0{,}9011 \cdot \frac{0}{80} + 0{,}0989 \cdot \frac{-0{,}075}{0{,}1} - \frac{-0{,}255}{1}\right) \cdot 100 = +18{,}08\ \%.$$

Общее смещение относительной невязки за счет обеих погрешностей по примерам 12.1 и 12.2:

$$\Delta_{см\ отн} = \Delta_{ВСП\ отн} + \Delta_{мет\ отн} = 11{,}16 + 18{,}08 = +29{,}24\ \%.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Козин В. З. Опробование минерального сырья на обогатительных фабриках. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 208 с.

2. Козин В. З. Опробование минерального сырья. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 315 с.

Учебное издание

Владимир Зиновьевич Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Методические указания, примеры решения и задачи
по дисциплине «Опробование минерального сырья»
для студентов всех форм обучения
специализации "Обогащение полезных ископаемых"
направления 21.05.04 – "Горное дело"

Второе издание, исправленное, дополненное

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 25.03.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,5. Тираж 100 экз. Заказ № 12

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники.

**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»**

С. Г. Комлев, А. В. Колтунов

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению и оформлению лабораторных работ
по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического
факультета
«___» _____ 2018 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

С. Г. Комлев, А. В. Колтунов

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению и оформлению лабораторных работ
по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

К 63

Р е ц е н з е н т: *А. Е. Пелевин*, профессор кафедры
обогащения полезных ископаемых, доктор технических наук.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «28» июня 2018 г. (протокол № 9) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Комлев С. Г., Колтунов А. В.

К 63 Дробление, измельчение, грохочение: учебно-методическое пособие по выполнению и оформлению лабораторных работ по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения / С. Г. Комлев, А. В. Колтунов Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 35 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Дробление, измельчение, грохочение» .

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Комлев С. Г., 2018
© Колтунов А. В., 2018
© Уральский
государственный
горный университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ ЧАСТЬ 4
Порядок выполнения работ 4
Требования к отчёту по лабораторным работам 6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ДРОБЛЕНИЕ В ДРОБИЛКЕ С ПРОСТЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРОБЛЕНИЯ В ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛКАХ 15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ДРОБЛЕНИЕ В ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ 17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 РАБОТА САМОЦЕНТРИРУЮЩЕГОСЯ ГРОХОТА 19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРОДУКТА 21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ПРОВЕДЕНИЕ СУХОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА 22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ПРОВЕДЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА 25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ В БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЕ 27
МЕТОДИКИ 31
Усреднение проб 31
Отбор навесок для ситового анализа 34
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 35

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Целью лабораторных работ является закрепление теоретического материала, изучение устройства основного оборудования по уменьшению крупности материалов, получение навыков постановки эксперимента, приобретение опыта обработки и анализа экспериментальных результатов, развитие умения оформлять отчёт и защищать полученные результаты.

Цикл лабораторных работ по «Дроблению…» представляет собой исследовательскую работу, которая выполняется на ***одной*** пробе. Гранулометрический состав исходного материала задается, как правило, преподавателем или корректируется по его указаниям. Исследования разбиваются на этапы, оформляемые как отдельные лабораторные работы (рисунок 1). В настоящей разработке описаны операции, которые являются общими практически для каждой лабораторной работы.

Порядок выполнения работ

1) Каждая работа (этап) выполняется бригадой студентов (как минимум, два человека);

2) бригада ведёт **рабочий журнал**. В то же время каждый студент имеет возможность вести собственную тетрадь. По окончании каждого занятия и лабораторной работы журнал подписывается преподавателем и является основой для составления отчёта. При необходимости бригада (в полном составе) может выполнить часть работы в свободное время в присутствии преподавателя;

3) в начале занятия каждая бригада предъявляет преподавателю рабочий журнал со всеми расчётами по предыдущей работе, **и только после этого** допускается к следующей работе;

4) студенты перед началом работы должны ознакомиться с методическими указаниями по предстоящей работе. В начале занятия преподаватель дополнительно объясняет суть работы;

5) по результатам выполненных лабораторных работ каждый студент составляет индивидуальный отчёт в соответствии с требованиями и защищает его в индивидуальном порядке;

6) рекомендуется оформлять разделы отчёта по отдельным лабораторным работам по мере их выполнения и предъявлять преподавателю для проверки и корректировки.

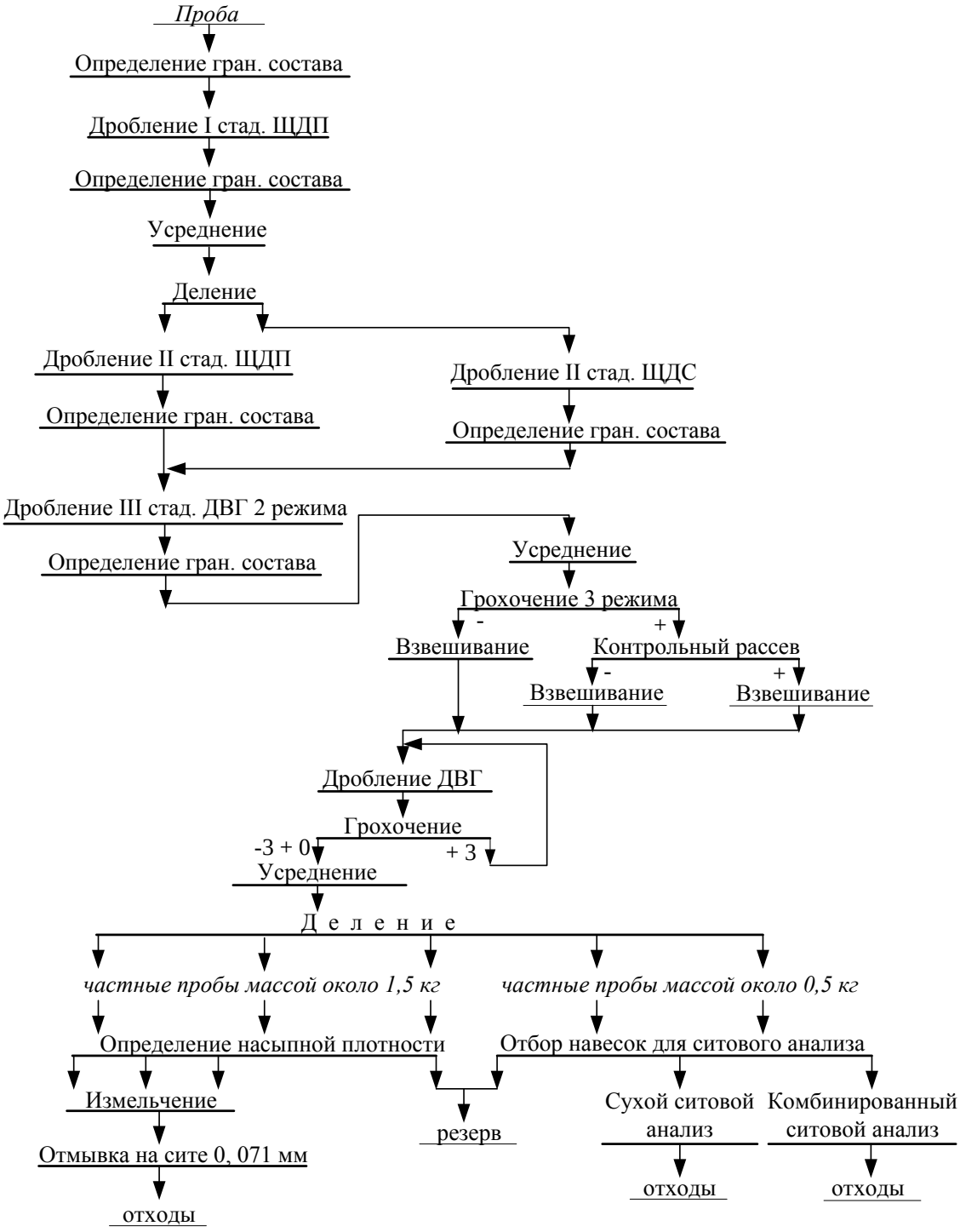


Рисунок 1 – Схема проведения лабораторных работ (исследований)

Методики усреднения, деления и отбора проб материала, проведения ситовых анализов приведены в п. *Усреднение проб*.

7) любые пробы, навески (как в пакетах, так и в чашках) должны быть с этикетками (или надписями на пакетах) по форме:

Наименование продукта _____ Дата _____ Группа ОПИ-_____ Фамилия бригадира _____

Замечание: в процессе работы преподаватель может выявить какую-либо ошибку в проведении опыта или резкое несоответствие опытных результатов ожидаемым. В этом случае работа или её часть переделываются.

Требования к отчёту по лабораторным работам

Отчёт по лабораторным работам оформляется на листах формата А4 (297х210 мм). Номер листа указывается внизу страницы по центру, начиная с третьего.

Исполнение титульного листа приведено на рисунке 2.

Структура отчёта по лабораторной работе:

1) наименование;
2) цель работы;
3) методика проведения экспериментов;
4) результаты экспериментов и расчётов;
5) эскизы используемого оборудования с деталировкой основных узлов;
6) выводы.

Отчёт следует выполнять в машинописном виде, например в редакторе MS Word. Текст выполняется на русском языке, без грамматических и орфографических ошибок. При оформлении в редакторе MS Word текст рекомендуется выполнять со следующими характеристиками:

– поля: левое – 25 мм, правое 15 – мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
– гарнитура Times New Roman; кегль 14;
– междустрочный интервал: 1,15 (1,25);
– выравнивание текста по ширине, без переносов.

Каждый новый абзац начинается с отступа 1,25 см.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОТЧЁТ
по лабораторным работам
по дисциплине
«Дробление, измельчение, грохочение»

Выполнил
студент группы ОПИ-…. _____ **И. О. Фамилия**
Проверил
доц. _____ **С. Г. Комлев**

Екатеринбург – 2018

Рисунок 2 – Пример выполнения титульного листа

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться без абзацного отступа со слова «где», двоеточие после него не ставится.

В формулах латинские буквы выполняются курсивом; греческие – обычным шрифтом. Нижний и верхний индексы – без пробела между ним и основной величиной. В индексах латинские буквы – курсивом; русские, греческие буквы и римские цифры – обычным шрифтом.

Текст по каждой лабораторной работе должен начинаться с новой страницы. Названия лабораторных работ выполняют прописными буквами, выделение жирным шрифтом. Допускается выравнивание по центру.

Между заголовком лабораторной работы и началом основного текста вводится пустая строка (12 пт). Точки в конце заголовков не ставятся.

В документе следует применять стандартизированные единицы физических величин (в системе СИ). Наряду с единицами СИ при необходимости в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Например: «…1,5 т/м^3 (1,5 г/см^3)…». Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

Если в документе приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же физической величине, то ее указывают после последнего числового значения: «…1,5; 1,7; 22,3 мм».

Недопустимо, чтобы числовое значение находилось на одной строке, а обозначение единицы физической величины этого числового значения – на другой.

Если в отчёте используется материал из какой-либо книги, отчета и т. д., обязательно делается ссылка на источник в виде порядкового номера по списку использованных источников. Причем номер источника выделяется двумя косыми чертами либо квадратными скобками. Например, «...Как показано у Сидорова В. А. /10/, влияние на производительность...», «...По результатам опробования [6]...». Для

всего документа следует избрать либо косые, либо скобки, использование того и другого одновременно недопустимо.

Список использованных источников следует приводить в конце отчёта. При заполнении списка рекомендуется алфавитный порядок источников, хотя допускается и заполнение списка в порядке упоминания.

Иллюстративный материал (схемы, рисунки, таблицы) располагаются в тексте сразу же после первого упоминания их или на ближайшей странице.

Наименование схемы, рисунка делается под рисунком и располагается симметрично относительно поля рисунка. Под наименованием рисунка после двоеточия помещают расшифровку обозначений и поясняющие записи.

Таблицы следует располагать в тексте сразу же после первого упоминания их или на следующей странице. В тексте слово «таблица» пишется полностью с указанием порядкового номера. Заголовок таблицы выполняется без абзацного отступа с выравниванием «по ширине». Точка в конце заголовка не ставится. Между основным текстом, заголовком таблицы и самой таблицей – пустая строка. Размер шрифта в таблице должен быть меньше размера основного текста (например, основной текст – 14, в таблице – 13 (12) и меньше).

При переносе таблицы на следующую страницу пишется «Продолжение таблицы» и полностью переносится шапка. Если таблица заканчивается, пишется «Окончание таблицы» и также переносится шапка. Заголовки граф таблицы начинают с прописных букв.

Любые надписи, отметки и т. п. в документе отчёта карандашом недопустимы. Исключение: на графиках кривые зависимостей могут быть разного цвета.

Эскизы оборудования выполняются в карандаше и помещаются на отдельной странице отчёта. Нельзя помещать в отчёт ксерокопии эскизов.

Стиль изложения:

а) в отчётах необходимо приводить описание законченного действия, а не переписывать методические указания;

б) текст составляется от третьего лица, например: «…руда дробится, рассевается…» или «…руда подвергается дроблению, рассеву...», ***вместо*** «мы раздробили…», «мы рассеяли…»;

в) язык текста должен быть ёмким и кратким.

В обобщающем отчёте допускается последовательная нумерация таблиц и рисунков. На все таблицы и рисунки в тексте должны быть ссылки. Например: «…подобная зависимость приведена В. З. Козиным в книге […]», «…устройство дробилки (рисунок…)…», «…по данным таблицы …, представленная на рисунке … зависимость …». **Оформление таблиц и рисунков осуществляется аналогично оформлению таковых в настоящих методических указаниях.**

Описание расчётов, производимых в работе, включает общую формулу и пример расчёта с использованием этой формулы. Например, «эффективность грохочения *E* определена по формуле, %

$$E = 10^4 (\alpha - \vartheta)/ \alpha (100 - \vartheta),$$

где α – ….; ϑ – …..

$$E = 10^4 (30 - 10)/ 30 (100 - 10) = 74, 07\ \%».$$

К результатам опытов относятся и графические зависимости. Поле графика желательно выполнять квадратным либо прямоугольным. Градуировка осей должна быть равномерной (с постоянным шагом). На график должна быть нанесена масштабная сетка. Толщину линий следует принимать: линии сетки 0,75 пт; линии осей графика – 2 пт; линии зависимостей – 2,25-2,5 пт.

Экспериментальные точки выделяются на поле рисунка маркерами. Различные зависимости, изображаемые на одном графике, следует обозначать арабскими или римскими цифрами, либо кратко подписывать, например $\beta^{-0,071}$ и $\beta^{-0,045}$.

При наличии на осях числовых данных, направление осей (стрелками) не указывается. Каждая ось должна быть подписана. Поясняющие надписи (например, при наличии нескольких зависимостей на одном графике или при деталировании оборудования) размещаются ниже наименования рисунка.

Анализ полученных зависимостей сводится в основном к сопоставлению экспериментального материала и теоретического или ожидаемого. Следует отметить возможные причины расхождений.

Выводы делаются по каждой лабораторной работе, в конце отчёта составляются общие выводы.

Рекомендуется следующая схема выводов:

1) фиксирование значений параметров и соответствующих им функций на границах диапазона экспериментирования;

2) описание полученных зависимостей (характер зависимости, вид кривой, наличие или отсутствие экстремальных точек);

3) отметка соответствия или несоответствия полученных зависимостей ожидаемым или теоретическим, а также реальные и возможные причины погрешностей в опытах;

Пример выводов по лабораторной работе:

1. Выход расчётного класса -0,071+0 мм составил 30 % при продолжительности измельчения 5 минут и 40 % – при продолжительности 20 минут.

2. Полученная зависимость соответствует предполагавшейся при данной продолжительности измельчения.

Общие выводы обобщают частные выводы по лабораторным работам, структура их подобна приведенной выше. В общих выводах привести сравнение (если таковое возможно) результатов работы оборудования разных типов, изменения характеристик продуктов по стадиям дробления и измельчения, различных способов анализа и подготовки продуктов к опытам и анализам.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ДРОБЛЕНИЕ В ДРОБИЛКЕ С ПРОСТЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ

Цель:

- изучить конструкцию и принцип работы дробилки;
- освоить способы регулирования работы дробилки;
- освоить методику проведения ситового анализа;
- научиться определять технологические параметры и параметры механического режима;
- получить навыки анализа полученных данных.

Необходимые материалы и оборудование:

- проба массой 10-11 кг крупностью менее 100 мм;
- щековая дробилка с простым движением щеки;
- секундомер;
- тахометр;
- линейка;
- весы;
- набор ручных сит.

Ход работы:

1. Изучить конструкцию дробилки (выполняя индивидуально эскизирование). Определить основные конструктивные и механические параметры.

2. Выполнить ситовой анализ исходной руды (п. *Усреднение проб*).

3. Параллельно с ситовым анализом выбрать из самого крупного класса три наибольших куска и произвести их обмер в ортогональных направлениях.

4. Пропустить пробу через дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.

5. Произвести ситовый анализ дроблёного продукта.

6. Для трёх наиболее крупных кусков определить размеры в ортогональных направлениях.

7. Произвести необходимые расчёты по результатам работ.

8. Подписать у преподавателя индивидуальные эскизы оборудования, рабочие записи и результаты черновых расчётов.

9. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

Результаты обмера кусков и ситовых анализов представляются таблицами (см. таблицы 9, 10 п. *Усреднение проб*) и тремя рисунками. Пример выполнения двух из рисунков дан на рисунках 3, 4.

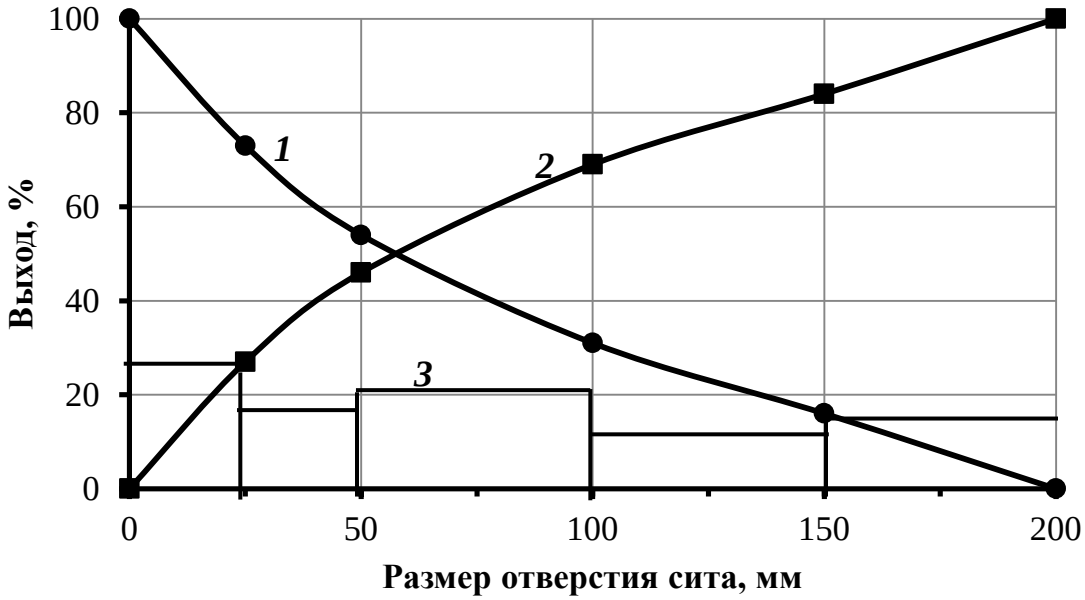


Рисунок 3 – Гранулометрическая характеристика исходного материала:
1 – кривая суммарного выхода по плюсу, *2* – кривая суммарного выхода по минусу, *3* – частные выходы

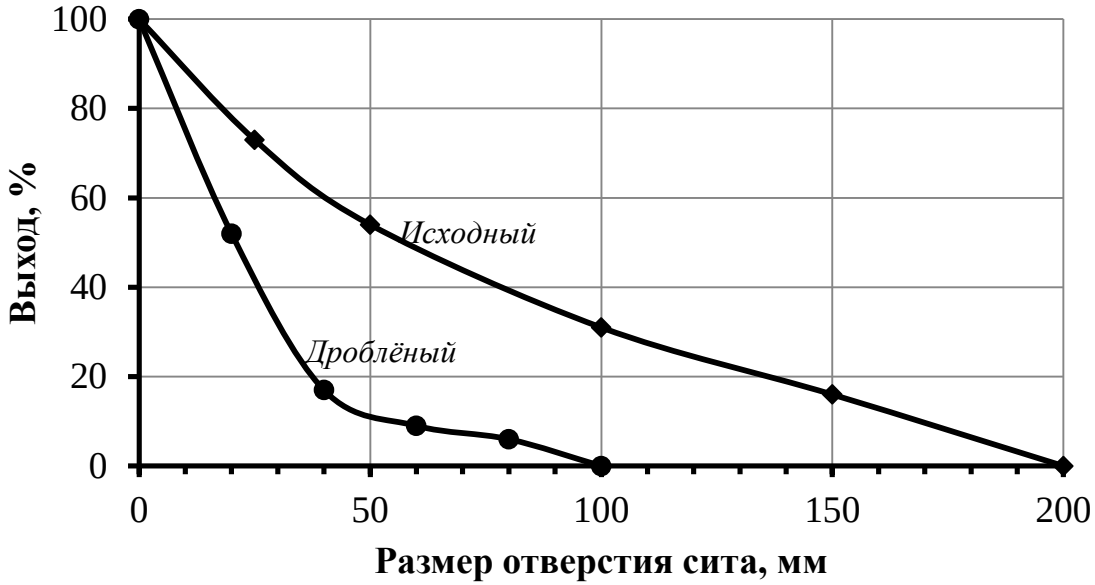


Рисунок 4 – Гранулометрические характеристики по «плюсу» исходного и дроблёного материала

Первый рисунок – гранулометрическая характеристика исходного материала в виде кривых суммарного выхода по «плюсу» (*1*) и по «минусу» (*2*), гистограмма (столбиковая диаграмма) частных выходов (*3*). Второй – характеристика дроблёного продукта, по содержанию этот рисунок аналогичен первому. Третий, для сравнения гранулометрического состава исходного и дроблёного продуктов, должен быть представлен двумя кривыми суммарного выхода по «плюсу».

По виду кривых суммарного выхода по «плюсу» надо сделать общее заключение о гранулометрическом составе продуктов.

Определение крупности

Для определения размеров куска рекомендуется воспользоваться ёмкостью с прямым углом. Кусок помещается в угол ёмкости (рисунок 5) и обмеряется.

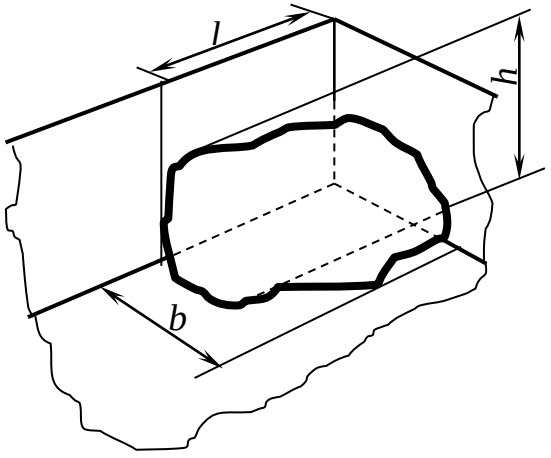


Рисунок 5 – Схема обмера куска в углу ёмкости

Размер максимального куска определяется по формуле среднеарифметического, мм:

$$d_{\text{макс.}} = (l + b + h) / 3. \quad (1)$$

Затем по размерам трёх максимальных кусков определяется средний размер максимального куска, мм:

$$d_{\text{макс. ср.}} = (d_{\text{макс. 1}} + d_{\text{макс. 2}} + d_{\text{макс. 3}}) / 3. \quad (2)$$

Средневзвешенная крупность каждого продукта находится по формуле средневзвешенного показателя, мм:

$$d_{\text{ср. взв.}} = \sum\gamma_i \, d_i / \sum\gamma_i, \quad (3)$$

где γ_i – выход (массовая доля i-го класса по результатам ситового анализа); d_i – среднеарифметическая крупность i-го класса, определяемая границами класса $-d_{\text{макс.}i} + d_{\text{мин.}i}$. и вычисляемая по выражению $(d_{\text{макс.}i} + d_{\text{мин.}i}.) / 2$.

По гранулометрическим характеристикам находятся: номинальные $d_{0,80}$, и $d_{0,95}$ крупности, медианная крупность $d_{0,50}$ (способ нахождения указывается на графике).

Определение степени закрупнения (относительной крупности)

Под закрупнением $Z_{\text{н}}$ понимается соотношение номинальной крупности $d_{0,95}$ и номинальной ширины выходной щели $s_{\text{ном}}$, измеренной между выступом одной щеки и впадиной другой в фазе размыкания. Расчётная формула имеет вид

$$Z_{\text{н}} = d_{0,95} / s_{\text{ном}}. \quad (4)$$

Определение степеней дробления

Степень дробления рассчитывается тремя способами, как отношение размеров максимальных кусков в исходном и дроблёном продуктах, отношение средневзвешенных и номинальных крупностей исходного и дроблёного продуктов.

Производительность дробилки

Производительность щековой дробилки Q, т/ч, определяется по выражениям, [1]:

фактическая $$Q = 3{,}6 \cdot M/t, \quad (5)$$

расчётная $$Q = (1479 \cdot (s + \Delta) - 40B) \cdot B^{0,5} \cdot L \cdot \rho_{\text{н}}, \quad (6)$$

где M – масса пробы, кг; t – продолжительность дробления, с; s – размер разгрузочной щели в фазе размыкания щёк, м; Δ – ход подвижной щеки на уровне разгрузочного отверстия, м; B – ширина загрузочного

отверстия, определяемая на уровне верхнего обреза футеровки, м; L – длина загрузочного отверстия, м; $\rho_н$ – насыпная плотность исходного материала, т/м^3, $\rho_н = (0{,}5 \div 0{,}7)\ \rho$.

Частота вращения эксцентрикового вала

Частота вращения эксцентрикового вала, мин$^{-1}$

$$n = 182{,}6\ B^{-0{,}5}. \qquad (7)$$

Частота вращения эксцентрикового вала может быть определена и с помощью тахометра (фактически она равна 300 мин$^{-1}$).

6. Мощность электродвигателя щековой дробилки.

Необходимая мощность электродвигателя дробилки, кВт

$$N = c \cdot L \cdot B, \qquad (8)$$

где c – коэффициент, отражающий особенности дробилки, равный:

при B х L< 250 х 400 c = 1/60;
при B х L< 900 х 1200 c = 1/100,
при B х $L \geq$ 900 х1200 c = 1/120.

Значения L и B в формулу (8) подставляются в сантиметрах.

В практических условиях устанавливается двигатель с коэффициентом запаса мощности 1,4÷1,5.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРОБЛЕНИЯ В ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛКАХ

Цель:

- изучить конструкцию и работу щековой дробилки со сложным движением щеки и с простым движением с нижним подвесом;
- освоить способ регулирования величины разгрузочной щели;
- оценить влияние характера движения щёк на результаты дробления.

Необходимые материалы и оборудование:

- проба после первой стадии дробления;
- желобчатый делитель;
- секундомер;
- линейка; штангенциркуль;
- щековая дробилка с простым движением с нижним подвесом щеки;
- щековая дробилка со сложным движением щеки;

– весы;
– набор ручных сит;
– пластилин.

Ход работы:

1. Изучить конструкцию дробилок, выполняя индивидуальное эскизирование. Определить основные конструктивные и механические параметры. Установить при помощи пластилина заданную ширину разгрузочных щелей, одинаковую для обеих дробилок.

2. Произвести усреднение и деление пробы на две части (см. п. *Усреднение проб*).

3. Соблюдая меры предосторожности, пропустить одну часть пробы через дробилку со сложным движением щеки, другую – через дробилку с нижним подвесом щеки. При этом необходимо фиксировать продолжительность цикла дробления.

4. Выполнить ситовые анализы дроблёных продуктов.

5. Определить размеры максимальных кусков в каждом дроблёном продукте.

6. Обработать результаты работ.

7. Подписать у преподавателя рабочие записи и черновые расчёты бригады, а также свои эскизы оборудования.

8. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

1. Результаты ситовых анализов представить в виде таблиц (см. п. *Усреднение проб*). Гранулометрические характеристики дроблёных продуктов в виде кривых суммарного выхода по плюсу должны быть представлены на одном рисунке.

Сравнение гранулометрического состава продуктов выполнить качественное, по виду и взаимному расположению кривых.

2. Рассчитать крупности и степени дробления аналогично предыдущей работе.

3. Рассчитать показатели технологической эффективности дробления, %

$$E_{\text{Т}} = 100\ (\beta^{-d+0} - \alpha^{-d+0})/(100 - \alpha^{-d+0}), \qquad (9)$$

где β^{-d+0}, α^{-d+0}– массовые доли класса $-d+0$ мм в дроблёном и исходном продуктах (равны выходам этих классов в продуктах по данным ситового анализа).

Результаты расчёта представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Технологическая эффективность дробления в щековых дробилках ЩДС и ЩДП

Расчётный класс, мм	**Массовая доля класса в исходном α^{-d+0}, %.,**	**Щековая дробилка с движением щеки**			
		простым		**сложным**	
		β^{-d+0}, %	**E_T, %**	**β^{-d+0}, %**	**E_T, %**
–25 + 0	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
–1,4 + 0	…	…	…	…	…
Примечание: размеры расчётных классов принимаются в соответствии со шкалой сит ситового анализа.					

4. Зависимости величины E_T от размера расчётного класса для каждого типа дробилок приводятся на одном графике.

5. Формулы для определения величины производительности дробилок приведены в лабораторной работе №1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ДРОБЛЕНИЕ В ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ

Цель:

– изучить конструкцию и принцип работы валковой дробилки;
– освоить способ регулирования величины разгрузочной щели.

Необходимые материалы и оборудование:

– объединённая проба после дробления в щековых дробилках;
– желобчатый делитель;
– секундомер;
– тахометр;
– линейка (штангенциркуль);
– валковая дробилка;
– весы;
– набор ручных сит;
– пластилин.

Ход работы:

1. Изучить конструкцию дробилки, выполняя одновременно эскизирование, определить конструктивные и механические параметры.

2. Работа производится при двух значениях величины разгрузочной щели, для этого исходная проба делится пополам при помощи желобчатого делителя. Величина разгрузочной щели в опытах долж-

на различаться в 1,5-2 раза. Установить начальную величину разгрузочной щели, используя при этом пластилин.

Для определения величины разгрузочной щели в процессе работы необходимо пропустить кусочки пластилина **одновременно** с материалом, затем измерить толщину пластилиновых пластин. Величину разгрузочной щели следует определить трижды для каждого опыта и рассчитать её среднеарифметическое значение.

3. Соблюдая меры предосторожности, пропустить материал через дробилку, фиксируя при этом продолжительность цикла дробления.

4. Выполнить ситовый анализ дроблёных продуктов.

5. Параллельно с выполнением ситового анализа определить размеры максимальных кусков в дроблёных продуктах.

6. Степени дробления рассчитать аналогично указаниям лабораторной работы № 1.

7. Обработать результаты работ.

8. Подписать у преподавателя рабочие записи, черновые расчёты и эскизы.

9. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

1. Для построения характеристики исходного продукта произвести необходимые расчёты, результаты которых привести в таблице. Следует иметь в виду, что исходное является объединённым продуктом разгрузок щековых дробилок из предыдущей работы. Рекомендуется использовать соответствующие табличные данные или взять необходимые сведения из графиков предыдущей работы, а выходы классов найти как среднее арифметическое. Совместить на одном поле гранулометрические характеристики исходного и дроблёных продуктов.

2. Рассчитать линейную скорость на поверхности валков, частоту вращения валков определить тахометром.

3. Производительность дробилки рассчитать для каждого опыта [1], т/ч

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot n \cdot D \cdot L \cdot k_L \cdot k_{\text{разр.}} \cdot \rho \cdot s_{\text{факт.}}, \qquad (10)$$

где D и L – диаметр и длина валка, м; k_L – коэффициент использования длины валков (принять равным 0,85); $k_{\text{разр}}$ – коэффициент разрыхления материала в зоне дробления, (в среднем составляет [3] 0,2÷0,3, но может быть принят и другим по условиям проведения

опытов); ρ – плотность материала, т/м^3; $s_{факт}$ – ширина разгрузочной щели дробилки при работе, м; n – частота вращения валков, n = 200 мин$^{-1}$.

4. Рассчитать мощность электродвигателей, кВт:

$$N = (11 \div 14)\, D\, L\, \upsilon, \qquad (11)$$

где υ – окружная (линейная) скорость валка, м/с.

Суммарная мощность установленных на лабораторной валковой дробилке двигателей составляет 3 кВт.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
РАБОТА САМОЦЕНТРИРУЮЩЕГОСЯ ГРОХОТА

Цель:

- изучить конструкцию и принцип работы самоцентрирующегося грохота;
- исследовать влияние производительности грохота на эффективность грохочения.

Необходимые материалы и оборудование:

- проба после дробления в валковой дробилке;
- грохот самоцентрирующийся;
- секундомер;
- линейка;
- весы;
- набор ручных сит;
- металлический крюк (скоба).

Ход работы:

1. Изучить конструкцию грохота, выполняя одновременно эскизирование, определить конструктивные параметры.

2. Усреднить (см. п. *Усреднение проб*) и взвесить пробу ($M_{исх.}$) перед каждым опытом.

3. Засыпать пробу в приёмный бункер. **Внимание!** – при загрузке бункера из материала выделяется пыль.

4. Провести опыт. Для этого открыть затвор бункера при работающем грохоте. Продолжительность грохочения оценить с точностью до секунды. Началом процесса грохочения считается момент попадания первых зёрен на просеивающую поверхность, окончанием – момент выхода из бункера основной массы материала. В каждом

опыте необходимо замерять ширину разгрузочной щели бункера. В течение опыта необходимо следить за тем, чтобы материал не зависал в бункере. Очистить бункер.

5. Выключить грохот и зачистить поддон, перезапустить грохот несколько раз («Пуск-остановка» – 2-3 раза) до полной очистки; при необходимости использовать проволочный крюк/скобу.

6. Взвесить полученный ***надрешётный*** продукт и рассеять его вручную на сите с тем же размером отверстий, что и на грохоте.

7. Взвесить ***раздельно*** подрешётный продукт грохота – $M_{\text{подр.}}$, нижний класс $M^{-a}_{\text{надр.}}$ и верхний класс $M^{+a}_{\text{надр.}}$ надрешётного.

8. Отметить поведение зёрен разной крупности в процессе грохочения.

9. Объединить продукты грохочения.

10. Установить режим грохочения для второго опыта и выполнить его аналогично п. 6-10.

11. Установить режим грохочения для третьего опыта и т. д.

12. Обработать результаты работ.

13. Подписать у преподавателя рабочие записи и черновые расчёты.

14. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

1. Исходный материал для опытов (гранулометрическая характеристика получена в предыдущей работе) следует описать с указанием доли «лёгких», «трудных» и «затрудняющих» зёрен.

2. Исходные данные и результаты опытов свести в расчётную таблицу по форме таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты опытов по грохочению

Опыт	$M_{\text{исх}}$, **кг**	α^{-a}, **%**	**Продукты грохочения, кг**				ϑ^{-a}, **%**	**Эффективность грохочения, %**		***t*, с**	***Q*, т/ч**
			надрешётный			**подрешётный**					
			$M^{+a}_{\text{надр.}}$	$M^{-a}_{\text{надр.}}$	$M_{\text{надр.}}$	$M_{\text{подр.}}$		$E^{-a}_{\text{м.}}$	$E^{-a}_{\text{ан.}}$		
1											
2	*	*									
3	**	**									

3. Эффективность грохочения рассчитывается для каждого режима по результатам взвешивания классов и продуктов – $E_{\text{м.}}$ и по результатам ситового анализа – $E_{\text{ан.}}$

Порядок расчета при обработке результатов опыта:

$$M_{\text{исх.}} = M_{\text{надр.}}^{+a} + M_{\text{надр.}}^{-a} + M_{\text{подр.}},\ \text{кг}, \qquad (12)$$

$$\vartheta = 100\, M_{\text{надр.}}^{-a} / (M_{\text{надр.}}^{-a} + M_{\text{надр.}}^{+a}),\ \%, \qquad (13)$$

$$E_{\text{ан.}}^{-a} = (\alpha^{-a} - \vartheta^{-a}) \cdot 10^4 / ((100 - \vartheta^{-a})\, \alpha^{-a}),\ \%, \qquad (14)$$

$$E_{\text{м}}^{-a} = 10^4 M_{\text{подр.}} / (M_{\text{исх.}} \alpha^{-a}),\ \%. \qquad (15)$$

4. Производительность грохота Q рассчитывается по формуле (5).

5. По результатам опытов построить зависимость эффективности грохочения от производительности грохота по исходному питанию.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРОДУКТА

Цель:

– практическое освоение методики определения насыпной плотности продуктов.

Необходимые материалы и оборудование:

– проба после дробления в валковой дробилке;
– желобчатый делитель;
– установка для определения насыпной плотности;
– электронные весы.

Ход работы:

1. Подготовить пробу для выполнения лабораторной работы. Для этого материал доводится до крупности менее 3 мм в замкнутом цикле «ручное сито – валковая дробилка» или «грохот – валковая дробилка» (см. рисунок 1).

2. Проба усредняется и с помощью делителя делится на четыре части около 2 кг каждая. Три части используются (**каждая один раз!**) для определения насыпной плотности, Результаты этих определений записываются в таблицу по форме таблицы 3.

Установка для определения насыпной плотности представляет собой лоток, который устанавливается над банкой (определить ее объем, рекомендуемый – 1 дм^3). Пустая банка взвешивается ($M_б$). Нижний обрез лотка должен быть на 40-50 мм выше верхнего обреза банки, угол наклона лотка не менее 35°. Материал должен стекать в банку по центру ее верхнего обреза. После образования конуса над

банкой легкими ударами руки обстукать банку с четырех сторон и сдвинуть конус материала линейкой. Банка с материалом взвешивается ($M_{бМ}$).

Таблица 3 – Результаты определения насыпной плотности

Проба	Масса банки, $M_б$, кг	Масса банки, $M_{бМ}$, с материалом, кг	Насыпная плотность, кг/м^3		
			$\rho_н$	$\rho_{н\ ср.\ арифм.}$	$\Delta\rho_{н\ отн.}$
1					
2					
3					

3.3 Насыпная плотность, кг/м^3 определяется по формуле

$$\rho_н = (M_{бМ} - M_б)/V_{б,} \quad (16)$$

где $V_б$ – объем банки, м^3.

4. Определить относительное отклонение $\Delta\rho_{н.\ отн.}$ значений насыпной плотности в каждом измерении, %

$$\Delta\rho_{н.\ отн.} = 100\ (\rho_{н\ ср.\ арифм} - \rho_{н\ i})/\rho_{н\ ср.\ арифм.}$$

При значении относительного отклонения более чем на 5 % для любого измерения повторить все сначала.

3.5. Обработать результаты работы.

3.6. Подписать у преподавателя рабочие записи и черновые расчеты.

3.7. Составить отчет по выполненной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ПРОВЕДЕНИЕ СУХОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА

Цель:

- изучение методики проведения сухого ситового анализа для определения гранулометрического состава продуктов;
- изучение конструкции и принципа действия вибрационного встряхивателя;
- освоение принципов построения гранулометрических характеристик продуктов в натуральном и полулогарифмическом виде.

Необходимые материалы и оборудование:

– ручные сита с модулем шкалы, равным 2, для определения гранулометрического состава крупных продуктов, мм: 100; 50; 25; 13; 6; 3;
– набор сит (рекомендуются сита «Вибротехник») с модулем шкалы, равным 2, для определения гранулометрического состава мелких продуктов, мм: 1,25; 0,63; 0,315; 0,14; 0,071; 0,05;
– вибрационный встряхиватель.

Ход работы:

Для определения гранулометрического состава мелких продуктов отобрать пробу материала крупностью менее 3 мм, минимальную массу которой можно определить по диаметру наибольшего зерна в пробе по таблице 4.

Таблица 4 – Минимальная масса пробы для ситового анализа

Диаметр наибольшего зерна, мм	0,1	0,3	0,5	1,0	3,0
Минимальная масса навески, кг	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3

Отбор пробы производится с использованием желобчатого делителя, (делителя Джонса) либо методом квартования или квадратования. Перед ситовым анализом определяется ее масса $M_{\text{исх}}$.

Для проведения ситового анализа собирается комплект указанных выше сит, которые устанавливаются на вибрационный встряхиватель в порядке возрастания размера отверстий снизу вверх. Комплект ставится в поддон, на верхнее сито высыпается проба материала, комплект сверху закрывается крышкой. С помощью поперечной планки и гаек комплект затягивается, устанавливается продолжительность рассева от 10 до 30 минут.

По окончании рассева осуществляется контроль. Просев на всех ситах помещается на листы бумаги или в чашки, подписанные соответствующим образом. Остаток с нижнего сита взвешивается и снова помещается на это сито. Набор сит собирается вновь вместе с нижним ситом и устанавливается на платформе встряхивателя. Аппарат включается на **одну** минуту, после чего взвешивается остаток на нижнем сите и вновь полученный просев. Рассчитывается выход мелочи за контрольную минуту, %

$$\gamma = 100 \cdot M_{\text{прос.}} / (M_{\text{прос.}} + M_{\text{ост.}}), \qquad (17)$$

где $M_{прос.}$ – масса полученного просева, г; $M_{ост.}$ – масса остатка на сите после контрольного рассева, г.

Если $\gamma < 1$ %, то анализ считается законченным. В противном случае он продолжается – остатки возвращаются на свои сетки, за исключением материала в поддоне. Опять собирается набор сит, и аппарат дополнительно включают на 10 минут, после чего вновь следует вышеописанный контроль.

При выполнении лабораторных работ контрольный рассев можно осуществлять вручную в течение одной минуты.

Продолжительность ситового анализа для измельченных в мельницах всухую продуктах составляет 15 минут при исходной навеске 200 г. При этом контрольный рассев не производится [2].

Результаты ситового анализа оформляются в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Результаты сухого ситового анализа мелкого продукта

Класс крупности, мм	**Выход**			
	частный, кг	**частный с учетом распределения потерь**		**суммарный по «плюсу», %**
-3+…	…	кг	%	
…	…			
…	…			
-0,071+0	…			
Всего:	**…**	$M_{исх}$	**100,00**	

Расчеты по результатам ситового анализа заканчиваются определением потерь П при анализе, %

$$П = 100 \cdot (M_{исх} - \Sigma M_i)/M_{исх}. \quad (18)$$

Если потери не превышают 1 %, то они распределяются по всем полученным классам пропорционально их выходам. Если потери более 1 %, то анализ бракуется и повторяется с новой навеской [2].

Окончание рассева крупнокускового материала определяется из условия, что дополнительный рассев в течение трёх минут не изменит результаты анализа более чем на 0,5 % [2]. К примеру, если масса остатка на сетке составляет 7,3 кг и после контрольных 3 минут 7,1 кг, то ввиду $(7,3 – 7,1) \cdot 100/7,3 = 2,74$ % >0,5 %, рассев нельзя считать законченным.

Как уже отмечено выше, в данной лабораторной работе сухой ситовой анализ осуществляется на мелком материале.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ПРОВЕДЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА

Цель:

– изучение методики проведения комбинированного ситового анализа для определения гранулометрического состава продуктов.

Необходимые материалы и оборудование:

– установка для отмывки;
– сито для мокрого анализа с заданным размером отверстий;
– фарфоровая чашка для контроля качества отмывки.

Ход работы:

Комбинированный ситовой анализ состоит в отмывке тонких частиц и осуществляется вручную (как в настоящей работе) или на односитном гидроклассификаторе. Если тонких частиц много (например, в материале после измельчения), отмывка производится по двухступенчатой схеме: сначала вручную, затем на гидроклассификаторе.

Для отмывания вручную собирается установка на решетке дренажной канавы. Установка (см. рисунок 6) состоит из сита с обечайкой, устанавливаемого на подставке, причем сито открыто своей нижней частью в канаву. Подставка может быть выполнена произвольно из подручных материалов по рекомендации преподавателя.

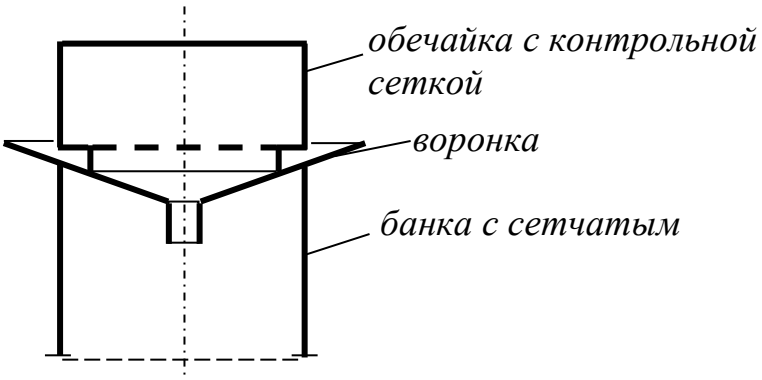


Рисунок 6 – Схема установки для отмывки

Навеска материала помещается на сито в обечайку. Конец шланга со свободно текущей водой при небольшом ее расходе заводится в обечайку, и лишь **затем (!)** формируется плоская струя воды, для чего

пальцами или зажимом пережимается шланг. Угол при вершине плоской струи должен быть порядка 20-30°, а сама струя должна быть перпендикулярна плоскости сетки. Чаще всего струя воды при промывке вручную невелика по сечению, и потому ее приходится перемещать по радиусу.

При работе на гидроклассификаторе перемещение фронта промывки определяется направлением и скоростью вращения обечайки.

Для сброса воды из обечайки надо сформировать острую и тонкую струю воды. Шланг осторожно помещают в воду практически вплотную к сетке и держат без каких-либо перемещений. При этом необходимо избегать повреждения сетки.

Контроль качества промывки осуществляется с помощью фарфоровой чашки диаметром 50-100 мм, которую помещают под сито. Затем производят промыв по всей площади сита, при этом фарфоровую чашку перемещают под ситом в том месте, куда падает струя воды. После этого чашка убирается из-под сита, в ней происходит отстаивание твердой фазы в течение 20-30 с. Круговыми движениями собирается твердая фаза в центре чашки, допустимо выплескивание части воды из чашки. Если отмыт не весь тонкий класс, то на дне чашки будет хорошо виден осадок. Промывку можно считать оконченной, когда осадок практически исчезнет. Остаток материала переносится из обечайки в алюминиевую чашку, после отстаивания излишек воды сливается, а чашка ставится для выпаривания воды в сушильный шкаф (с этикеткой). Перенос материала в чашку осуществляется следующим образом (см. рисунок 7): а) наклонить обечайку над алюминиевой чашкой достаточного размера; б) смыть промывалкой материал с тыльной части сита в алюминиевую чашку; в) опрокинуть обечайку над алюминиевой чашкой и окончательно смыть в нее весь материал из обечайки.

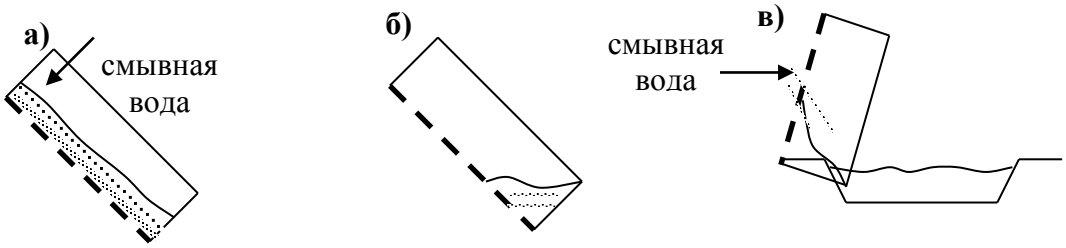


Рисунок 7 – Схема переноса отмытого материала в чашку

После выпаривания воды из оставшегося в обечайке материала он подвергается ситовому анализу как в лабораторной работе № 6.

Результаты комбинированного анализа оформляются в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты комбинированного анализа мелкого продукта

Класс крупности, мм	**Выход**			
	частный, кг	**с учётом распределения потерь**		**суммарный по «плюсу», %**
		кг	**%**	
…	…	…	…	
…	…	…	…	
- …+0	…	…	…	
Итого	…	…	…	
Промыв	…	…	…	
Всего:	**…**	$M_{исх}$ **…**	**100,00**	**–**

Если потери не превышают 1 %, то они распределяются по всем полученным классам и промыву пропорционально их выходам. Если потери более 1 %, то анализ бракуется и повторяется с новой навеской [2].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ В БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Цель:

– изучить влияние факторов на результаты измельчения;
– освоить методику работы с мельницами;
– изучить конструкцию мельницы;
– освоить построение графиков в полулогарифмическом масштабе.

Необходимые материалы и оборудование

– проба крупностью менее 3 мм;
– мельница барабанная лабораторная;
– рожковый гаечный ключ (S = 22);
– металлическая лапка для извлечения резиновой прокладки;
– стержни (шары);
– рольганги;
– тахометр;
– секундомер (часы);
– контрольное сито с размером ячеек 0,071 мм или иное (по указанию преподавателя);
– чашка алюминиевая;

– чашка фарфоровая;
– промывалка;
– таз;
– весы;
– мерный цилиндр объёмом 0,5 (1) л.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя задание (изучение влияния на процесс измельчения конкретного фактора). Возможные варианты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технологические режимы измельчения

Вариант	**Продолжительность измельчения, мин.**	**Соотношение в мельнице Ж:Т**	**Степень заполнения мелющими телами**	
			шары	стержни
1	10 20 30	1:3	0,30	0,40
2	15	1:4 1:3 1:2	0,30	0,40
3	15	1:3	0,20 0,30 0,45	0,20 0,30 0,45
4	20	1:3	0,30	0,20 0,30 0,40
5	20	1:4	0,30	0,20 0,30 0,40
6	20	1:3	0,30	0,40
	k = 0,06; 0,12; 0,18			
Примечание: k – коэффициент заполнения мельницы материалом				

2. Изучить конструкцию мельницы и рольгангов (выполняя эскизирование), определить конструктивные и механические параметры (размеры, угловые скорости вращения). Опыты проводятся в одной и той же мельнице, на одних и тех же рольгангах, поэтому надо отметить для себя номер комплекта мельницы.

3. Рассчитать величину навески материала и отобрать её из пакета методом квадратования (см. п. *Усреднение проб*).

4. Рассчитать массу измельчающей среды и отобрать измельчающую среду (стержни или шары).

5. Рассчитать необходимое количество воды.

6. Загрузить для первого опыта в мельницу в следующем порядке: шары (стержни) + твёрдое + вода.

7. Собрать мельницу в следующем порядке: резиновая прокладка, крышка, прижимная планка. Закрутить винт прижимной планки гаечным ключом так, чтобы вода не вытекала из мельницы при её горизонтальном положении. Поставить её на **неподвижные** рольганги, закрыть кожух и включить установку на нужное время. Поскольку на установке может находиться несколько мельниц, работающих в разных режимах, возникает необходимость остановки рольгангов для постановки или снятия мельниц, при этом время остановки рольгангов из общего времени измельчения исключается.

8. Мельницу снять при выключенных валках (рольгангах), перенести в машинный зал на дренажную решётку.

9. Снять прижимную планку, крышку и резиновую прокладку с помощью металлической лапки. Материал с резиновой прокладки и стержней смывается с помощью промывалки в мельницу. Содержимое мельницы перемешивается (для этой цели можно использовать один из стержней) и переливается в металлическую ёмкость соответствующего объёма. Туда же с помощью промывалки смывается остаток материала из мельницы. Пульпу из ёмкости перенести на сито для отмывания расчётного класса. Все операции переноса пульпы производить с минимально возможным количеством воды. При этом может возникнуть переполнение обечайки сита, в таком случае следует завести шланг в обечайку, сформировать острую струю под максимальным давлением, максимально приблизить шланг к сетке и держать неподвижно до ухода воды из обечайки.

10. Отмыть расчётный класс.

11. Перенести оставшийся на сите материал в чашку и высушить.

Остальные опыты выполняются аналогично.

12. Выполнить сухой ситовый анализ остатка в опыте с наименьшим количеством остатка. Для данного опыта результаты оформляются как в случае комбинированного ситового анализа.

13. В промытую мельницу загрузить чистые мелющие тела, залить до буртика водой, закрыть мельницу и убрать её на место.

14. Обработать результаты работ.

15. Подписать у преподавателя рабочие записи и расчёты.

16. Составить отчёт по выполненной работе.

4. Пояснения по обработке результатов работы.

1. Принять для расчётов плотность мелющей среды, кг/м^3: для шаровой мельницы ρ = 4600; для стержневой мельницы ρ = 6200.

2. Масса мелющей среды, кг

$$M = \varphi \cdot \rho \cdot V, \qquad (19)$$

где φ – степень заполнения мельницы мелющей средой; ρ – плотность мелющей среды, кг/м^3; V – объём лабораторной мельницы, м^3. Определяется по геометрическим размерам как объем цилиндра до буртика, либо разностью масс заполненной водой до буртика и пустой мельницы.

3. Масса навески для опыта, кг

$$G = k \cdot \rho_н \cdot V, \qquad (20)$$

где k – коэффициент заполнения мельницы материалом, д. ед., в вариантах 1-5 задаётся преподавателем или принимается равным 0,12; $\rho_н$ – насыпная плотность материала, кг/м^3 (см. лабораторную работу № 5).

4. Масса воды определяется из заданного соотношения Ж:Т.

5. За расчётный класс принять, если нет дополнительного указания преподавателя, самый мелкий по комбинированному ситовому анализу.

6. Рассчитать удельную производительность, кг/(ч·м^3)

$$q = 60 \cdot G \cdot (\beta^{\text{р. кл.}} - \alpha^{\text{р. кл.}})/(\tau \cdot V), \qquad (21)$$

где $\beta^{\text{р. кл.}}$, $\alpha^{\text{р. кл.}}$ – массовые доли расчётного класса в измельчённом и исходном материале, д. ед.; τ – продолжительность измельчения, мин.

7. Результаты работы представить в виде таблицы 8.

Таблица 8 – Влияние переменного фактора на процесс измельчения в лабораторной мельнице

Опыт	Значение переменного фактора	Масса, кг			Массовая доля расчётного класса, д. ед.	Удельная производительность по расчётному классу, кг/(ч·м^3)
		навески	остатка на сите	расчётного класса		
1						
2						
3						

8. Построить зависимость выхода расчётного класса от значения переменного фактора.

МЕТОДИКИ

Усреднение проб

Чтобы иметь возможность сравнивать результаты параллельно выполняемых работ (анализов), надо иметь однородный исходный материал, из которого отбираются навески для выполнения тех или иных операций. Усреднение неоднородного материала достигается несколькими способами: перелопачиванием, с помощью желобчатого делителя [4]; способом кольца и конуса (КиК), перекатыванием, а также в специальных смесителях.

Наибольшая продолжительность перемешивания при способе КиК, наименьшая – с помощью желобчатого делителя. По трудоёмкости самые невыгодные – перелопачивание и способ КиК. С технологической точки зрения наибольшая однородность материала достигается при способе КиК, значительно меньшая – при перелопачивании.

Перелопачивание реализуется в нескольких вариантах в зависимости от крупности и количества материала. Самым простым и менее удовлетворительным является перекапывание слоя материала, причём в условиях учебного процесса этого оказывается достаточно для крупного материала (хотя работа с желобчатым делителем проще). Одним из вариантов перелопачивания является перекидывание материала последовательно из одного конуса в другой, т. е. из одной кучи в другую; при этом следует брать материал случайным образом из одной кучи и высыпать его на вершину вновь образуемого конуса.

Способ КиК – это троекратное повторение операций:

1) разворачивание конуса в диск с помощью крестовины;

2) формирование кольца из диска с помощью совка;

3) образование конуса из кольца с помощью совка.

1. Сначала материал из ёмкости высыпается на конус (либо с угла ёмкости, либо через воронку). При этом ёмкость необходимо вращать вокруг оси образуемого конуса.

Крестовина погружается в конус, одновременно с погружением её вращают (по/против часовой стрелки) до получения диска требуемой толщины.

2. Формирование кольца из диска представлено на рисунке 8.

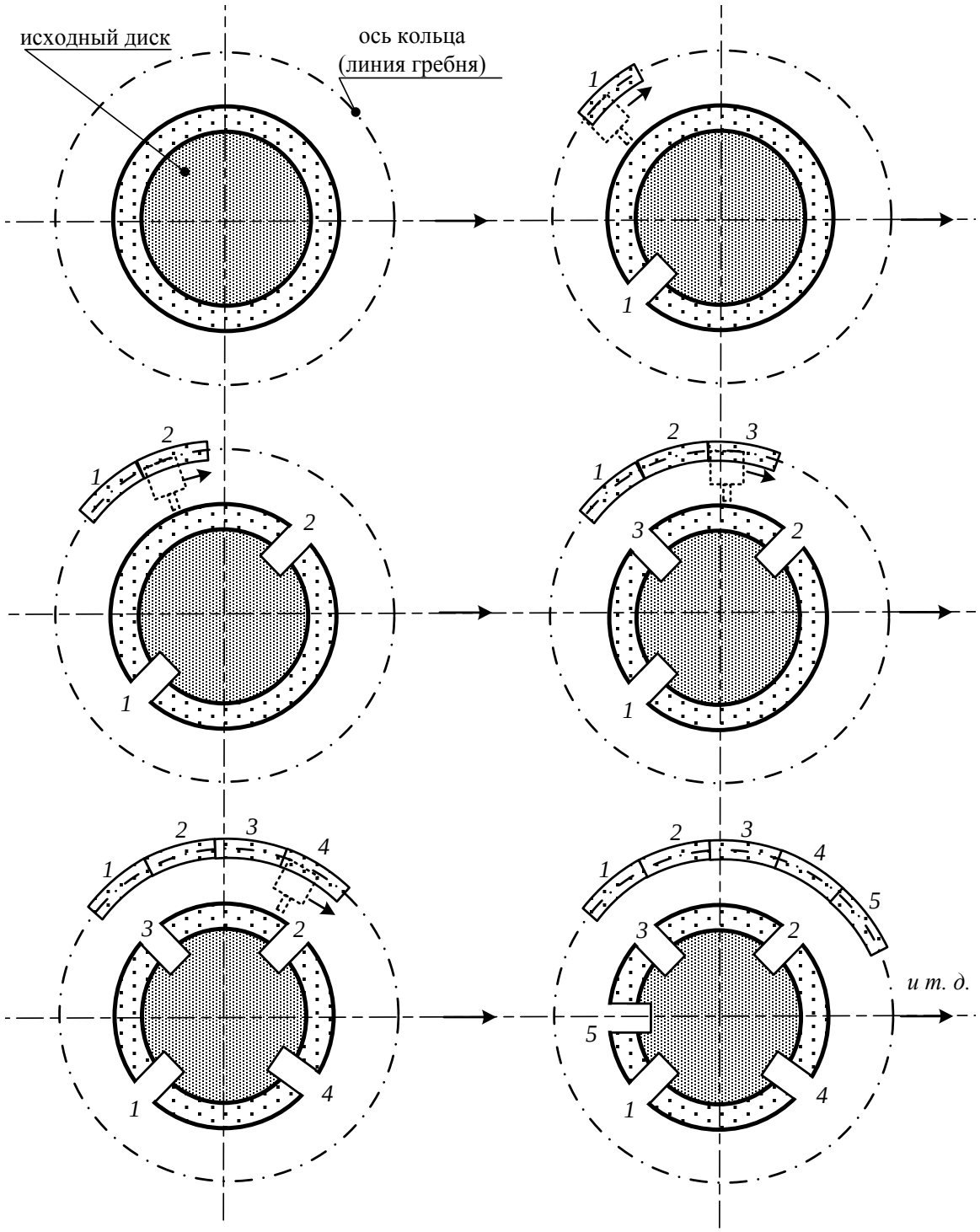
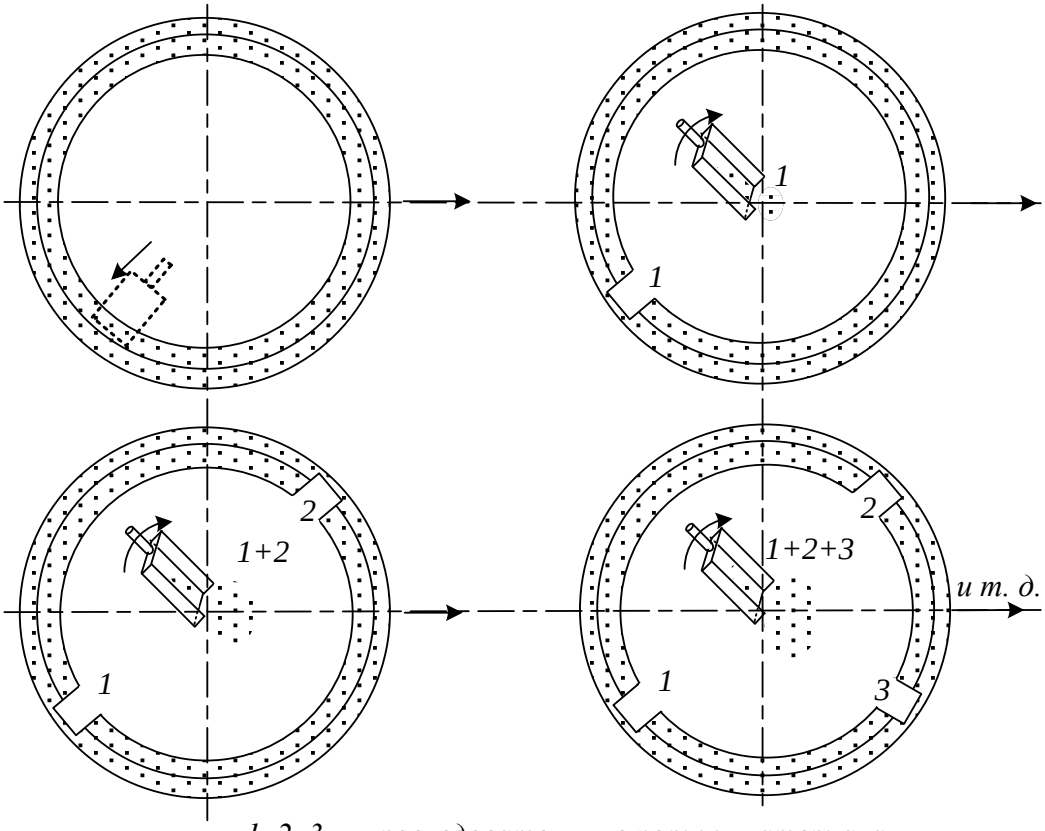


Рисунок 8 – Схема образования кольца из диска

Для образования кольца совком или совками берутся одинаковые порции материала с края диска, последовательно с противоположных сторон 1, 2, 3… и со смещением в ***произвольном*** порядке по кругу. Порции высыпаются на расстоянии радиуса диска от края диска, и при этом материал следующей порции укладывается в кольцо за предыдущей без перерыва. В результате первые порции 1, 2, 3… перекрываются в дальнейшем *i*-ой, *i* +1-ой, *i*+2-ой, и т. д. порциями.

Высыпать порции нужно на гребень образуемого кольца и растягивать по окружности. Нельзя остатки в диске подметать к основанию кольца. Смётки собираются в совок и распределяются по гребню как обычные порции.

3. Образование конуса из кольца приведено на рисунке 9. Тем же совком отбираются в *случайном* порядке порции материала и высыпаются на конус (аналогично описанному в п. 1). Смётки собираются и высыпаются на вершину конуса.



1, 2, 3… - последовательные порции материала

Рисунок 9 – Образование конуса из кольца

Перемешивание с помощью желобчатого делителя

Используется делитель с шириной желобка не менее чем в два раза большей размера наиболее крупного куска. Под делитель устанавливаются два поддона; материал помещают в совок, ширина которого соответствует ширине делителя, разравнивают; край совка совмещают с серединой делителя и ссыпают материал равномерно по ширине совка по половине совка с обеих сторон. Получающиеся части вновь объединяются; процедура повторяется троекратно.

Усреднение перекатыванием применяют для мелкого продукта. Для этого используют клеёнку (плёнку) размером, соответствующим количеству усредняемого материала. Материал помещают на

середину клеенки, и резкими движениями перекатывают пробу с угла на угол 20-30 раз [4]. Направление перекатывания необходимо менять.

Для отбора навесок из усреднённого материала используют либо делитель Джонса, либо квадратование: усреднённый материал формируют в виде диска, который покрывают сеткой с шагом, равным ширине совочка. Сетку намечают линейкой. Совочком из узлов сетки отбирают порции, вычерпывая материал на всю толщину слоя. Возможно вычерпывание материала целиком из клеточки, клеточки выбираются в шахматном порядке. Таким образом, набирают необходимое количество материала.

Отбор навесок для ситового анализа

В лабораторных работах с помощью ситового анализа производится определение гранулометрического состава как относительно крупного материала, так и мелкого (менее 3 мм).

Гранулометрический состав проб определяется с помощью ручного рассева на наборе сит. В отчёте следует дать характеристику применяемого набора: указать шкалу сит, привести модуль шкалы. Для нахождения степени дробления необходимы определения размеров наиболее крупных зёрен. Рекомендуется выбирать такие зёрна из самого крупного класса, а не из всего анализируемого продукта. Определять размеры надо с точностью ± 1 мм в ортогональных направлениях ($l*b*h$), результаты измерений оформить в виде таблице 9.

Таблица 9 – Размеры наиболее крупных зёрен в исходной пробе и в продуктах дробления, мм

Наименование продукта	Кусок	Размеры			$d_{ср.\ арифм.}$	$d_{ср.\ макс.}$
		l	b	h		
Исходная руда	1				d_1	…
	2				d_2	
	3				d_3	
Продукт дробления в ЩДП	1				d_1	…
	2				d_2	
	3				d_3	
и т. д.						

Ручной рассев на ситах производится «от крупного к мелкому», рассев считается законченным, когда материал практически переста-

ет переходить в подрешетный продукт. Контроль может осуществляться с помощью листа бумаги. Толщина слоя материала на сетке не должна быть больше $4d_{макс.}$

Окончание рассева крупнокускового материала определяется из условия, что дополнительный рассев в течение 3 мин. не изменит результата анализа более чем на 0,5 % [2]. К примеру, если масса остатка на сетке, составляет 7,3 кг и после контрольных 3 мин. – 7,1 кг, то ввиду $(7{,}3 - 7{,}1)\cdot 100/7{,}3 = 2{,}74\ \% > 0{,}5\ \%$, рассев нельзя считать законченным.

Взвешивание каждого класса производится с учетом массы тары. Определяются выходы классов, по которым рассчитываются суммарные характеристики. Результаты анализа и последующих расчётов заносятся в таблицу следующей формы:

Таблица 10 – Результаты ситового анализа …… продукта

Класс крупности, мм	Выход			
	частный		суммарный, %	
	кг	%	по «плюсу»	по «минусу»
$-d_1+d_2$	m_1			
$-d_2+d_3$	m_2			
…	…	…	…	…
$-d_n+0$	m_n			
Всего	$M=\Sigma m_i$			
Внимание: d – размер отверстий соответствующего сита				

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреев С. А., Перов В. А., Зверевич В. В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых – 3-е изд. – М.: Недра, 1988. – 415 с.

2. Колтунов А. В., Комлев С. Г. Дробление, измельчение, грохочение: учебное пособие – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 122 с.

3. Клушанцев Б. Ф., Косарев А. И., Муйземнек Ю. А. Дробилки. Конструкции, расчёт, особенности эксплуатации – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

4. Митрофанов С. И., Барский Л. А., Самыгин В. Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость – М.: Недра, 1974. – – 352 с.

5. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Под. ред. О. С. Богданова, В. А. Олевского. – 2-е изд. – М.: Недра, 1982. – 366 с.

Учебное издание

Сергей Григорьевич Комлев
Александр Васильевич Колтунов

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению и оформлению лабораторных работ
по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ)
направления подготовки – 21.05.04 «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Устьянцева Л. В.

Компьютерная вёрстка *М. В. Аксеньюшкиной*

Подписано в печать 08.08.2018 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 1,09. Уч.-изд. л. 1,05. Тираж 100 экз. Заказ №___

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.03 ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Колтунов А. В., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Обогащения полезных ископаемых	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Козин В. З.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 04.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Иванов Э. Э.

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ОБОГАЩЕНИЮ

Учебное пособие по выполнению курсового проекта

Екатеринбург – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-механического факультета
27 января 2016 г.
Председатель комиссии
_____проф. В.П,Барановский

Иванов Э. Э.

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ОБОГАЩЕНИЮ

Учебное пособие по выполнению курсового проекта

2-е издание, исправленное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2016

УДК 622.7(03)
И20

Рецензент: *Ю. П. Морозов*, профессор кафедры ОПИ (УГГУ)

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры ОПИ от 23.01.2016 (протокол №8) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Иванов Э. Э.

И20 Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие, 2-е издание, исправленное. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2016. 157 с.

В учебном пособии излагаются рекомендации по выполнению курсового проекта, сформулированы требования по содержанию частей проекта и к его оформлению. Пособие разработано в соответствии с программой дисциплины «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению»

УДК 622.7(03)

© Иванов Э. Э., 2004, 2016
© Уральский государственный горный университет, 2004, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
1. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЁМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 6
2. ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЁТАМ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА. 7
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 9
4. НОМЕР И СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ. 9
5. ЦЕЛЬ И СОСТАВ РУДОПОДГОТОВКИ 24
6. РАСЧЁТ СХЕМЫ ДРОБЛЕНИЯ 24
6.1. Режим работы и производительность отделения крупного дробления 24
6.2. Режим работы и производительность отделения среднего и мелкого дробления 25
6.2.1. Складирование крупнодроблёной руды не предусматривается . 25
6.2.2. Складирование крупнодроблёной руды предусмотрено. . . 25
6.2.3. Предусмотрено складирование крупнодроблёной руды за исключением мелочи 25
6.3. Выбор степеней дробления по стадиям 26
6.4. Определение крупности продуктов по стадиям дробления . . . 27
6.5. Определение ширины загрузочных отверстий дробилок по стадиям28
6.6. Определение ширины разгрузочных щелей дробилок 28
6.7. Определение размеров отверстий просеивающей поверхности для грохочения, типа поверхности 29
6.8. Выбор типа грохотов, эффективности грохочения. 30
6.9. Расчёт качественно-количественной схемы 30
7. ВЫБОР И РАСЧЁТ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ДРОБЛЕНИЯ. 37
7.1. Выбор и расчёт дробилок. 37
7.2. Выбор и расчёт грохотов. 41
7.2.1. Выбор и расчёт грохотов для стадии крупного дробления. . . 41
7.2.2. Выбор и расчёт грохотов для среднего и мелкого дробления. . 45
8. РАСЧЁТ СХЕМЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ, ВЫБОР И РАСЧЁТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ 46
8.1. Режим работы отделения измельчения 46

8.2. Расчёт схемы измельчения 48
8.3. Выбор типа мельницы 49
8.4. Расчёт количества мельниц 49
8.5. Выбор оборудования для классификации 53
8.6. Расчёт классифицирующего оборудования 53
8.6.1. Расчёт спиральных классификаторов. 53
8.6.2 .Расчёт гидроциклонов. 56
9. КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ. 59
10. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА 61
11. СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ. 65
11.1.Основы строительной части курсового проекта. 65
11.2. Колонны, связи. 68
11.3. Фахверк. 88
11.4. Фундамент здания 88
11.5. Стены, фундаментные балки. 89
11.6. Покрытия 92
11.7. Ремонтно-монтажная площадка. 98
11.8. Лестницы, двери, ворота. 99
11.9. Полы промышленных зданий. 102
11.10. Фундаменты под технологическое оборудование. 103
11.11. Ленточные конвейеры, галереи 104
11.12. Габарит приближения строений 106
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК . . . . . .
ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . . .
Приложение А (справочное) Гранулометрический состав продуктов. 110
Приложение Б (справочное) Нахождение в таблицах промежуточных значений. 114
Приложение В (справочное) Технические данные дробилок ЩДП . 116
Приложение Г (справочное) Технические данные дробилок ЩДС . 117
Приложение Д (справочное) Технические данные конусных дробилок для крупного дробления 118
Приложение Е (справочное) Технические данные короткоконусных дробилок среднего дробления. 121
Приложение Ж (справочное) Технические данные короткоконусных дробилок для мелкого дробления. 123
Приложение И (справочное) Краткая характеристика грохотов. . 126
Приложение К (справочное) Краткая характеристика мельниц МСЦ. 130
Приложение Л (справочное) Краткая характеристика мельниц МШР. 131
Приложение М (справочное) Краткая характеристика мельниц МШЦ. 133

Приложение Н (справочное) Краткая характеристика спиральных классификаторов КСН. 135
Приложение П (справочное) Краткая характеристика спиральных классификаторов КСП. 137
Приложение Р (справочное) Краткая характеристика гидроциклонов. 138
Приложение С (справочное) Технические данные талей с электродвигателем (тельферов) 139
Приложение Т (справочное) Характеристика мостовых кранов . . 140
Приложение У (справочное) Изображение автосамосвалов. . . . 142
Приложение Ф (справочное) Условное изображение грузоподъёмных средств. 146

ВВЕДЕНИЕ

Для закрепления знаний, полученных при изучении дисциплины «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению», студент выполняет курсовой проект и при этом расширяет свой кругозор, приобретает практические навыки по расчётам схем, выбору и расчёту оборудования, приобретает умение пользоваться специальной литературой и справочными материалами. Курсовое проектирование направлено на подготовку студента к самостоятельному решению практических задач и выполнению дипломного проекта.

Учебным планом отводится шесть недель на выполнение курсового проекта во время аудиторных занятий и три недели на оформление графической части и пояснительной записки (ПЗ).

На проверку преподавателем готового проекта (при одновременном предъявлении чертежей и ПЗ) отводится не менее суток. При выявлении ошибок и недоработок проект возвращается студенту для исправления. Причём в ПЗ изменения приводятся студентом на обратной стороне предыдущей страницы. Таким образом, в развороте ПЗ справа располагается начальное решение, а слева – результаты корректировки. После окончательной проверки преподаватель делает запись: «На защиту».

На кафедре «Обогащение полезных ископаемых» разработаны необходимые рекомендации по защите студентами курсовых, дипломных и прочих выпускных работ и проектов (в редакции Иванова Э. Э.).

Каждый студент при защите своей работы делает доклад в течение приблизительно пяти-семи минут и затем отвечает на вопросы преподавателей и присутствующих. Как правило, все защиты публичные.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЁМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект представляется двумя частями: пояснительной запиской (ПЗ) и графикой.

ПЗ включает разделы:

- цель и состав рудоподготовки;
- расчёт схемы дробления;
- выбор и расчёт основного оборудования в отделении дробления;
- расчёт схемы измельчения;
- выбор и расчёт оборудования для отделения измельчения;
- компоновочные решения.

В данном случае проект является учебным. В исключительных случаях (по указанию преподавателя, одобренная преподавателем инициатива студента, заявка производства) темой курсового проекта может быть решение конкретной практической задачи, в таком случае обязательные разделы в ПЗ указываются руководителем проектирования в задании.

Графическая часть проекта состоит из чертежей схемы цепи аппаратов и качественно-количественной схемы, компоновочного (-ных) чертежа (-ей) одного из корпусов рудоподготовки (по указанию руководителя).

Особенности данного курсового проектирования:

1) в основу положена переработка руды цветных металлов (а именно, медных);

2) расчёты выполняются с помощью «типовых» характеристик крупности; в дипломных и иных работах основой расчётов являются результаты практики обогащения;

3) выполняемые в данном курсовом проекте расчёты приемлемы только на стадии проектирования **Обоснование инвестиций** (технико-экономического обоснования - ТЭО);

4) наименование цеха, для которого студент разрабатывает компоновочный чертёж, определяется преподавателем после составления студентом и объяснения принимаемых решений по схеме цепи аппаратов.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЁТАМ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Пояснительная записка оформляется на листах формата А4 (210х297 мм) в соответствии с ГОСТ 2.104-68 и 2.105-79.

Примечание – *торговый формат может не совпадать с чертёжным*.

2.2. Цвет пасты (чернил) должен быть постоянным по всей ПЗ. Допускается выполнение ПЗ с помощью компьютерной техники.

2.3. Рекомендуемый порядок разделов ПЗ следующий:

-титульный лист;

-содержание;

-задание;

-текст записки;

-список литературы.

2.4. Расчёты надо приводить в ПЗ по форме:

а) ссылка на литературу и общий вид формулы, при этом формула записывается в отдельную строку симметрично тексту и справа указывается в круг-

лых скобках номер формулы. Пояснения каждого символа даются с новой строки и в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения начинается со слова «где» и без двоеточия после него. Пояснения даются в том случае, когда они не пояснены ранее в тексте;

б) пример расчёта для однотипных вариантов расчёта и полный расчёт для неповторяющегося варианта;

в) сводная расчётная таблица;

г) технико-экономическое сравнение вариантов;

д) изложения окончательного решения.

2.5. Точность расчётов:

а) выход продукта (γ, %) – два знака после запятой;

б) массовая доля класса (содержание компонента) (β, %) – один знак после запятой;

в) производительность (Q, т/ч; т/сут.) – в основном три значащие цифры;

д) размеры отверстий просеивающих поверхностей должны соответствовать нормальным машиностроительным рядам **R**10, **R**20… и дополнительным по ГОСТ 6613-86 /15/;

е) округление следует производить в следующих пределах:

± 1мм – размер загрузочных и разгрузочных отверстий (щелей);

± 3мм – размер максимальных кусков, выходящих из дробилки.

Примечание. *После записи какого-либо значения в округлённой форме, т. е. после знака «тильда», следует использовать в дальнейших расчётах и выводах этот параметр только в округлённом виде.*

2.6. В расчётах принимаются следующие обозначения:

n – номер продукта по схеме;

Q_n – масса n-го продукта (производительность), т/ч или т/сут.;

γ_n и γ'_n – выход и частный выход n-го продукта, % или д. ед.;

j – номер стадии дробления (измельчения) /римскими цифрами/;

m – номер операции обогащения /арабскими цифрами/;

i – степень дробления (измельчения), д. ед.;

D – крупность исходного продукта (руды), мм;

d_n – крупность n-го продукта, мм;

a – размер отверстий просеивающей поверхности, мм;

s – размер загрузочной щели дробилки, мм ;

E_m^{-d} – эффективность грохочения в m-ой операции по классу минус d (в общем случае по классу минус a), % или д. ед.;

α^{-d} , β_n^{-d} , β_n^{+d} – массовая доля (содержание) компонента (класса) в исходном или в n- ом продукте, % или д. ед.;

B_j – величина загрузочного отверстия j-ой дробилки, мм;

$B_{j\ кат.}$ – величина загрузочного отверстия j-ой дробилки по каталогу (справочнику), мм;

F – площадь просеивающей поверхности, $м^2$;

V – объём мельниц для измельчения, $м^3$.

2.7. Порядок расчётов: в каждом случае сначала выполняются операции с выходами и показателями, которые выражены как массовые доли, и лишь затем определяются значения производительности по продуктам.

2.8. В тексте ПЗ должны быть ссылки на литературу (в соответствии со списком, приводимым в конце ПЗ), на таблицы, рисунки, разработанные чертежи.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Все расчёты следует записывать в рабочей тетради, неверные результаты аккуратно зачёркивать (ни в коем случае не заливать и не замазывать!!!). Сама рабочая тетрадь должна быть подписана студентом (группа, ф. и. о.).

В начале рабочей тетради на развороте страниц должна располагаться рассчитываемая схема рудоподготовки, а на следующем развороте – расчётная таблица выходов продуктов и соответствующих производительностей. На рисунке надо подготовить выноски-клеточки.

Все получающиеся расчётные данные необходимо ***сразу же*** заносить в расчётную таблицу и отмечать на рисунке.

Основные сведения по определению гранулометрического состава продуктов приведены в Приложении А, рекомендации по нахождению в таблицах промежуточных значений расположены в приложении Б.

При заполнении расчётной таблицы необходимо следить за тем, чтобы каждый продукт был под одним и тем же названием в левой («поступает») и в правой («выходит») половинах таблицы. При этом название продукта должно быть идентичным указанному в тексте.

Выходящий из дробилки продукт называют или дроблёным или разгрузкой дробилки, или продуктом дробления. Конечный продукт j-ой стадии дробления называют дроблёной рудой или дроблёным продуктом j-ой стадии дробления.

Пример выполнения ПЗ представлен методическими указаниями /9/.

4. НОМЕР И СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Номер задания указывается преподавателем, Содержание задания приведено в табл. 1, 2 и 3. Дополнительные данные по заданию размещены в табл. 4, 5, 6, 7, 8, 9 и на рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Таблица 1

Исходные данные. Сведения по отделению рудоподготовки

№ задания	Производительность фабрики, млн. т/год	Район расположения в России	Номер схемы рудоподготовки по рисунку 1-10	Крупность питания		Влажность руды, %
				мельниц, мм	отделения флотации β^{-71}, %	
1	3,5	Север	1	8	60	7
2	4,0	Юг	2	10	58	5
3	5,0	Север	3	8	55	4
4	3,0	Ср. полоса	4	12	48	7
5	12,0	Юг	5	15	60	5
6	10,0	Север	6	12	65	9
7	8,0	Ср. полоса	7	10	55	6
8	0,6	Юг	8	10	58	11
9	4,0	Север	9	12	64	7
10	5,0	Ср. полоса	10	12	62	5
11	7,0	Юг	10	15	66	3
12	10,0	Север	9	15	54	10
13	6,0	Ср. полоса	8	8	55	5
14	10,0	Юг	7	10	60	6
15	7,5	Север	6	15	60	2
16	3,5	Ср. полоса	5	12	67	7
17	9,0	Юг	4	10	47	10
18	5,0	Север	3	8	50	10
19	14,0	Ср. полоса	2	10	66	7
20	7,5	Юг	1	10	61	12
21	9,0	Юг	5	12	60	5
22	2,0	Ср. полоса	7	8	60	7
23	1,5	Юг	9	12	57	4
24	0,2	Север	10	12	64	4
25	2,2	Ср. полоса	1	10	60	3
26	7,0	Север	3	10	68	13
27	22,0	Юг	8	10	65	2
28	13,0	Ср. полоса	2	12	59	2
29	3,3	Юг	6	8	56	3

Продолжение табл. 1

№ задания	Производительность фабрики, млн.т/год	Район расположения в России	Номер схемы рудоподготовки по рисунку 1-10	Крупность питания		Влажность руды, %
				мельниц, мм	отделения флотации β^{-71}, %	
30	8,5	Север	4	15	62	4
31	2,7	Ср. полоса	4	12	67	5
32	5,2	Север	6	10	56	6
33	1,8	Север	2	15	62	7
34	11,2	Ср. полоса	8	12	60	10
35	3,0	Юг	10	10	64	9
36	6,0	Ср. полоса	1	8	60	11
37	4,7	Юг	3	10	70	4
38	2,3	Ср. полоса	9	12	63	4
39	0,6	Север	5	15	59	7
40	4,7	Юг	7	8	62	9
41	2,3	Ср. полоса	5	12	60	9
42	0,6	Север	6	10	63	6
43	12,0	Юг	3	8	60	6
44	10,0	Ср. полоса	8	12	56	4
45	2,8	Север	10	12	67	4
46	3,9	Юг	2	10	60	4
47	22,0	Ср. полоса	1	10	60	4
48	9,0	Ср. полоса	4	8	63	3
49	1,5	Север	7	15	59	3
50	2,0	Юг	9	10	57	2
51	1,5	Север	7	8	65	4
52	2,0	Ср. полоса	8	8	60	5
53	2,5	Юг	6	8	68	3
54	3,0	Север	9	8	66	7
55	4,0	Ср. полоса	1	10	63	5
56	5,0	Юг	10	10	60	9
57	14,0	Север	5	10	65	6
58	2,5	Ср. полоса	2	10	58	11
59	13,0	Юг	3	12	65	7
60	4,5	Север	4	8	60	5
61	3,0	Ср. полоса	3	12	60	3
62	11,0	Юг	4	15	63	3
63	5,0	Север	5	15	61	5
64	6,0	Ср. полоса	6	12	58	6
65	7,0	Юг	10	12	55	6
66	8,0	Север	2	10	62	10

Окончание табл. 1

№ задания	Производительность фабрики, млн.т/год	Район расположения в России	Номер схемы рудоподготовки по рис. 1-10	Крупность питания		Влажность руды, %
				мельниц, мм	отделения флотации β^{-71}, %	
67	9,0	Ср. полоса	10	12	62	10
68	7,0	Юг	9	10	56	10
69	8,0	Север	7	10	60	7
70	12,0	Ср. полоса	8	12	63	13
71	10,0	Юг	10	12	60	15
72	8,0	Север	2	12	60	4
73	6,0	Ср. полоса	3	15	60	4
74	18,0	Юг	7	8	58	9
75	24,0	Север	8	10	64	3
76	1,2	Ср. полоса	9	10	60	3
77	2,0	Юг	10	15	63	12
78	25,0	Ср. полоса	4	10	66	2
79	4,5	Север	5	10	66	3
80	3,0	Юг	6	8	58	4
81	3,5	Север	4	12	61	2
82	4,6	Ср. полоса	8	8	61	3
83	2,2	Юг	3	8	64	3
84	2,5	Север	9	10	58	8
85	3,7	Ср. полоса	10	12	62	14
86	4,0	Юг	7	12	62	4
87	4,5	Север	2	15	56	2
88	5,5	Ср. полоса	5	15	60	6
89	5,8	Юг	6	12	60	6
90	6,5	Север	1	15	59	9
91	27,0	Ср. полоса	2	12	58	9
92	13,0	Юг	4	12	60	7
93	4,0	Север	6	12	47	4
94	11,0	Ср. полоса	8	8	53	4
95	10,0	Юг	10	10	55	11
96	1,0	Север	5	10	57	9
97	6,0	Ср. полоса	7	10	58	10
98	15,0	Юг	1	15	58	7
99	10,0	Север	3	15	62	6
100	8,0	Ср. полоса	9	12	66	5

Примечание. Средняя полоса (ср. полоса) территории России ограничена двумя линиями, первая из которых проводится условно через Кемь-Сыктывкар-Екатеринбург-Омск-Новосибирск-Черемхово-Благовещенск-Петропавловск-на-Камчатке, а вторая через Клайпеду-Вильнюс-Брянск-Орёл-Харьков-Волгоград-Гурьев-Аральск-Балхаш.

Таблица 2

Исходные данные. Качество руды

№ задания	Гранулометрический состав руды (номер по табл. 5)	Крепость руды по Протодьяконову f, ед.	Плотность ρ, т/м^3	Измельчаемость $k_{изм.}$, д. ед.	Максимальная крупность руды $D_{макс.}$, мм	Масс. доля в дроблёной руде класса β^{-71}, %
1	7	12-16	3,95	1,0	450	12
2	2	6-10	4,4	1,4	500	14
3	3	10-13	2,9	0,8	550	10
4	5	16-18	3,2	1,6	600	6
5	4	12-14	4,2	1,1	650	10
6	6	10-14	4,9	1,3	700	18
7	8	13-15	3,7	0,7	750	5
8	0	5-10	3,4	0,9	800	15
9	8	12-15	3,2	1,7	900	8
10	0	12-14	3,5	1,2	1000	9
11	2	10-14	3,8	1,6	1100	11
12	0	12-14	3,2	1,8	1200	6
13	8	8-11	2,85	1,3	600	12
14	8	16-20	3,65	1,0	900	5
15	4	8-12	4,0	1,6	700	15
16	3	10-12	4,6	1,2	500	10
17	5	14-16	5,5	1,0	600	3
18	6	16-18	4,1	0,7	700	2
19	8	6-9	3,0	0,9	800	10
20	9	12-15	3,0	1,9	1100	8
21	9	14-16	3,5	1,0	1200	9
22	2	10-12	4,8	1,2	700	5
23	2	16-18	3,7	1,3	1100	5
24	0	10-12	3,3	1,4	900	7
25	6	16-19	3,1	0,9	1200	3
26	4	8-10	4,2	1,1	800	15
27	7	6-10	3,0	1,4	700	13
28	2	18-20	3,8	1,2	600	14
29	5	11-14	3,5	1,0	1200	6
30	3	8-12	3,0	0,7	1100	4
31	1	7-9	3,4	1,1	1000	12
32	6	16-18	2,8	1,5	600	5
33	3	17-20	4,2	1,8	700	12
34	0	19-21	3,8	1,1	900	12
35	8	16-20	5,1	0,7	800	12

Продолжение табл. 2

№ задания	Гранулометрический состав руды (номер по табл. 5)	Крепость руды по Протодьяконову f, ед.	Плотность ρ, т/м^3	Измельчаемость $k_{изм.}$, д. ед.	Максимальная крупность руды $D_{макс.}$, мм	Масс. доля в дроблёной руде класса β^{-71}, %
36	1	8-10	2,8	1,8	600	15
37	4	6-9	3,1	2,1	700	11
38	0	6-12	4,7	1,9	1000	15
39	5	8-13	3,9	1,7	700	11
40	0	19-21	3,1	1,1	700	7
41	2	14-18	3,4	1,1	800	16
42	3	8-11	3,4	1,3	800	4
43	6	10-14	3,1	1,3	750	4
44	0	10-13	2,9	1,0	950	14
45	8	12-16	2,9	1,0	1200	7
46	1	12-15	3,0	1,2	1000	7
47	4	8-12	3,9	1,0	800	8
48	5	17-19	3,45	0,8	700	4
49	2	17-19	3,25	0,9	1000	12
50	8	18-21	3,05	1,2	700	13
51	2	12-14	3,6	1,2	500	15
52	8	16-20	3,4	1,0	500	12
53	1	8-10	4,7	1,6	550	20
54	0	8-14	2,9	1,1	600	14
55	6	10-12	3,0	0,8	600	7
56	0	17-20	3,0	0,6	700	4
57	4	12-15	3,0	0,6	450	13
58	6	14-18	3,2	0,8	500	5
59	7	10-15	3,2	1,0	700	8
60	2	7-10	3,4	1,1	500	10
61	3	17-20	3,6	0,9	800	4
62	5	12-14	3,6	1,2	900	13
63	9	10-14	3,8	1,6	700	17
64	4	13-16	3,8	1,6	1000	9
65	8	14-18	3,55	1,3	900	6
66	6	8-10	3,55	1,0	1000	10
67	2	7-9	3,3	1,8	1200	17
68	0	14-18	3,0	1,1	900	4
69	0	10-13	3,15	0,9	800	10
70	1	11-15	3,6	0,9	900	12
71	8	8-9	3,2	1,1	1000	21
72	6	9-10	3,8	1,5	1200	13

Окончание табл. 2

№ задания	Гранулометрический состав руды (номер по табл. 5)	Крепость руды по Протодьяконову f, ед.	Плотность ρ, т/м^3	Измельчаемость $k_{изм.}$, д. ед.	Максимальная крупность руды $D_{макс.}$, мм	Масс. доля в дроблёной руде класса β^{-71}, %
73	4	16-20	3,0	1,0	1200	5
74	2	16-20	3,4	0,9	1000	3
75	8	13-17	3,0	1,1	1100	8
76	2	10-14	3,7	1,3	700	10
77	0	12-14	4,5	1,0	850	10
78	8	8-10	4,2	1,0	650	16
79	7	16-19	4,0	0,8	800	15
80	8	11-12	3,8	1,2	900	9
81	2	7-10	3,5	1,0	400	16
82	0	10-12	3,0	1,0	500	15
83	9	10-14	2,9	1,0	550	4
84	2	15-19	3,3	0,8	600	8
85	8	15-19	3,5	0,9	650	7
86	0	10-12	4,2	0,8	700	6
87	4	13-15	4,0	0,7	750	2
88	5	16-18	3,85	1,0	800	10
89	3	8-10	3,25	1,6	900	12
90	6	18-20	3,4	1,1	1000	16
91	1	15-16	4,0	1,2	700	9
92	4	12-13	3,5	0,7	900	9
93	7	12-15	3,45	1,0	900	10
94	2	13-17	3,4	1,4	800	10
95	8	10-14	3,4	1,5	900	5
96	9	6-11	4,1	0,6	1000	11
97	0	6-9	3,4	1,7	900	12
98	6	18-20	4,7	1,6	1000	13
99	3	15-17	3,3	1,0	1100	4
100	8	11-13	3,0	1,2	700	6

Таблица 3

Исходные данные. Условия работы эталонной мельницы

№ задания	Типоразмер мельницы	Крупность питания $d_{эт.}$, мм	Массовая доля кл. –71мкм, % в		Производительность, Q, т/ч	Уд. производительность по кл. –71мкм, q^{-71}, т/(ч·м^3)
			питании, $\alpha_{эт.}$	сливе, $\beta_{эт.}$		
1	МШР 3200х3200	-18+0	4	59	-	2.05
2	МШР 3200х3200	-15+0	6	56	-	0,88
3	МШЦ 2700х3600	-10+0	10	50	43,2	-

Продолжение табл. 3

№ задания	Типоразмер мельницы	Крупность питания $d_{эт.}$, мм	Массовая доля кл. –71мкм, % в		Производительность, Q, т/ч	Уд. производительность по кл. –71мкм, q^{-71}, т/(ч·м^3)
			питании, $\alpha_{эт.}$	сливе, $\beta_{эт.}$		
4	МШЦ 2700х3600	-12+0	5	40	26,0	-
5	МШР 2100х3000	-20+0	15	42	32,4	-
6	МШЦ 2100х2200	-15+0	10	44	15,3	-
7	МШЦ 1500х3000	-18+0	7	47	-	1,45
8	МШЦ3200х4500	-10+0	14	48	-	1,55
9	МШЦ 3200х3100	-18+0	3	48	-	0,72
10	МШЦ 2100х2200	-25+0	7	52	-	0,94
11	МШЦ 2100х3000	-17+0	14	54	14,5	-
12	МШЦ 1200х2400	-30+0	14	54	7,2	-
13	МШР 2100х3000	-20+0	6	56	-	0,96
14	МШР 2100х2200	-30+0	12	62	-	0,84
15	МШР 2100х1500	-24+0	15	55	10,5	-
16	МШР 2100х1500	-12+0	6	46	13,2	-
17	МШР 2700х2100	-14+0	6	56	-	1,52
18	МШР 2700х2700	-40+0	12	57	-	1,14
19	МШР 270хх3600	-35+0	12	47	51,5	-
20	МШР 2700х2100	-20+0	15	53	25,6	-
21	МШЦ1500х3000	-10+0	15	48	-	1,18
22	МШЦ 2100х2200	-14+0	11	56	-	0,97
23	МШЦ 2100х3000	-30+0	6	60	10,2	-
24	МШЦ3200х3100	-30+0	7	40	-	0,77
25	МШЦ 3200х4500	-25+0	9	51	62,3	-
26	МШЦ 2700х3600	-20+0	5	42	-	0,88
27	МШЦ 2700х3600	-17+0	10	42	34	-
28	МШЦ 2100х3000	-15+0	4	52	30	-
29	МШЦ 1500х3000	-35+0	5	55	15	-
30	МШЦ 2100х2200	-40+0	2	40	3,0	-
31	МШЦ1200х2400	-25+0	3	48	3,2	-
32	МШЦ 900х1800	-18+0	2	52	1,2	-
33	МШЦ 1200х2400	-20+0	3	51	8,4	-
34	МШР 2100х2200	-34+0	9	56	29	-
35	МШР 2100х3000	-22+0	8	56	40	-
36	МШЦ 900х1800	-24+0	10	50	-	0,73
37	МШЦ 1200х2400	-12+0	12	62	-	0,66
38	МШЦ1500х3000	-11+0	11	55	5,8	-
39	МШЦ 2100х2200	-15+9	15	46	20,2	-
40	МШР 2100х2200	-32+0	3	45	-	1,05
41	МШЦ 900х1800	-20+0	8	42	-	1,02

Продолжение табл. 3

№ задания	Типоразмер мельницы	Крупность питания $d_{эт.}$, мм	Массовая доля кл. –71мкм, % в		Производительность, Q, т/ч	Уд. производительность по кл. –71мкм, q^{-71}, т/(ч·м^3)
			питании, $\alpha_{эт.}$	сливе, $\beta_{эт.}$		
42	МШР 1200х1200	-26+0	5	40	4,18	-
43	МШЦ 2700х3600	-18+0	8	42	52,0	-
44	МШР 2700х3600	-18+0	5	44	-	1,07
45	МШР 2700х2100	-16+0	8	46	-	1,31
46	МШЦ 1500х3000	-16+0	5	48	11,18	-
47	МШР 2700х2100	-14+0	8	50	23,36	-
48	МШЦ 1200х2400	-10+0	10	52	-	1,42
49	МШР 2700х2100	-10+0	10	54	-	1,24
50	МШЦ 2700х3600	-10+0	6	56	21,5	-
51	МШЦ 2700х3600	-28+0	4	40	-	1,2
52	МШР 2700х3600	-18+0	8	42	-	1,2
53	МШР 2700х3600	-20+0	4	44	-	1,8
54	МШЦ 2700х3600	-10+0	8	46	-	1,0
55	МШЦ 2700х3600	-22+0	4	48	-	1,0
56	МШР 2700х3600	-22+0	8	56	-	0,9
57	МШР 2700х3600	-12+0	10	52	-	0,8
58	МШЦ 2700х3600	-14+0	13	54	-	1,0
59	МШЦ 2700х3600	-12+0	13	56	-	1,1
60	МШР 2700х3600	-17+0	10	58	-	1,3
61	МШР 2700х3600	-40+0	5	60	-	1,5
62	МШЦ 2700х3600	-40+0	5	62	-	1,2
63	МШЦ 2700х3600	-35+0	5	64	-	1,1
64	МШР 2700х3600	-35+0	9	66	-	1,0
65	МШР 2700х3600	-25+0	8	64	-	1,0
66	МШЦ 2700х3600	-25+0	9	62	-	1,6
67	МШЦ 2700х3600	-20+0	8	60	-	1,6
68	МШР 2700х3600	-20+0	11	58	-	1,0
69	МШР 2700х3600	-17+0	7	56	-	1,2
70	МШЦ 2700х3600	-17+0	11	54	-	1,4
71	МШЦ 2700х3600	-28+0	7	52	-	1,0
72	МШР 2700х3600	-10+0	15	50	-	0,5
73	МШЦ 2700х3600	-8+0	15	45	-	0,9
74	МШЦ 2700х3600	-8+0	13	47	62,8	-
75	МШЦ 2700х3600	-6+0	12	51	93,4	-
76	МШР 2700х3600	-6+0	11	53	48,3	-
77	МШР 2700х3600	-8+0	13	49	55,5	-
78	МШЦ 2700х3600	-12+0	10	50	-	1,0
79	МШЦ 2700х3600	-18+0	10	45	-	1,4

Окончание табл. 3

№ задания	Типоразмер мельницы	Крупность питания $d_{эт.}$, мм	Массовая доля кл. –71мкм, % в		Производительность, Q, т/ч	Уд. производительность по кл. –71мкм, q^{-71}, т/(ч·м^3)
			питании, $\alpha_{эт.}$	сливе, $\beta_{эт.}$		
80	МШР 2700х3600	-28+0	4	40	-	1,2
81	МШР 2100х2200	-14+0	4	43	-	1,4
82	МШЦ 2100х2200	-20+0	7	46	51,3	-
83	МШЦ 2100х2200	-15+0	3	49	44,8	-
84	МШР 2100х2200	-20+0	9	52	-	1,0
85	МШЦ 2100х2200	-32+0	6	58	-	0,8
86	МШЦ 2100х2200	-12+0	4	55	88,0	-
87	МШЦ 2100х2200	-30+0	8	61	-	1,2
88	МШР 2100х2200	-40+0	10	58	-	0,7
89	МШР 2100х2200	-40+0	4	40	-	1,6
90	МШЦ 2100х2200	-36+0	6	44	-	0,8
91	МШЦ 2100х2200	-28+0	8	48	-	1,8
92	МШР 2100х2200	-20+0	10	52	45,6	-
93	МШР 2100х2200	-34+0	4	56	37,8	-
94	МШЦ 2100х2200	-26+0	6	60	-	1,2
95	МШЦ 2100х2200	-20+0	8	64	21,5	-
96	МШР 2100х2200	-15+0	10	40	18,6	-
97	МШР 2100х2200	-12+0	4	45	-	1,8
98	МШЦ 2100х2200	-20+0	6	50	45,0	-
99	МШЦ 2100х2200	-28+0	8	55	-	0,7
100	МШР 2100х2200	-30+0	10	60	34,2	-

Таблица 4

Классификация обогатительных фабрик по величине производительности

Категория фабрики по величине производительности	Производительность Q			Международная классификация	
	МЧМ $1\cdot10^6$ т/год	**МЦМ** (медная)		группа	Q , млн. т/год
		$1\cdot10^6$ т/год	т/сут.		
1-я категория (малая)	Менее 15	Менее 0,5	Менее1,5	D	Менее 0,3
				E	0,3 – 0,5
2-я категория (средняя)	15 – 30	0,5 – 3,0	1,5 – 9,0	C	0,5 – 1,0
				B	1,0 – 3,0
3-я категория (большая)	30 – 45	3,0 – 9,0	9,0 – 27	A	Более 3,0
4-я категория (весьма большая)	Свыше 45	Более 9,0	Более 27		

Таблица 5

Гранулометрический состав исходной руды, %

Класс, доли макс. крупности руды, $D_{макс}$	Номер характеристики крупности по заданию									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Выход класса									
-1,000+0,750	5	8	3	12	5	40	2	9	20	7
-0,750+0,500	10	20	3	15	18	10	5	6	5	15
-0,500+0,250	13	8	5	23	10	15	51	20	10	18
-0,250+0,125	17	29	9	20	45	16	34	35	3	30
-0,125+0,000	55	35	80	30	22	19	8	30	62	30

Таблица 6

Классификация руд по крепости

Категория руды	Коэффициент крепости по Протодъяконову М.М., f	
	МЦМ	**МЧМ**
Мягкая	Менее 10	Менее 12
Средняя	10 – 14	12 – 18
Твёрдая	14 – 18	18 – 22
Весьма твёрдая	Более 18	Более 22

Таблица 7

Крупность руды ($D_{макс}$, мм) и характер горных работ

Категория фабрики по величине производительности	Открытые горные работы	Подземный способ добычи
Малая	500 – 600	250 – 350
Средняя	700 – 1000	400 – 500
Большая	900 – 1200	600 – 700
Весьма большая	Более 1200	-

Таблица 8

Режим подачи руды на фабрику

Категория фабрики по производительности	Отрасль	Характер рабочей недели	Количество смен в сутки	Продолжительность смены, ч	Количество рабочих дней в год при расположении фабрики в районе России		
					северном	среднем	южном
Способ добычи – **ПОДЗЕМНЫЙ**							
	МЦМ		2	7	305		
	МЧМ		3	6			
Способ добычи руды – **ОТКРЫТЫЙ**							
Малая и средняя	МЦМ	5 дней в неделю	2 или 3	7	247	255	259

Окончание табл. 8

Категория фабрики по произв-ти	Отрасль	Характер рабочей недели	Количество смен в сутки	Продолжи-тельность смены, ч	Кол-во рабочих дней в год при расположении фабрики в районе России		
					северном	среднем	южном
Большая и весьма большая, а также ОФ Заполярья		7 дней в неделю	3	7	340	340	340
	МЧМ	7 дней в неделю	3	7	346		

Примечание: 1) цифры соответствуют руде средней крепости;

2) при подземном способе добычи крепость руды не учитывается;

3) средние районы России расположены между линиями Кемь-Сыктывкар –Екатеринбург-Омск-Новосибирск-Черемхово-Благовещенск-Петропавловск-на-Камчатке и Клайпеда- Вильнюс- Брянск- Орёл- Харьков- Волгоград- Гурьев- Аральск- Балхаш

Таблица 9

Расчётный фонд рабочего времени оборудования

Наименование подразделений фабрики	Машинное время				
	часов в год	дней в год	продолжи-тельность смены, ч	Кол-во смен в сутки	рабочая неделя (дней)
1. Отделение крупного дробления	По графику подачи руды (табл. 8)				
2. Отделение среднего и мелкого дробления 2.1 **Нет** складирования крупнодробленой руды	По режиму отделения крупного дробления				
2.2 Крупнодробленая руда складируется					
2.2.1	2135	305	7	1	5
2.2.2	4270	305	7	2	5
2.2.3	6406	305	7	3	6
2.2.4	7266	346	7	3	7
3. Оборудование по загрузке склада крупнодробленой руды	По режиму отделения крупного отделения				
4. Оборудование по разгрузке склада крупнодробленой руды	По режиму отделения среднего и мелкого дробления				
5. Оборудование по загрузке склада мелкодробленой руды	То же				
6. Отделение измельчения, включая оборудование по разгрузке склада мелкодроб. руды					
6.1. Измельчение традиционное и рудногалечное одна стадия	8235	343	8	3	7
две и более стадии	8060	336	8	3	7
6.2. Самоизмельчение					
МЦМ	Обосновывается проектом при любом количестве стадий измельчения				
МЧМ: одна стадия	7800-	325-341	8	3	7
две и более	8191	325-341	8	3	7

Примечание. Для отделения самоизмельчения МЧМ режим принимается с учётом крепости руды и срока службы футеровки

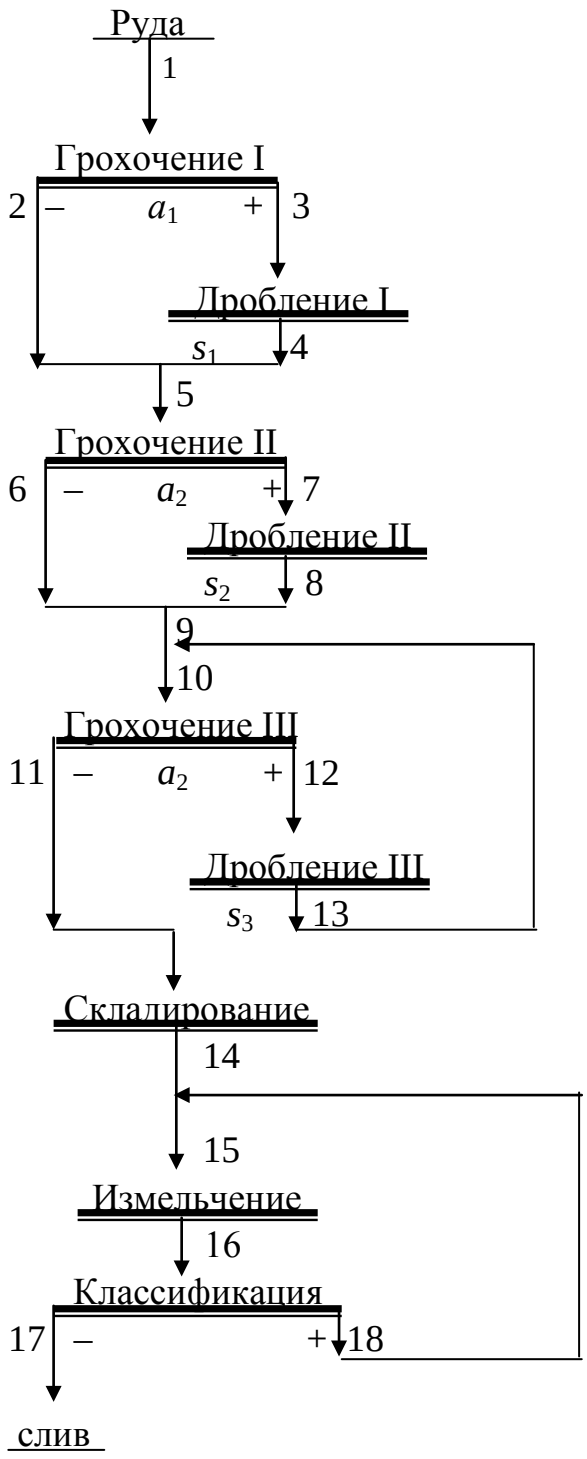


Рис. 1. – Схема рудоподготовки № 1:
1 – 18 – номера продуктов обогащения.

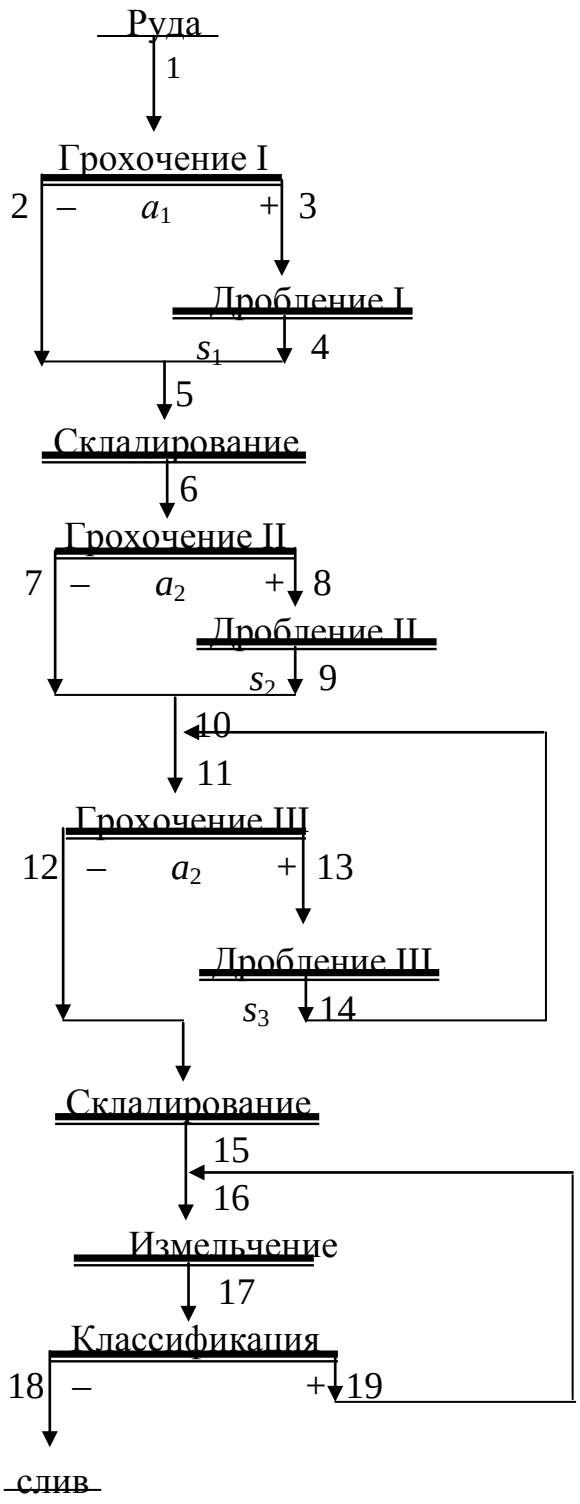


Рис. 2. – Схема рудоподготовки № 2:
1 – 19 – номера продуктов обогащения.

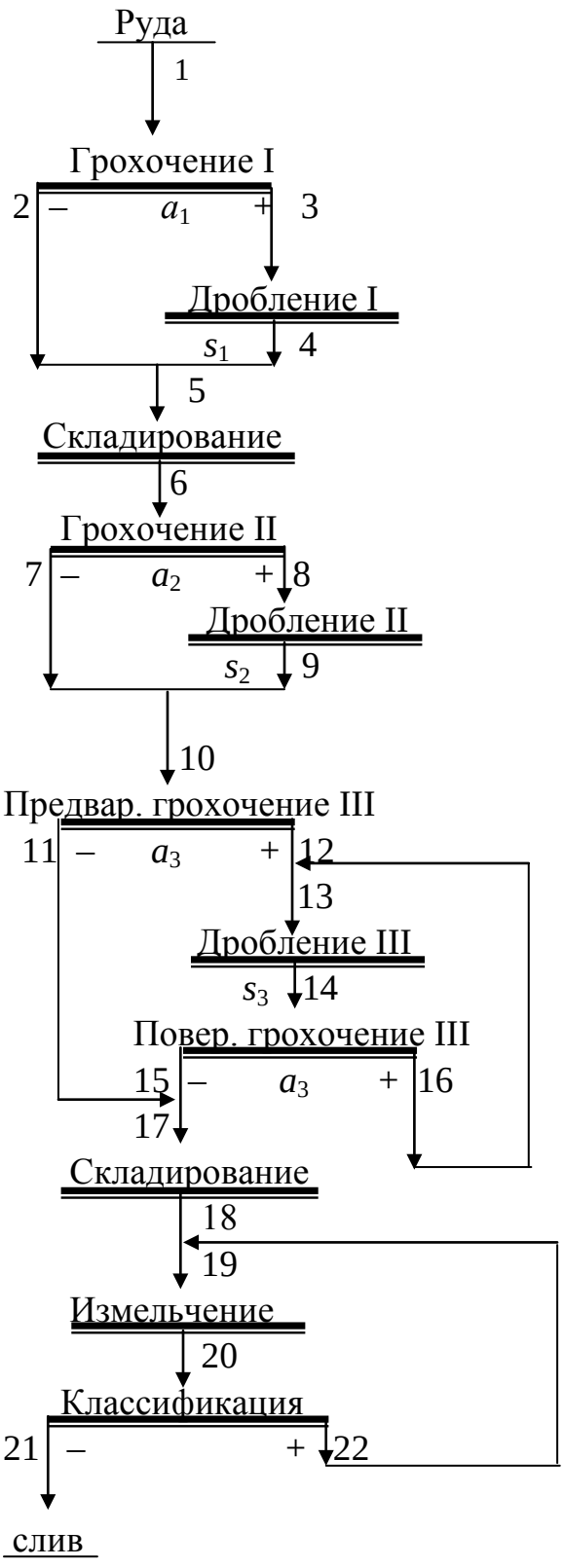


Рис. 3. – Схема рудоподготовки № 3:
1 – 22 – номера продуктов обогащения.

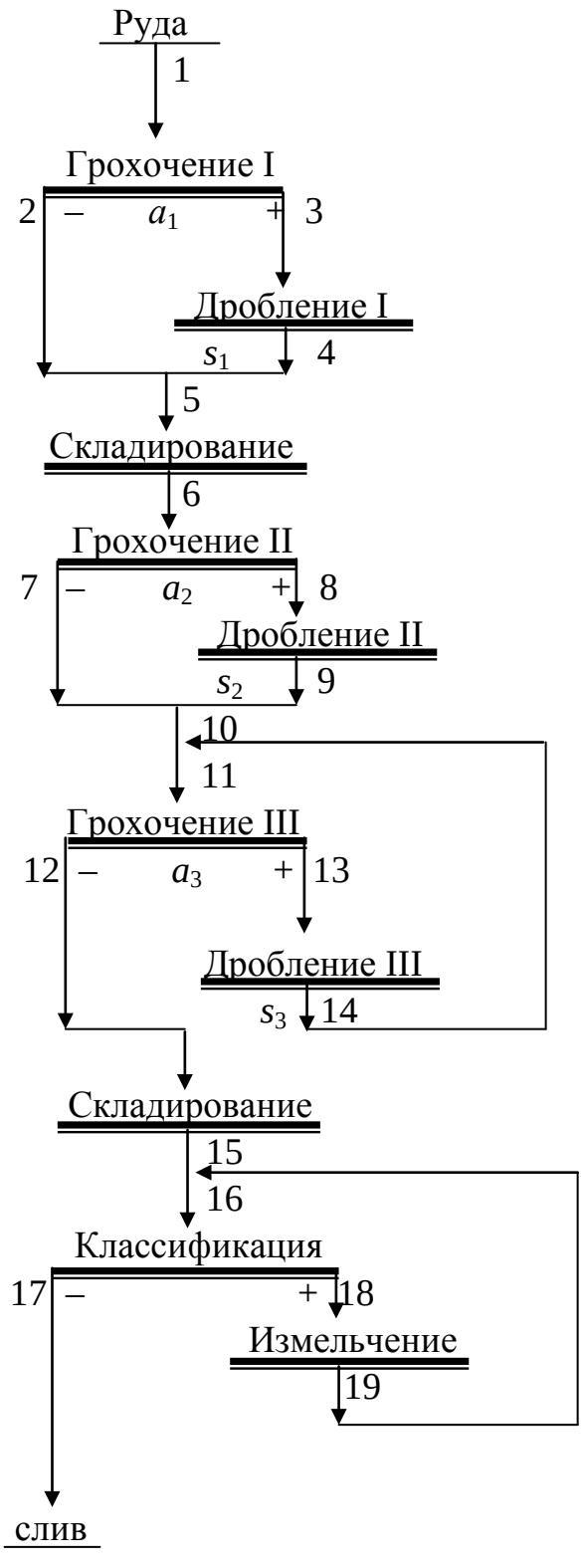


Рис. 4. – Схема рудоподготовки № 4:
1 – 19 – номера продуктов обогащения.

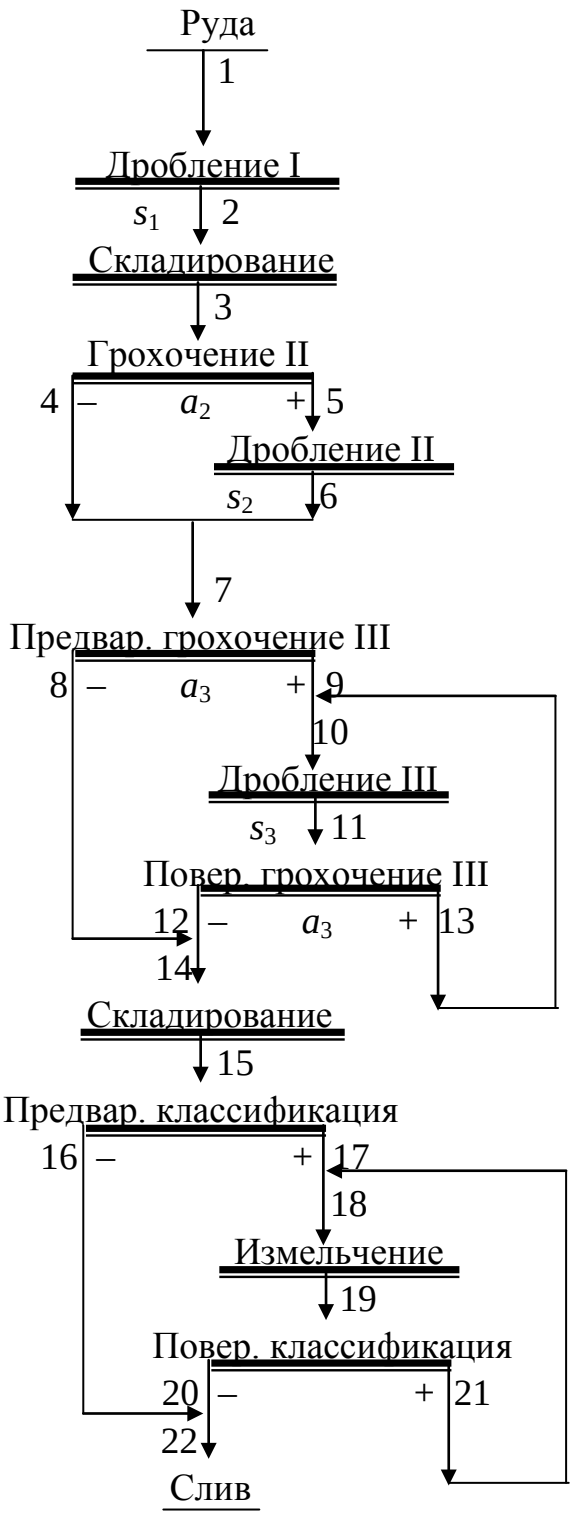


Рис. 5. – Схема рудоподготовки № 5:
1 – 22 – номера продуктов обогащения.

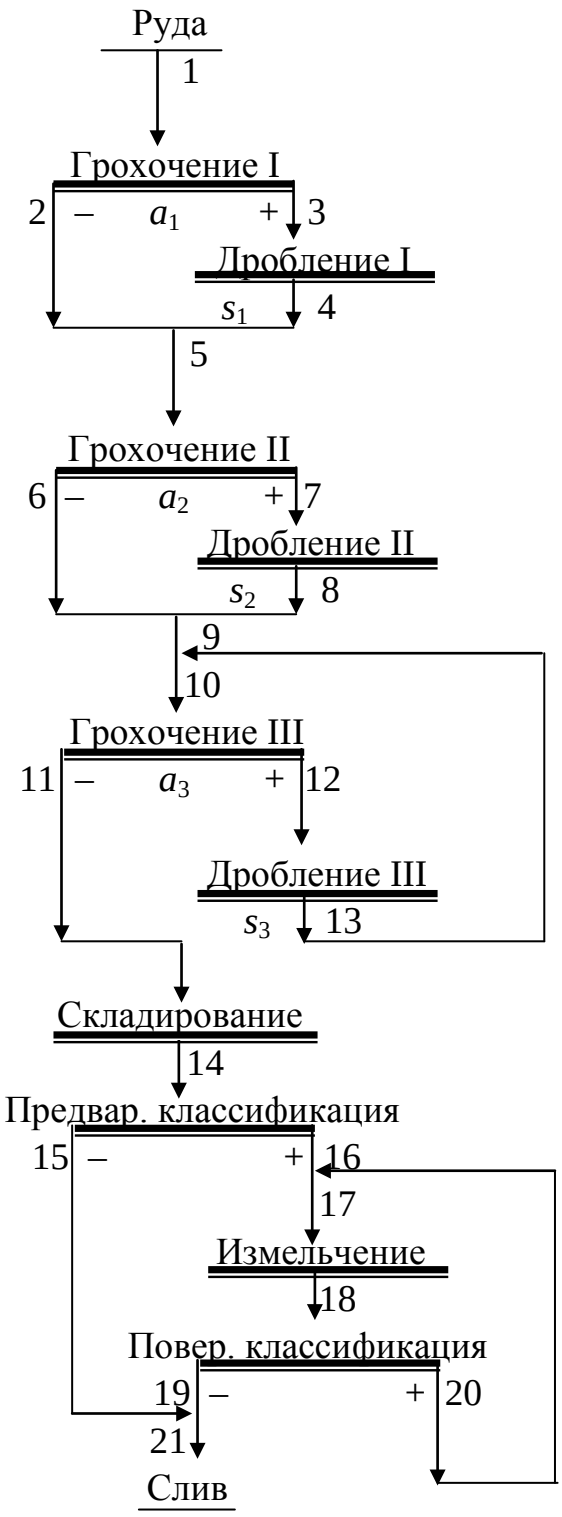


Рис. 6. – Схема рудоподготовки № 6:
1 – 21 – номера продуктов обогащения.

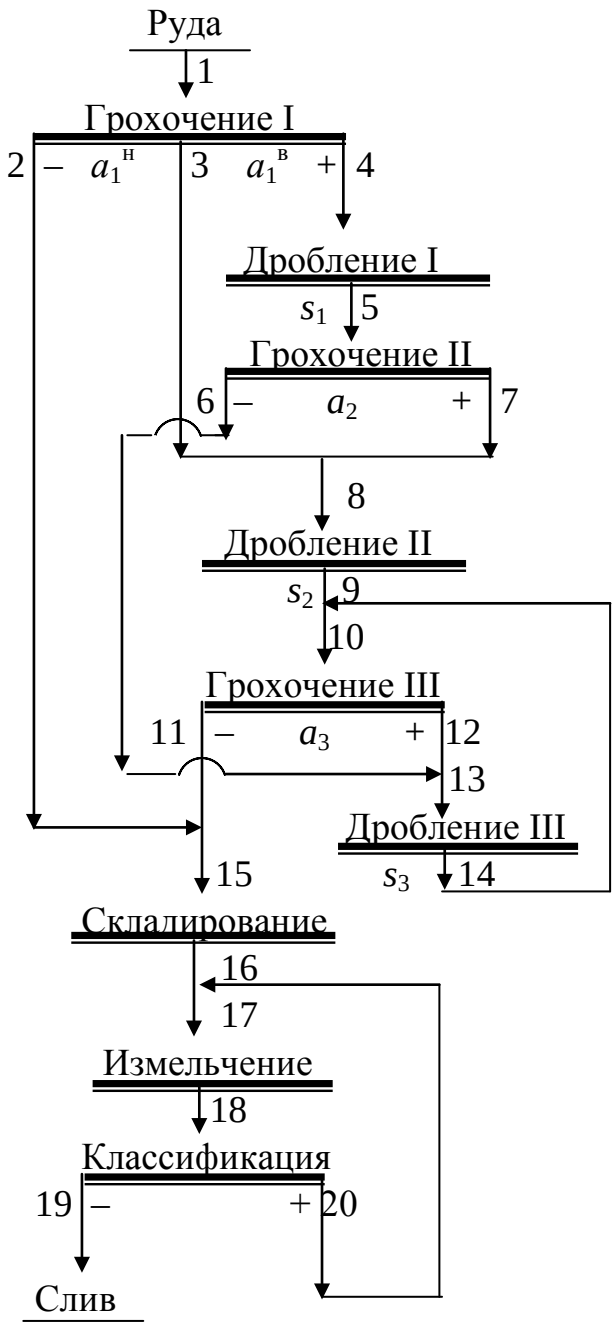


Рис. 7. – Схема рудоподготовки № 7:
1 – 20 – номера продуктов обогащения
$a_1^н$ – номер нижней сетки
$a_1^в$ – номер верхней сетки.

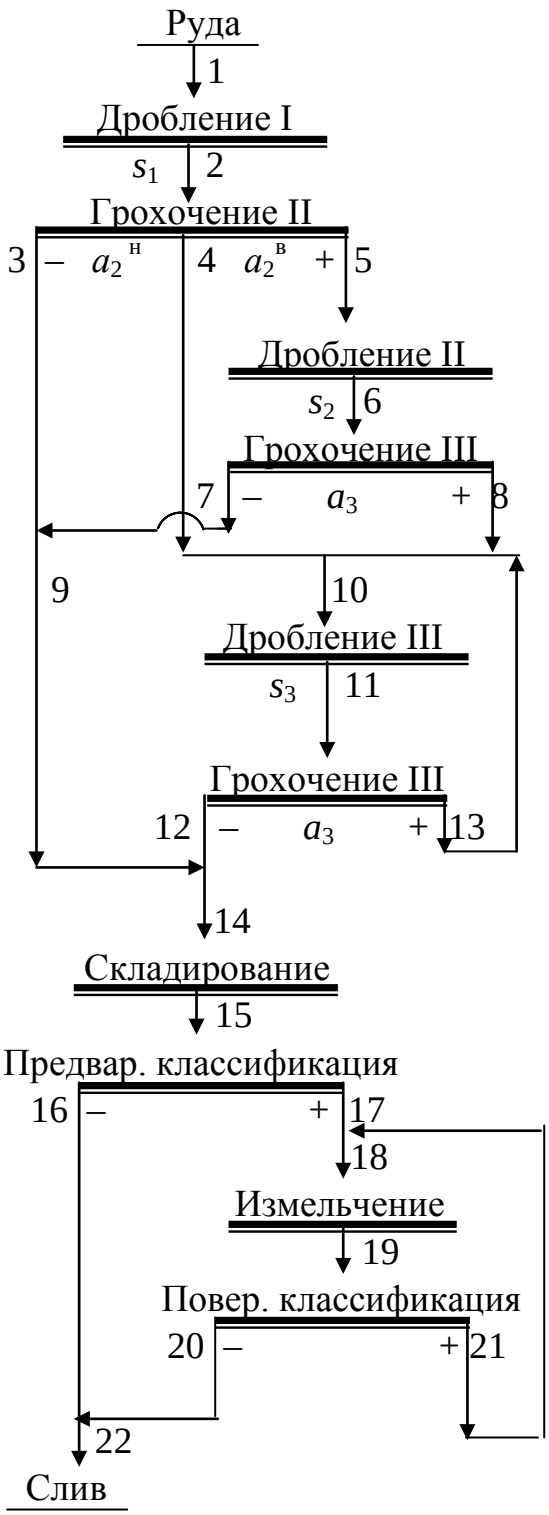


Рис. 8. – Схема рудоподготовки № 8:
1 – 22 – номера продуктов обогащения
$a_2^в$ – номер нижней сетки
$a_2^в$ – номер верхней сетки.

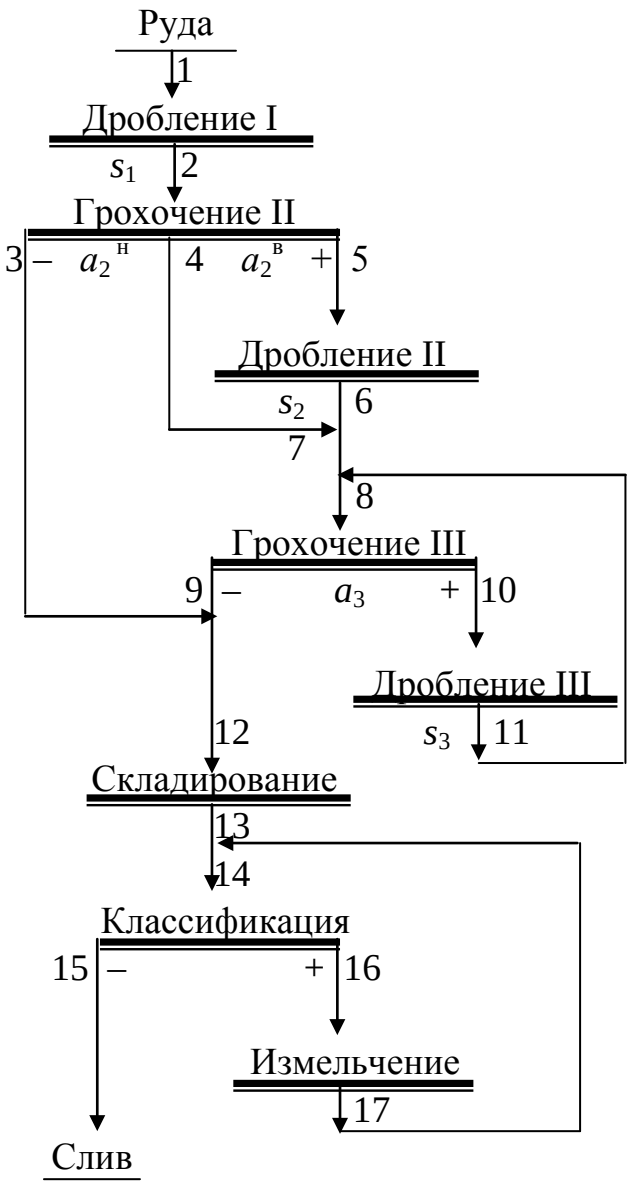


Рис. 9. – Схема рудоподготовки № 9:
1 – 17 – номера продуктов обогащения
$a_2^{в}$ – номер нижней сетки
$a_2^{в}$ – номер верхней сетки.

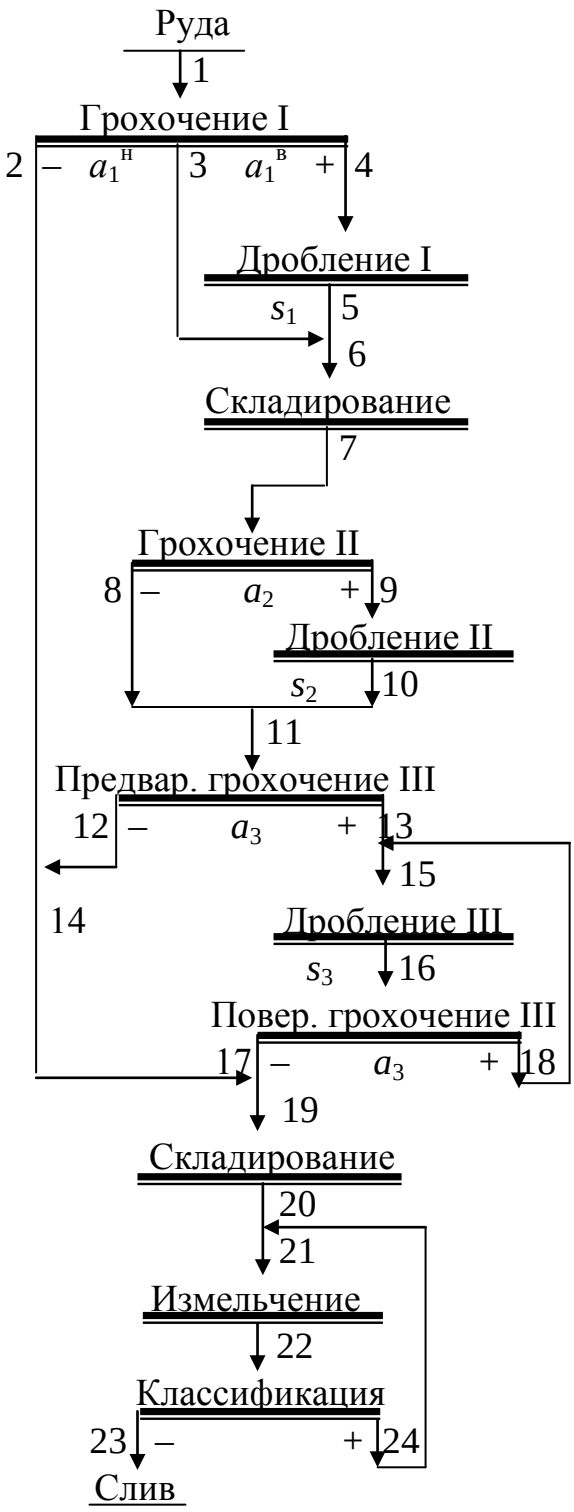


Рис. 10. – Схема рудоподготовки № 10:
1 – 24 – номера продуктов обогащения
$a_1^{н}$ – номер нижней сетки
$a_1^{в}$ – номер верхней сетки.

5. ЦЕЛЬ И СОСТАВ РУДОПОДГОТОВКИ

В первую очередь надо провести анализ всех данных задания и сформулировать цель рудоподготовки: для чего и для каких процессов обогащения подготавливается руда.

Затем необходимо охарактеризовать фабрику по величине производительности (табл. 4), привести обобщённую характеристику руды по всем основным свойствам – влажности, крепости, гранулометрическому составу и пр. (табл. 1-3, 5, 6). Для характеристики гранулометрического состава руды следует составить таблицу с колонкой или со строкой «суммарный выход по плюсу» и привести график с кривой суммарного выхода по плюсу ($\gamma_{\sum+}$). Для оценки влияния влажности на подвижность материала в зоне дробления рекомендуется провести аналогию с влиянием влажности на эффективность грохочения и воспользоваться графиками рис. 1.68 /15/, /12/.

Раздел завершается описанием схемы рудоподготовки, для этого в ПЗ приводится качественно-количественная схема и в тексте указываются особенности технологии: количество стадий, количество и особенности циклов, наличие операций складирования и т. п.

6. РАСЧЁТ СХЕМЫ ДРОБЛЕНИЯ

6.1. Режим работы и производительность отделения крупного дробления

Если в задании не указывается режим подачи руды с рудника, то его следует принять самостоятельно с помощью табл. 7, 8. Сначала надо решить вопрос о предполагаемом характере горных работ: обычно максимальная крупность кусков при подземной добыче не превышает 300 ÷ 350 мм, редко составляя 400 мм. В то же время по нормативам технологического проектирования горных работ (табл. 7, 8) она может составлять и 600 мм. При малой часовой производительности (расчёт выполняется в дальнейшем и проявляется малой величиной коэффициента загрузки дробилок) нормами проектирования рекомендуется уменьшить до одной количество в сутки смен с подачей руды. Таким образом, Ваше первоначальное решение о графике подачи руды в дальнейшем будет пересмотрено с корректировкой последующих расчётов.

Суточная и часовая производительности отделения приёма руды и крупного дробления (только для углеобогатительных фабрик проектируются раздельными узлы приёма исходного сырья и крупного дробления) рассчитываются (т/сут.; т/ч) по формулам:

$$Q_{\text{сут.кр.др.}} = Q_{\text{ф.год}} / (n_{\text{сут.}} \cdot k'), \quad (1)$$

$$Q_{\text{.ч кр.др..}} = k_{\text{н}} \cdot Q_{\text{ф.год}} / (n_{\text{сут.}} \cdot n_{\text{см.}} \cdot t_{\text{см}} \cdot k'), \quad (2)$$

где $Q_{\text{ф.год}}$ – годовая производительность фабрики, т/год; $k_{\text{н}}$ – коэффициент учёта неравномерности подачи руды с рудника и неравномерности свойств руды, которые влияют на производительность оборудования, д. ед. (для руд $k_{\text{н}}$=1,0÷1,1); $n_{\text{сут.}}$ – количество дней в году работы оборудования под полной на грузкой; $n_{\text{см.}}$ – количество смен в сутки; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены для работы оборудования, ч; k' – коэффициент учёта крепости руды (руда мягкая - k'=1,05 - 1,08; средней крепости – k' = 1,00; твёрдая - k' = 0,95; весьма твёрдая - k'= 0,90).

Примечание. *Если в нормах технологического проектирования задаётся годовой фонд рабочего времени в часах* $\Phi = (n_{\text{сут.}} \cdot n_{\text{см.}} \cdot t_{\text{см.}})$, *то надо воспользоваться формулой*

$$Q_{\text{ч кр.др .}} = k_{\text{н}} \cdot Q_{\text{ф.год}} / (\Phi \cdot k'), \quad (3)$$

где Φ – *годовой фонд рабочего времени оборудования, ч.*

6.2. Режим работы и производительность отделения среднего и мелкого дробления

По условиям эксплуатации оборудование для среднего и мелкого дробления (КСМД) размещают в одном здании. Режим работы оборудования в этом отделении определяется наличием операции складирования крупнодроблёной руды.

6.2.1. Складирование крупнодроблёной руды не предусматривается

При отсутствии складирования крупнодроблёной руды режим работы КСМД совпадает с режимом работы отделения крупного дробления.

6.2.2. Складирование крупнодроблёной руды предусмотрено

Режим работы КСМД при складировании всей крупнодроблёной руды приведён в табл. 9. В дальнейшем после расчёта дробилок Ваше решение о режиме работы может быть пересмотрено (точнее – должно быть пересмотрено) из-за малой величины коэффициента загрузки. Разумеется, такая корректировка потребует изменений в расчётах как схемы, так и оборудования.

Производительность оборудования отделения КСМД определяется по формуле (3).

6.2.3. Предусмотрено складирование крупнодроблёной руды за исключением мелочи

Рассматриваемый случай представлен на рис. 11.

Порядок расчёта[1] следующий:

1) рассчитываются выхода продуктов - γ_2 и γ_3 ;

принимается нормативный режим работы оборудования (табл. 9). Рекомендуется указывать годовой фонд времени – Ф, ч/год и обязательно режим - $n_{см.}$, $t_{см.}$;

2) рассчитывается часовая производительность по отделению средне-мелкого дробления по формуле

$$Q_{.ч\ ср.-м.др.\ .} = k_н \cdot Q_{ф.год} \cdot \gamma_{крд} / (\Phi_{ср.-м.} \cdot k'), \qquad (4)$$

где $\gamma_{крд} = \gamma_3$; $\Phi_{ср.-м.}$ – фонд рабочего времени оборудования в отделении средне-мелкого дробления.

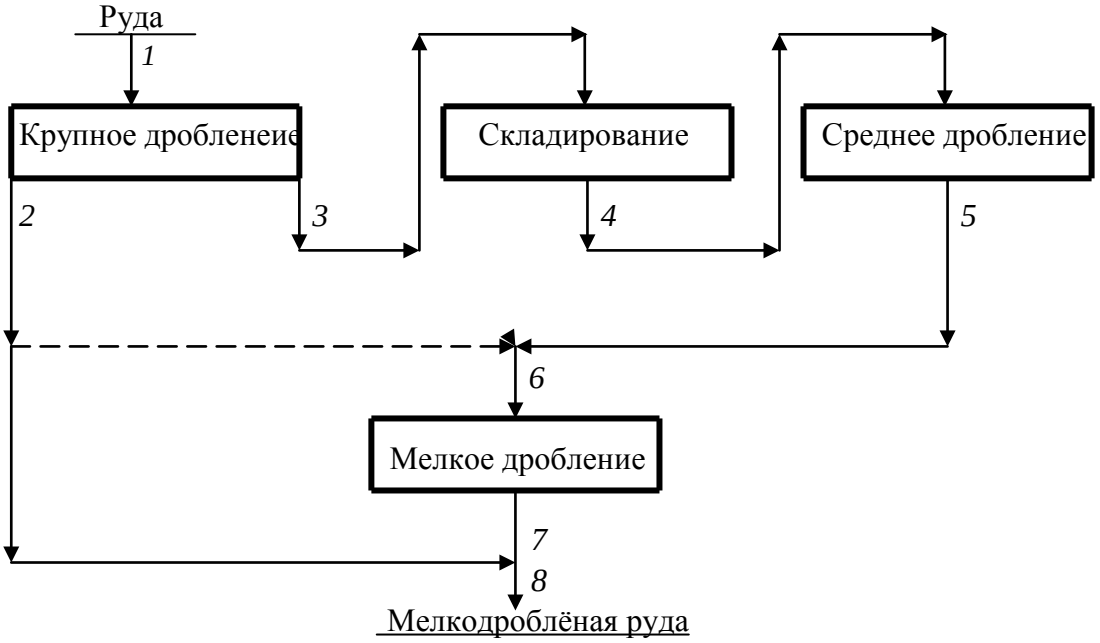


Рис. 11. – Принципиальная схема рудоподготовки с выделением готового продукта в цикле крупного дробления: 1-8 - номера продуктов.

3) рассчитываются выхода продуктов – γ_2 и γ_3 ;

принимается нормативный режим работы оборудования (табл. 9). Рекомендуется указывать годовой фонд времени – Ф, ч/год и обязательно режим – $n_{см.}$, $t_{см.}$;

[1] - порядок расчёта не совпадает с порядком записи в ПЗ

4) рассчитывается часовая производительность по отделению средне-мелкого дробления по формуле

$$Q_{.\text{ч ср.-м.др.}} = k_{\text{н}} \cdot Q_{\text{ф.год}} \cdot \gamma_{\text{крд}} / (\Phi_{\text{ср.-м.}} \cdot k'), \qquad (5)$$

где $\gamma_{\text{крд}} = \gamma_{\text{З}}$; $\Phi_{\text{ср.-м.}}$ – фонд рабочего времени оборудования в отделении средне-мелкого дробления.

6.3. Выбор степеней дробления по стадиям

Общая степень дробления находится по формуле

$$I_{\text{общ}} = D/d \qquad (6)$$

Определяется средняя (среднегеометрическая) степень дробления по стадиям:

$$I_{\text{ср.геом.}} = I^{1/n}, \qquad (7)$$

где n – количество стадий дробления.

При выборе значений степеней дробления задаются значением степени дробления для первой стадии, а для второй и третьей стадий их принимают обычно равными. Используется выражение

$$I_{\text{общ}} = \Pi \cdot I_j \qquad (8)$$

По данным практики и литературы технические особенности современных дробилок обеспечивают следующие степени дробления:

- для крупного дробления - щековые дробилки ЩДП – до 5;
  конусные дробилки ККД и КРД – до 5;
- для среднего дробления - щековые дробилки ЩДС – до 6 - 7;
  конусные дробилки КСД – до 6;
- для мелкого дробления - конусные дробилки КМД – до 8;
  щековые дробилки ЩДС – до 8 -10;
  конусные дробилки КИД – до 10;
  валковые дробилки - до 3 – 4;
  дробилки ударного действия – до 10 – 15.

Считается, что степени дробления составляют в среднем при крупном дроблении 3÷4, при среднем и мелком - 4÷5 /12/.

Так как литературные данные по практическому дроблению руд недостаточны, то в **данном** курсовом проекте приходится рассматривать лишь возможности дробилок ЩДП, ККД (КРД), КСД и КМД.

Рекомендации: 1) принимая тип дробилки для крупного дробления, следует учитывать, что при производительностях до 500 (800) т/ч рациональнее использовать щековые; 2) принимая степень дробления для крупного дробления, желательно «забежать вперёд», а именно – определить (п. 7.4 и 7.6) крупность куска в разгрузке дробилки и величину разгрузочной щели дробилки. Ориентировочно крупность руды после крупного дробления составляет 200 – 250 мм. Затем начать заполнение таблицы для выбора типоразмеров дробилок (табл. 14). Последовательно сравнивая (построчно) требования с техническими данными выбрать, как минимум, два-три типоразмера дробилки. Если не удаётся выбрать дробилку по величине разгрузочной щели, то надо изменить степень дробления i_{I}. Когда в каталогах не указывается диапазон изменения величины разгрузочной щели, тогда его принимают равным ±15 % от номинального значения.

6.4. Определение крупности продуктов по стадиям дробления

Максимальная крупность продуктов (мм) по стадиям дробления обычно совпадает с максимальной крупностью продукта в разгрузке дробилки при открытом цикле дробления и определяется по формуле

$$d_j = D_j / I_j \ , \qquad (9)$$

где D_j – максимальная крупность питания j- ой стадии; I_j – степень дробления в j –ой стадии дробления.

Максимальная крупность продукта в разгрузке дробилок мелкого дробления (цикл дробления замкнутый) не совпадает с максимальной крупностью руды после стадии мелкого дробления и рассчитывается после принятия решений по п. 6.6 по формуле

$$d'_{\text{разгр.III}} = s_{\text{III}} \cdot z_{\text{макс.III}} \ , \qquad (10)$$

где s_{III} – принятая разгрузочная щель (мм) дробилки мелкого дробления (принята в п. 6.6); $z_{\text{макс.III}}$ – максимальная относительная крупность продукта в разгрузке дробилки третьей стадии (принимается по типовым характеристикам, приведённым в табл. 10).

Завершая расчёты по данному пункту, следует указать условные максимальные (так называемые «номинальные») крупности (для p = 0,80), используя соответствующие графики.

6.5. Определение ширины загрузочных отверстий дробилок по стадиям

Для удовлетворительной работы дробилок необходимо обеспечить захват кусков /2, 12/. Известно, что величина угла захвата зависит от свойств материала и, в первую очередь, от влажности, далее от гранулометрического состава и т.д. Например, чем более выпуклая кривая гранулометрического состава, тем больше должно быть загрузочное отверстие; чем больше влажность продукта, тем меньше сила трения, и тем больше должна быть разница в размерах отверстия и кусков. В случае руды с низким значением коэффициента трения, надо увеличивать величину отверстия и даже принимать футеровку с уменьшенным углом захвата. Последнее - следует обязательно указать при расчётах дробилок. Используется соотношение, мм:

$$B_j = (1{,}1 \div 1{,}2) \cdot D_j \qquad (11)$$

После расчётов надо проверить, выдерживается ли практическая рекомендация по соотношению величин разгрузочной щели дробилки предыдущей стадии дробления и загрузочной щели дробилки в последующей стадии:

$$B_j \geq (1{,}5 \div 2) \cdot s_{j-1} \qquad (12)$$

6.6. Определение ширины разгрузочных щелей дробилок

Производится выбор типа дробилок по стадиям дробления. Для крупного дробления рекомендуется применять щековые дробилки при производительности фабрики не более 550 ÷ 650 т/ч, в противном случае – конусные. Определение ширины разгрузочных щелей (мм) дробилок производится в данном курсовом проекте с использованием максимальной относительной крупности $\boldsymbol{Z_{макс}}$ по формуле

$$s_j = d_j / (z_{макс.})_j, \qquad (13)$$

где d_j – крупность материала в разгрузке дробилки j-ой стадии; $(z_{макс.})_j$ – значения относительной максимальной крупности приведены в табл.10.

Расчёты щелей производятся с округлением до миллиметра и найденные значения щелей надо сверить с техническими данными дробилок. При этом следует не забывать, что у дробилок с механическим регулированием изменение щели возможно только на определённую величину (шаг). И если расчётное значение не совпадает с каталожным, то надо пересмотреть степени дробления

и принять их таким образом, чтобы обеспечить совпадение расчётного и каталожного значений.

Для конусных дробилок КМД ширина разгрузочной щели принимается с учётом физических свойств руды как только возможно меньшей. Расчётное значение щели находится также по формуле (12). Практически устанавливаемая на дробилках разгрузочная щель составляет от 6 до 10 мм. Обычно расчётное значение всегда меньше принимаемого в проекте. Рекомендации по принятию соответствующего решения: чем больше прочность руды, тем меньше щель; чем больше влажность, тем больше щель; если при обогащении играет роль форма зёрен, то следует учесть и это обстоятельство.

Таблица 10

Типовой гранулометрический состав продуктов дробления (суммарный выход по плюсу, %)

Относительная крупность **Z**, д. ед.	Дробление											
	крупное						среднее			мелкое		
	дробилка											
	щековая (ЩДП)			конусные								
	м	**с**	**т**	**м**	**с**	**т**	**м**	**с**	**т**	**м**	**с**	**т**
0,2	80	87	93	80	84	87	80	85	95	82	91	99
0,4	60	74	81	60	68	73	60	72	85	65	80	94
0,6	42	57	67	44	53	60	40	58	73	51	70	88
0,8	29	40	51	23	35	45	29	47	62	38	58	77
1,0	17	27	36	13	23	33	17	35	52	28	45	65
1,2	10	17	25	5	13	20	9	26	43	18	35	51
1,4	4	9	15	-	6	12	4	18	35	12	26	40
1,6	1	5	8	-	2	5	-	12	28	6	18	30
1,8	-	<1	4	-	-	3	-	7	14	3	9	23
2,0	-	-	-	-	-	<1	-	2	9	1	6	18
2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	4	13
2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	9
2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	<1	6
2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
$Z_{макс.}$	1,65	1,85	2,00	1,4	1,8	2,1	1,6	2,2	3,0	2,1	3,0	3,8

Примечание. «**М**» **–** руда мягкая; «**с**» - руда средней крепости; «**т**» - руда твёрдая

6.7. Определение размеров отверстий просеивающей поверхности для грохочения, типа поверхности

В соответствии с характером материала (крупность, гранулометрический состав, влажность и т. д.), целями операции грохочения принимается тип просеивающей поверхности (колосниковая, прутковая, листовая, сетка и др.) и материал, из которого она выполнена, а также форма отверстий. Затем проектирующий принимает согласно рекомендациям размеры отверстий (мм):

для стадии крупного дробления – $d_{\text{I}} \geq a_{\text{I}} \geq s_1$ (14)

для стадии среднего дробления – $a_{\text{I I}} = (1{,}5 \div 1{,}) \cdot s_{\text{II}}$ (15)

для стадии мелкого дробления – $a_{\text{III}} = d_{\text{III}}$ (по заданию).

При этом, если ожидается, что дробилка будет загружена надрешётным продуктом нормально (коэффициент загрузки дробилки для крупного дробления около 0,75 ÷ 0,85, для среднего и мелкого дробления – 0,85 ÷ 0,95), то величина отверстия просеивающей поверхности принимается близкой и даже равной размеру максимального куска в разгрузке дробилки. Если же предвидится небольшая загрузка дробилки, то величина отверстия приравнивается ширине разгрузочной щели дробилки.

Примечание. *Рекомендуется обратить внимание на размер отверстия просеивающей поверхности, приводимый в таблице для расчёта грохотов.*

6.8. Выбор типа грохотов, эффективности грохочения

Тип грохота определяется крупностью поступающего на грохочение материала и его свойствами. Рекомендации по выбору типа приведены в литературе /2, с.65-66/; /14, с.220/; /15, с.30/.

Для назначения исполнения виброгрохотов необходимо знать насыпную плотность (кг/м^3). На её величину влияет крупность и в среднем принимается соотношение

$$\rho_{\text{н}} = (0{,}5 \div 0{,}7)\ \rho, \qquad (16)$$

где $\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность продукта.

Исполнение лёгкое (**Л**) - $\rho_{\text{н}} < 1000$, среднее (**С**) - $1000 < \rho_{\text{н}} < 1600$, тяжёлое (**Т**) - $\rho_{\text{н}} > 1600$ г/м^3. Эффективность грохочения принимать для колосниковых грохотов в диапазоне 55 ÷ 75 % (обязательно смотреть табл. 18), для вибрационных - 85 ÷ 95 %. При этом нужно иметь в виду, что меньшие значения соответствуют большей нагрузке, большей влажности и большему содержанию мелочи в продукте.

6.9. Расчёт качественно-количественной схемы

Перед расчётом должна быть составлена расчётная таблица. Основная её форма соответствует табл. 11, допустимая – табл. 12, причём последняя может требовать большую ширину формата страницы.

Расчёт заключается в построении гранулометрических характеристик продуктов дробления, питания операций грохочения и дробилок (последних – при необходимости). Последовательность расчётов следующая:

- вначале строятся графики гранулометрического состава разгрузки дробилок с использованием типовых характеристик (табл. 10);
- затем производится расчёт количественной схемы стадии. Для этого ниже приводятся варианты наиболее распространённых операций и циклов с соответствующими каждому случаю комментариями и расчётными формулами;
- в заключение строится, если это необходимо, график гранулометрического состава руды после рассчитанной стадии дробления. Рекомендации по построению графиков гранулометрического состава приведены в Приложении А;
- напоминаем в очередной раз, что получаемые при расчётах значения необходимо с целью контроля сразу же заносить в расчётную таблицу и располагать на рисунке схемы.

Таблица 11

Расчёт качественно-количественной схемы рудоподготовки

Поступает			Выходит		
Наименование продукта	Выход, γ, %	Производительность, т/ч	Наименование продукта	Выход, γ, %	Производительность, т/ч
1. Грохочение, I ст. др					
Исходная руда	100,00	……	Класс……,мм	……..	……
			Класс……,мм	……	……..
Итого	100,00	….	Итого	100,00	……..
		2. Дробление I ст. др			
Класс ….., мм	……	……	Разгрузка дробилки I ст. др	……	……
Итого	……	……	Итого	…..	….
3. Складирование					
Класс …, мм	….	…..	Крупнодр. руда	……	……
Итого	100,00	…..	Итого	100,00	….
… …	…. ….	…. ….	….. …..	….. …..	…… …..
n. Классификация I ст. изм.					
Разгрузка мельницы	…..	…..	Слив	…..	…..
			Пески	……	…..
Итого	….	…..	Итого	…..	…..

Примечания:1. 1-*n* - *номера операций рудоподготовки*.

2. *Наименование операции «складирование» не указывает тип оборудования или устройства и поэтому не может быть названо «бункерование».*

Таблица 12

Допустимая форма расчётной таблицы

Наименование операции	Поступает			Выходит		
	Наименование продукта	Выход, %	Производительность, т/ч	Наименование продукта	Выход, %	Производительность, т/ч
….	….	….	…..	……	…..	….
3. Дробление I ст. др	Класс …, мм	…..	….	Разгрузка дробилки I ст. др	….	…
	Итого	….	…..	Итого	….	….
…..	…..	….	…..	…..	…..	….

Примечание. *В приводимых ниже расчётных формулах для расчётов выходов от исходного на фабрику выход исходной руды* $\gamma_{исх.}$ *и производительность по руде* $Q_{исх.}$ *соответственно* 100,00 % *и* $Q_ф$.

Операция **«объединение»**

Расчётные формулы:

$-\gamma_\Sigma = \sum\gamma_i$; (17)

$-\gamma_\Sigma \cdot \beta_\Sigma = \sum\gamma_i \cdot \beta_i$; (19)

$-Q_\Sigma = \sum Q_i$. (18)

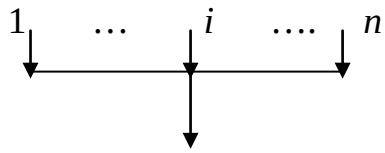


Рис. 11.

Операция «обработка» (дробление, измельчение)

Расчётные формулы:

- $\gamma_{исх.} = \gamma_{кон.}$; (20)
- качество конечного продукта определяется технологическим режимом операции;
- $Q_{исх.} = Q_{кон.}$ (21)

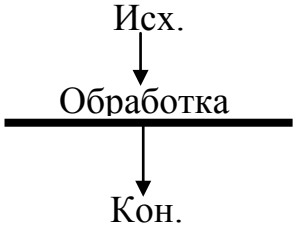


Рис. 12.

Операция «складирование»

Расчётные формулы:

- $\gamma_{исх.} = \gamma_{кон.}$; (22)

- изменением качества продукта при складировании в общем случае пренебрегают

- $Q_{исх.} = Q_{кон.}$ (23)

Выражение (23) справедливо для производительности в т/год, а при выражении её в т/ч оно не соблюдается из-за разного режима работы оборудования до и после складирования (в общем случае).

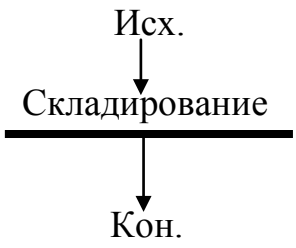


Рис. 13.

Операция «разделение»

Операции разделения (грохочение, классификация, деление продукта на параллельные потоки) могут осуществляться в виде следующих вариантов:

а) обособленная операция (рис. 14);

б) открытый цикл с раздельной обработкой одного из продуктов или каждого (рис. 15) и выдачей объединённого продукта:

в) замкнутый цикл с поверочным разделением (рис. 16);

г) замкнутый цикл с совмещённым разделением предварительным и поверочным (рис. 17);

д) замкнутый цикл с операциями разделения предварительной и поверочной (рис. 18);

е) особые циклы (рис. 19, 20, 21).

При расчётах замкнутых циклов дробления найденные значения циркулирующей нагрузки надо сравнить с экономически допустимыми: 60÷80 % для руд средней крепости и 110 ÷ 120 % для руд весьма крепких. Если расчётные значения будут превышать допустимые, то надо пересмотреть распределение степеней дробления по стадиям.

Вариант а

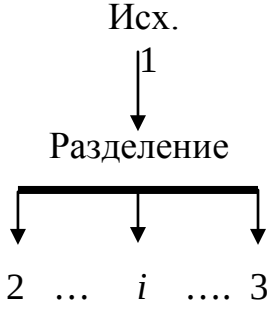


Рис. 14.

Расчётные формулы:

- $\gamma_{исх.} = \sum\gamma_i$; (24)
- для двухпродуктового разделения
- $\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3$; (25)
- если известно качество (содержание расчётного класса) продуктов (исходного 1, концентрата 2 и хвостов 3),
- то $\gamma_2 = \gamma_1 \cdot (\beta_1 - \beta_3)/(\beta_2 - \beta_3)$; (26)
- если операцией разделения является грохочение с эффективностью грохочения E по классу «-a», то
- $\gamma_2 = \gamma_{исх.} \cdot \beta^{-a}_{исх.} \cdot E^{-a}$; (27)

и далее

$$Q_2 = Q_1 \cdot \gamma_2; \quad (28)$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3; \quad (29)$$

- содержание расчётного класса находится по графику гранулометрического состава соответствующего продукта;
- если в качестве обособленной операции разделения предполагается применение рудоразборки или сортировки, то значения выходов продуктов принимаются по данным исследований или практики, или же используются значения извлечения компонентов.

Вариант б

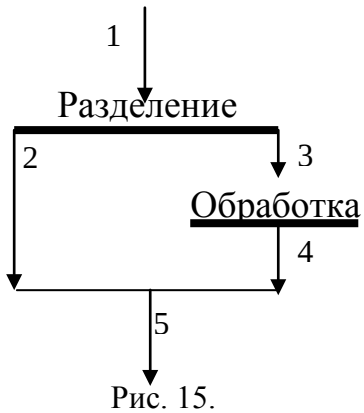


Рис. 15.

1-питание цикла (исх.); 2-часть конечного продукта цикла; 3-питание операции обработки цикла; 4- конечный продукт операции обработки; 5- конечный продукт цикла

Расчётные формулы:

- $\gamma_5 = \gamma_1$; (30)
- $\gamma_2 = \gamma_1 \cdot (\beta_1 - \beta_3)/(\beta_2 - \beta_3)$; (31)

или

- $\gamma_2 = \gamma_1 \beta_1^{-a} \cdot E^{-a}$; (32)
- $\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3$; (33)
- $\gamma_3 = \gamma_4$; (34)
- проверка:

$\gamma_2 + \gamma_4 = \gamma_5$; (35)

- $Q_2 = Q_{исх.} \cdot \gamma_2$; (36)
- $Q_3 = Q_4 = Q_{исх.} \cdot \gamma_3$; (37)
- $Q_5 = Q_1$; (38)
- дальнейшие расчёты по циклу включают определение гранулометрического состава продукта 5.

Вариант в

Расчётные формулы:

- $\gamma_4 = \gamma_1$; (39)
- $\gamma_2 = \gamma_3$; (40)
- $\gamma_2 = \gamma_1 + \gamma_5$; (41)
- $\gamma_3 = \gamma_4 + \gamma_5$; (42)
- $\gamma_4 = \gamma_3 \cdot \beta_3^{-a} \cdot E^{-a}$; (43)

или

- $\gamma_4 = \gamma_3 \cdot (\beta_3 - \beta_5)/(\beta_4 - \beta_5)$; (44)
- $\beta_2 = (\gamma_1 \cdot \beta_1 + \gamma_5 \cdot \beta_5) / \gamma_2$; (45)
- циркулирующая нагрузка

$C = 100\gamma_5 / \gamma_4$; (46)

- $Q_4 = Q_1$; (47)
- $Q_2 = Q_3 = Q_1 \cdot \gamma_2$; (48)
- $Q_5 = Q_1 \cdot \gamma_5$; (49)
- дальнейшие расчёты по циклу включают определение гранулометрического состава продуктов 3 и 2.

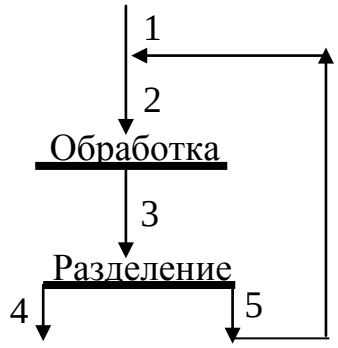


Рис. 16

1- питание цикла; 2-питание операции «обработка»;
3- продукт обработки (питание операции «разделение»);
4- конечный продукт цикла;
5- циркулирующий продукт цикла

Вариант г

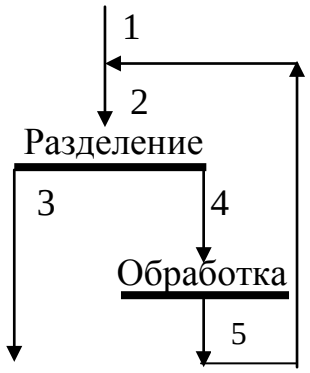


Рис. 17.
1- питание цикла (исх.);
2- питание операции «разделение»; 3- конечный продукт цикла; 4- питание операции «обработка»; 5– циркулирующий продукт.

Расчётные формулы:

- $\gamma_3 = \gamma_1$; (50)

- $\gamma_5 = \gamma_1 \cdot \left(\frac{\beta_3^{-a}}{E \cdot \beta_5^{-a}} - \frac{\beta_1^{-a}}{\beta_5^{-a}}\right)$; (51)

- необходимо сравнить результат, который получается по формуле (52), с вычислением по Разумову /13/

- $\gamma_5 = \gamma_1 \cdot (1/E + \beta_1^{+a} / \beta_5^{-a} - 1)$; (52)

Окончательно принять результат по формуле

- $\gamma_4 = \gamma_5$; (53)
- $\gamma_2 = \gamma_1 + \gamma_5$; (54)
- $C = 100 \cdot \gamma_5 / \gamma_3$; (55)
- $Q_3 = Q_1$; (56)
- $Q_5 = Q_4 = Q_1 \cdot \gamma_5 = Q_1 \cdot \gamma_4$; (57)
- $Q_2 = Q_1 \cdot \gamma_2$. (58)

- расчёты по циклу заканчиваются определением гранулометрического состава питания операции разделения (продукт 2).

Вариант д

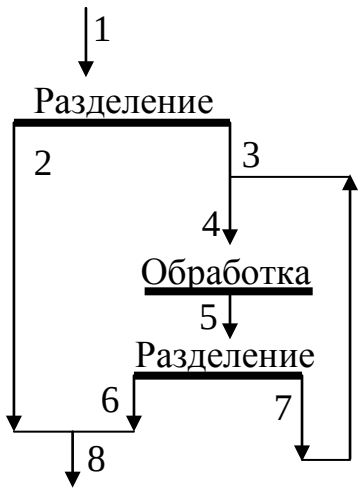


Рис. 18.
1-питание цикла (исх.);
2-часть конечного продукта;
3-питание цикла «обработка»;
4- питание операции «обработка»;
5- конечный продукт операции «обработка»; 6 - конечный продукт цикла «обработка»; 7- циркулирующий продукт цикла «обработка»; 8-конечный продукт цикла.

Расчётные формулы:

- $\gamma_8 = \gamma_1$; (59)
- $\gamma_6 = \gamma_3$; (60)
- $\gamma_5 = \gamma_4$; (61)
- $\gamma_2 = \gamma_1 \cdot (\beta_1 - \beta_3)/(\beta_2 - \beta_3)$; (62)

или

- $\gamma_2 = \gamma_1 \cdot \beta_1^{-a} E^{-a}_{\text{разд.1}}$; (63)
- $\gamma_3 = \gamma_1 - \gamma_2$; (64)
- $\gamma_6 = \gamma_1 - \gamma_2$; (65)
- $\gamma_5 = \gamma_6 (\beta_6 - \beta_7)/(\beta_5 - \beta_7)$; (66)

или

- $\gamma_5 = \gamma_6 / (\beta_5^{-a} \cdot E^{-a}_{\text{разд.2}})$; (67)
- $C = 100 \cdot \gamma_7 / \gamma_6$; (68)
- $Q_2 = Q_1 \cdot \gamma_2$; (69)
- $Q_3 = Q_1 - Q_2$; (70)
- $Q_6 = Q_3$; (71)
- $Q_4 = Q_1 \cdot \gamma_4$; (72)
- $Q_5 = Q_4$; (73)
- $Q_7 = Q_5 - Q_6$; (74)

- расчёт цикла заканчивается определением гранулометрического состава питания операции «обработка».

Вариант е

Цикл получения двух конечных продуктов при разделении исходного на три продукта. Наиболее крупный класс обрабатывается и затем объединяется с одним из продуктов разделения. Реальны три исполнения, разница между которыми заключена в количестве задействованных аппаратов при одной и той же производительности и прочих равных условиях.

Исполнение 1

Расчётные формулы:

$-\gamma_2=\gamma_1\cdot\beta_1^{-a_1}\cdot E^{-a_1}$; (75)

$-\gamma_4=\gamma_1\cdot(1-\beta_1^{-a_2}\ E^{-a_2})$; (76)

Примечание. В курсовом проекте принять $E^{-a2}=E^{-a1}$; - расчётные классы «$-a_1+0$» и «$-a_2+0$»мм ;

$-\gamma_6=\gamma_1-\gamma_2$; (77)

$-\gamma_3=\gamma_1-\gamma_2-\gamma_4$; (78)

$-\gamma_5=\gamma_4$; (79)

$-Q_2=Q_1\cdot\gamma_2$; (80)

$-Q_3=Q_1\cdot\gamma_3$; (81)

$-Q_4=Q_1-Q_2-Q_3$. (82)

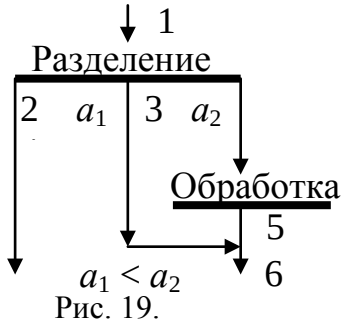


Рис. 19.

1- питание цикла (исх.); 2- первый конечный продукт цикла; 3- промежуточный продукт цикла; 4- питание операции «обработка»; 5- продукт операции «обработка»; 6- второй конечный продукт.

Исполнение 2

Расчётные формулы:

$-\gamma_6=\gamma_3$; (83)

$-\gamma_3=\gamma_1\cdot(1-\beta_1^{-a_2}E_1^{-a2})$; (84)

$-\gamma_2=\gamma_1-\gamma_3$; (85)

$-\gamma_4=\gamma_2\cdot\beta_2^{-a1}E_2^{-a1}$; (86)

или

$\gamma_4=\gamma_1\cdot\beta_1^{-a1}E_1^{-a1}E_2^{-a1}$; (87)

Примечание. В курсовом проекте принять равенство $E_1^{-a2}=E_2^{-a1}$ и E_1^{-a1}=100%;

$-\gamma_5=\gamma_2-\gamma_4$; (88)

$-\gamma_7=\gamma_1-\gamma_4$; (89)

- проверка: $\gamma_7=\gamma_1-\gamma_4$; (90)

$-Q_2=Q_1\cdot\gamma_2$; (91

$-Q_3=Q_1-Q_2$; (92)

$-Q_4=Q_1\cdot\gamma_4$; (93)

$-Q_5=Q_2-Q_4$; (94)

$-Q_7=Q_1-Q_4$. (95)

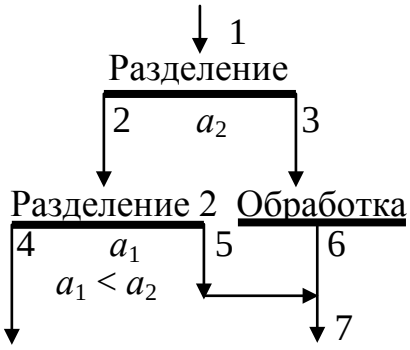


Рис. 20.

1-питание цикла (исх.); 2-промпродукт; 3- питание операции «обработка»; 4-первый конечный продукт цикла; 5- второй продукт операции «разделение»; 6- продукт операции «разделение»; 7- второй конечный продукт.

Исполнение 3

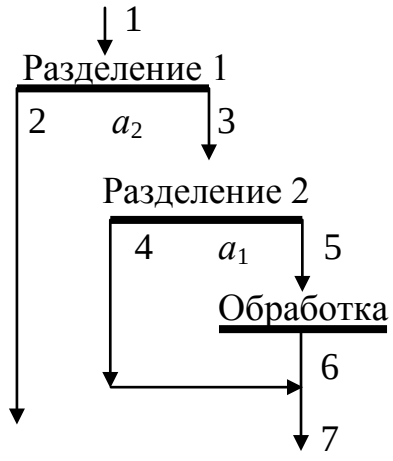


Рис. 21.
1- питание цикла; 2- первый конечный продукт цикла; 3- промпродукт; 4- конечный продукт операции «разделение 2»; 5- питание операции «разделение 2»; 6- продукт операции « обработка»; 7- второй конечный продукт цикла.

Расчётные формулы:

- $\gamma_2 = \gamma_1 \cdot \beta_1^{-a2} E^{-a2}$; (96)
- $\gamma_3 = \gamma_1 - \gamma_2$; (97)
- $\gamma_4 = \gamma_3 \cdot \beta_3^{-a1} E^{-a1}$; (98)

или

$\gamma_4 = \gamma_1 \cdot \beta_1^{-a1} E_1^{-a1} E_2^{-a1}$; (99)

Примечание. В курсовом проекте принять равенство $E_1^{-a1} = E_2^{-a1}$

- $\gamma_5 = \gamma_3 - \gamma_4$; (100)
- $\gamma_6 = \gamma_5$; (101)
- $\gamma_7 = \gamma_1 - \gamma_2$; (102)

проверка

- $\gamma_7 = \gamma_4 + \gamma_6$; (103)
- $Q_2 = Q_1 \cdot \gamma_2$; (104)
- $Q_7 = Q_3 = Q_1 - Q_2$; (105)
- $Q_4 = Q_1 \cdot \gamma_4$; (106)
- $Q_6 = Q_5 = Q_3 - Q_4$; (107)
- проверка
- $Q_2 + Q_7 = Q_1$. (108)

7. ВЫБОР И РАСЧЁТ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ДРОБЛЕНИЯ

При выборе основного технологического оборудования в первую очередь надо учитывать физические свойства руды. Расчёт количества оборудования производится в общем порядке:

а) определение производительности, или площади или объёма оборудования ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПРИНЯТОГО типа с учётом проектных условий работы его;

б) определение количества единиц оборудования с учётом его технологической характеристики и коэффициента неравномерности питания $k_{\text{н.пит.}}$ (табл. 13);

в) окончательное решение о количестве оборудования определённого типоразмера с учётом режима работы цеха (отделения) и условий проведения ремонтных работ, а также с учётом компоновочных решений.

Примечание. При определении количества оборудования допускается перегрузка не более 5 % отн.

Таблица 13

Значения коэффициента неравномерности питания $k_{н.пит.}$

$k_{н.пит.}$	Условия работы оборудования	Объекты
0,98	Непосредственная загрузка из бункера с автоматическим регулированием загрузки	Дробилки всех стадий
		Мельницы шаровые, стержневые, рудногалечные, самоизмельчения
		Грохота
		Флотомашины
0,95	Загрузка в «завал»	Всё оборудование
	Загрузка питателем из безъёмкостной воронки	
	Каскадное размещение дробилок	
	Непосредственная загрузка надрешётным продуктом	
	Отсутствие складирования крупнодроблёной руды	Всё оборудование
	Доизмельчение промпродукта при отсутствии буферной емкости (сгустителя)	

7.1. Выбор и расчёт дробилок

Рекомендации по выбору типа дробилок в зависимости от характера руды и других факторов приведены в литературе /12, 14, 15, 16/. Сведения по выбору типа дробилок уже использовались при расчётах схемы дробления; в этом разделе пояснительной записки курсового проекта надо на основании расчётов схемы дробления составить табличную форму исходных данных для выбора дробилок в виде табл. 14.

Согласно практике обогащения наиболее распространены дробилки для крупного дробления – щековые (ЩДП, ЩДС), конусные (ККД, КРД), для среднего и мелкого дробления – короткоконусные, щековые (ЩД), ударного действия и валковые.

При выборе типа дробилки желательно для каждой стадии дробления иметь два-три конкурирующих типоразмера. С помощью данных табл. 14, последовательно (построчно) перебирая данные, надо сравнивать требуемые значения с паспортными (каталожными, справочными) и выбирать наиболее подходящие типоразмеры; в Приложениях В, Г, Д, Е, Ж пособия приводятся некоторые характеристики оборудования.

Таблица 14

Исходные данные для выбора и расчёта дробилок

Наименование параметра	Стадия дробления		
	I	II	III
1. Размер требуемого загрузочного отверстия, мм	B_1	B_2	B_3
2. Размер максимального куска в питании, мм	D_{I}	D_{II}	D_{III}
3. Размер разгрузочной щели, мм	S_{I}	S_{II}	S_{III}
4. Производительность дробилки по питанию, т/ч	Q_{I}	Q_{II}	Q_{III}

После выбора типоразмеров производится расчёт:

а) определяется производительность дробилки для работы в проектных условиях;

б) определяется необходимое количество дробилок;

в) оформляется расчёт дробилок в виде расчётной таблицы типа табл. 15;

г) производится технико-экономическое сравнение дробилок по конкурирующим вариантам;

д) с учётом компоновочных решений делается заключение.

Таблица 15

Расчёт дробилок

Стадия дробления	Q_j, т/ч	Типоразмер дробилки	$\rho_{\text{н}}$, т/м^3	k_f	k_p	$k_{\text{вс}}$	k_ρ	$k_ц$	$Q_{\text{кат}}$	$Q_{\text{др}}$	$k_{\text{н.пит}}$	$(n_j)_{\text{расч.}}$	$n_{\text{прин}}$
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Существует несколько методик для расчёта дробилок /2, 5, 12, 15, 16/, наиболее часто применяемая приводится ниже.

Производительность дробилки (т/ч) в проектных условиях рассчитывается по формулам (105) и (106) в зависимости от размерности производительности, приведённой в каталоге (справочнике):

а) $Q_{\text{кат.}}$ – м^3/ч,

$$Q_{\text{др.}} = Q_{\text{кат. прив.}} \cdot \rho_н \cdot k_f \cdot k_{\text{кр}} \cdot k_{\text{вл}} \cdot k_{\text{ц}}; \qquad (109)$$

б) $Q_{\text{кат.}}$ – т/ч,

$$Q_{\text{др.}} = Q_{\text{кат. прив.}} \cdot k_\rho \cdot k_f \cdot k_{\text{кр}} \cdot k_{\text{вл}} \cdot k_{\text{ц}}; \qquad (110)$$

где $Q_{\text{кат. прив.}}$ – приведённая каталожная производительность; $\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность руды (рассчитана в п.7.8), т/м^3; k_ρ – поправочный коэффициент на плотность руды; $k_f \cdot k_{\text{кр}} \cdot k_{\text{вл}}$ – учёт поправочными коэффициентами крепости руды, крупности питания дробилки и влажности руды; $k_{\text{ц}}$ – коэффициент учёта характера цикла дробления.

В литературе указывается производительность дробилок двояко. В *первом* случае она приводится для номинального значения разгрузочной щели. Если значения номинальной и проектной щелей не совпадают, то необходимо рассчитывать приведённую каталожную производительность по формуле /13/:

$$Q_{\text{кат. прив.}} = Q_{\text{ном.}} \cdot s_{\text{проект.}} / s_{\text{ном.}}. \qquad (111)$$

Если же щели одинаковые, то

$$Q_{\text{кат. прив.}} = Q_{\text{ном.}}. \qquad (112)$$

Во *втором* случае указывается диапазон изменения величины разгрузочной щели (в мм или в процентах) и соответствующий ему диапазон значений производительности, а приведённая каталожная производительность рассчитывается по интерполяционным формулам[1]

$$Q_{\text{кат. прив.}} = Q_{\text{мин.}} + (Q_{\text{макс.}} - Q_{\text{мин}}) \cdot (s_{\text{проект.}} - s_{\text{мин.}}) / (s_{\text{макс.}} - s_{\text{мин.}}); \qquad (113)$$

или

$$Q_{\text{кат. прив.}} = Q_{\text{макс.}} - (Q_{\text{макс.}} - Q_{\text{мин.}}) \cdot (s_{\text{макс.}} - s_{\text{проект.}}) / (s_{\text{макс.}} - s_{\text{мин.}}); \qquad (114)$$

численное значение коэффициента k_ρ составляет: если $Q_{\text{кат.}}$ дано в м^3/ч, то $k_\rho = 1$; если $Q_{\text{кат.}}$ приводится в т/ч, то приближённо можно принять

$$k_\rho \approx \rho / 2{,}7 ; \qquad (115)$$

Величины поправочных коэффициентов определяются по табл. 16.

Внимание: для определения значения $k_{\text{кр}}$ необходимо иметь график гранулометрического состава питания дробилки. Когда же такового нет, тогда для **выбранного** типоразмера дробилки определяется балансовым расчётом содержание в питании крупных зёрен $\beta^{+0,5B_{\text{прин.}}}$ с учётом ширины загрузочного отверстия $B_{\text{прин.}}$. Например, для схемы по рис. 15 имеем

$$\gamma_4 \cdot \beta_4^{+0,5B_{\text{прин.}}} = \gamma_1 \beta_1^{+0,5B_{\text{прин.}}}, \text{ откуда}$$

$$\beta_4^{+0,5B_{\text{прин.}}} = \beta_1^{+0,5B_{\text{прин.}}} \cdot \gamma_1 / \gamma_4 \qquad (116)$$

При учёте влияния характера цикла дробления надо иметь в виду, что в каталогах и справочниках производительности дробилок приводятся для работы в открытом цикле.

[1] Сведения по интер- и экстраполяции даны в Приложении Б

Таблица 16

Поправочные коэффициенты для расчёта производительности дробилок

Коэффициент	Значения коэффициента									
k_f (учёт крепости руды)	f <10			f =10÷14			f =15÷17		f≥18	
	1,20			1,00			0,95		0,90	
$k_{кр.}$ (учёт гранулометрического состава питания)	Массовая доля в питании класса +0,5 $B_{прин}$ (%)									
	5	10	20	25	30	40	50	60	70	80
	1,10	1,08	1,05	1,04	1,03	1,00	0,97	0,95	0,92	0,89

Коэффициент	Значения коэффициента							
$k_{вл.}$ (учёт влажности руды)	Влажность (%)							
	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,65

$k_ц$ (учёт характера цикла дробления)	$a/d_н$					$d_н$ – номинальная (95%) крупность в разгрузке дробилки, мм; a – номер сетки в поверочном грохочении, мм
	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	
	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	

Количество дробилок для j-той стадии дробления определяется по формуле:

$$(n_j)_{расч.} = Q_j/(Q_{др.j} \cdot k_{н.пит.}); \qquad (117)$$

Результаты расчётов дробилок оформляются по форме табл. 15. Затем надо составить таблицу технико-экономических показателей для сравнения вариантов использования дробилок (форма таблицы см. табл. 17).

Таблица 17

Технико-экономическое сравнение вариантов применения дробилок

Стадия дробления	Типоразмер дробилки	Количество дробилок	Коэффициент загрузки $k_{загр}$	Производительность, т/ч		Установленная мощность электродвигателя, кВт		Стоимость, руб.	
				одной	всех	одной	всех	одной	всех
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

Расчёт дробилок завершается заключением, т. е. производится окончательное проектное решение.

В курсовом проекте по «Дроблению . . .» в заключение этого пункта можно дать рекомендации по величине $k_{загр}$. В нормах технологического проектирования рекомендуется выдерживать $k_{загр}$, равной примерно 85 %. И выполняющему курсовой проект предоставляется возможность приведения коэффициента $k_{загр}$ для дробилок к этому значению.

7.2. Выбор и расчёт грохотов

7.2.1. Выбор и расчёт грохотов для стадии крупного дробления

Тип грохота для крупного грохочения принимается в зависимости от крупности и свойств руды; соответствующие рекомендации приведены в литературе /2, 5, 12, 15, 16/. Чаще всего для данной операции применяются колосниковые грохота. В последнее время при крупности руды менее 450 мм стало возможно применение виброгрохотов с колосниковой просеивающей поверхностью. Такие грохота рассчитываются как вибрационные (методика приведена в п. 8.2.2).

Необходимая площадь для грохочения на колосниковом грохоте определяется в зависимости от величины щели между колосниками (a) по формулам в м^2:

1) a>200 мм, $$F_{\text{гр.}} = Q/(2{,}4 \cdot a)\ ; \qquad (118)$$

2) $a \leq 200$ мм, $$F_{\text{гр.}} = Q/(\rho_{\text{н}} \cdot q_a)\ ; \qquad (119)$$

где Q – масса руды, поступающей на грохочение, т/ч (берётся из расчётной табл. 11 или по рисунку качественно-количественной схемы); a – размер щели между колосниками, мм; $\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность руды, т/м^3; q_0 – удельная объёмная производительность для определенной щели между колосниками и при необходимой эффективности грохочения (табл. 18).

Таблица 18

Удельная объёмная производительность неподвижных колосниковых грохотов q_0 [м^3/(ч·м^2)]

Эффективность грохочения, %	Размер щели между колосниками, мм						
	25	50	75	100	125	150	200
55 - 60	18	32	44	50	56	62	70
70 - 75	9	16	22	25	28	31	34

Затем определяется площадь грохота (м^2) с учётом компоновочных решений: $$F_{\text{комп.}} = B_{\text{гр.}} \cdot L_{\text{гр.}}; \qquad (120)$$

Длину колосникового грохота принимают на практике равной

$$L_{\text{гр.}} = (2 \div 4)\, B_{\text{гр.}} \qquad (121)$$

и обычно она составляет 3,5 – 6 м.

Примечание. *Длина колосникового грохота - это горизонтальная проекция колосника.*

Ширина грохота определяется либо из представления, что грохот - это транспортное устройство, либо условиями подачи материала на грохот. В *первом* случае подразумевается, что на грохот материал подаётся пластинча-

тым питателем, а сам грохот рассматривается как течка (жёлоб). Известно, что при движении материала в лотке (жёлобе) крупные куски могут образовывать своды, и тогда прекращается движение материала. Крупными считаются куски величиной (0,7÷1,0) $Д_{макс.}$, а их количество - значительным при $\alpha^{+0,7D_{макс.}} \geq 15\%$. Ширина (мм) колосникового грохота принимается равной:

а) $B \geq 3Д_{макс.}$, если крупных кусков много;

б) $B = 2Д_{макс.}+100$, если крупных кусков немного.

Во *втором* случае – разгрузка транспортного средства осуществляется прямо на грохот (рис. 22) через приёмную воронку (бункер) и тогда ширина грохота определяется габаритами: а) шириной шахтного скипа; б) шириной кузова самосвала (табл. 19, Приложение У); в) длиной думпкара (вагона) по осям сцепок (табл. 20).

В этом случае грохот выполняется в виде одной стенки приёмного бункера, причём, при использовании автотранспорта, в виде колосниковых грохотов могут быть использованы задняя, одна или обе боковые стенки бункера (рис. 22). Обычный угол наклона боковых стенок бункера, не выполняющих функции грохота, составляет $\delta = 50^{\circ}$; наклон колосниковой поверхности $\beta = 35 - 40^{\circ}$ при сухой руде и $\beta = 45 - 50^{\circ}$ при повышенной влажности руды.

Рис. 21 – Поперечный размер думпкара грузоподъемностью 140-180 т типа 2ВС, думпкара грузоподъемностью 100 т типа ВС-100

Таблица 19

Краткая характеристика автосамосвалов, тягачей

Параметр		БелАЗ						МАЗ	
		самосвал			тягач с прицепом			самосвал	
		540	548	549	540В+ 5271	548 В+ 5272	549 В+ 5275	503	503Б
Номинальная грузоподъёмность, т		27	40	75	45	65	120(7512)	7,0	7,5
Объём кузова, м^3		15,3	22,3	35			47		
Масса автомобиля, т	снаряжённого	21	29	48			90	13,9	13,9
	полная	48	69	125			195		
Дорожный просвет под задней осью, мм просвет (без груза)		475	400	620		740			
Наружный габаритный радиус поворота по крайней внешней точке крыла, мм		10	11,5	9,0			13	7,5	7,5
Высота по козырьку поднятой платформы, м		7	7,9	9,5					
Габариты, мм	*L*	7,3	8,1	9,7			11,3	6	
	B	3,5	3,8	4,9			6,1	2,65	
	H	3,6	3,9	4,4			5,4	2,6	
Разгрузка		Н а з а д							
Длина фронта разгрузки, м		3,5	3,8	4,9					
Примечание. *Для самосвалов (*МАЗ*) не рекомендуется ёмкость ковша экскаватора: 1)* >1,5 *м^3 грунт мягкий; 2)* >1,0 *м^3 грунт твердый*									
Продолжительность разгрузки, мин		1	1,2 – 1,5						
Опускание платформы, с		20							

Параметр		КамАЗ (самосвал)		КрАЗ					МоАЗ
		55102	5511	222	254	256	251	2565	522
Номинальная грузоподъёмность, т		7	10	10	10	10	12	12	18 – 20
Объём кузова, м^3				8	8	8	6 – 8	6	10
Масса автомобиля, т	снаряженного	8,5	8,9	12,2	11,5	11,4	10,6	–	–
	полная	15,6	19,0						
Дорожный просвет под задней осью, мм (без груза)		280							
Наружный габаритный радиус поворота по крайней внешней точке крыла, мм		9,3	9,0	10,5	10,5	10,5	10,0	19,3	10,5
Высота по козырьку поднятой платформы, м		4,0	5,8						
Габариты, мм	L	7,6	7,2	8,2	7,9	8,2	7,5	8,1	
	B	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7	2,5	2,6	
	H	2,9	2,7	2,8	2,8	2,8	2,5	2,8	
Разгрузка		Боковая	Назад						

Продолжение табл.19

Параметр	КамАЗ (самосвал)		КрАЗ					МоАЗ
	55102	5511	222	254	256	251	2565	522
Продолжительность разгрузки, мин								
Опускание платформы, с								

Примечание. Изображение автосамосвалов приведено в приложении У

Таблица 20

Краткая техническая характеристика железнодорожных вагонов

Тип вагона	Обозначение	Грузоподъём-ность, т	Коли-чество осей	Длина по осям сцепок, м	Наружная длина кузова, м	Угол наклона кузова при разгрузке, град.
Гондола с металлическим кузовом		52	4	13,9		
		95	6	16,4		
		126	8	20,2		
Думпкар	6 ВС – 60	60	4	11,8	9,8	45
	В 85	85	4	12,2	10,6	4,5
	2 ВС – 105	105	6	14,9	13,4	45
	ВС – 136	136	8	17,6	16,1	45
	2 ВС – 180	180	8	17,6	16,2	45
Полувагон с седло-образным дном		90		16,4		

Примечание. Гондола и полувагон разгружаются с помощью толкателей или «под себя»; разрез думпкара приведён на рис. 21

«Компоновочная» площадь колосникового грохота определяется расчётом. Например, для варианта по рис. 22 она составит

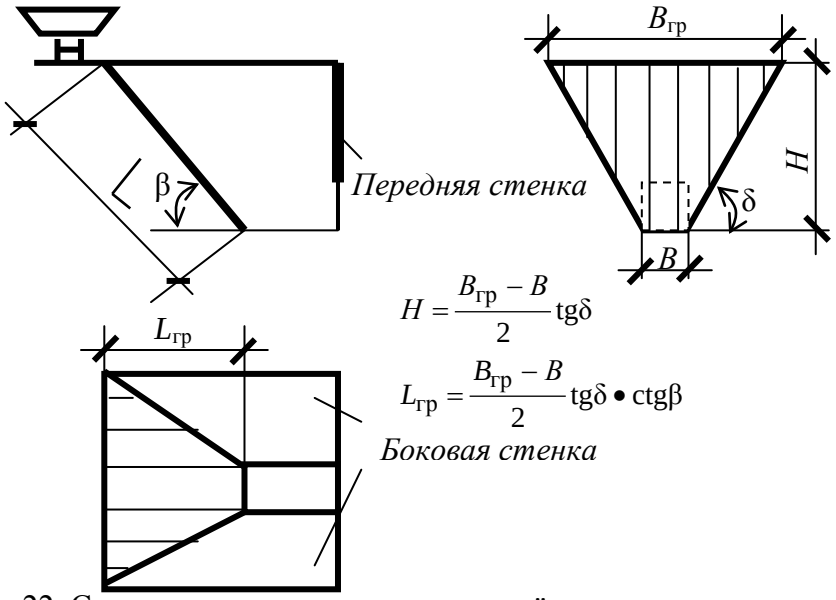
$$F_{комп.}=0{,}25(B^2_{гр.}-B^2)\cdot ctg\beta \cdot tg\delta \qquad (122)$$

Завершаются расчёты сравнением значений $F_{комп.}$ и $F_{гр.}$. Если $F_{комп.} \le F_{гр.}$, то окончательная длина грохота определится из условия

$$F_{гр.}=B\cdot L_{гр} \qquad (123)$$

Если же $F_{комп} > F_{гр.}$, то длина грохота находится по уравнению (120).

N.B. - *Количество колосниковых грохотов зависит от количества дробилок, на которые поступает надрешётный продукт. Обычное соотношение «грохот: дробилка» 1:1, возможны варианты 2:1 и 3:1. Последние характерны при подаче руды автотранспортом и редко – железнодорожным.*



$$H = \frac{B_{гр} - B}{2} \mathrm{tg}\delta \qquad (124)$$

$$L_{гр} = \frac{B_{гр} - B}{2} \mathrm{tg}\delta \bullet \mathrm{ctg}\beta \qquad (125)$$

Рис. 22. Схема компоновочного узла «приёмная воронка – колосниковый грохот»
B- ширина разгрузочной щели (меньше ширины полотна пластинчатого питателя примерно на 300 мм); $B_{гр.}$ – компоновочная ширина грохота (по стороне разгрузки транспорта); *L* - длина колосника; $L_{гр.}$ – расчётная длина колосникового грохота.

7.2.2. Выбор и расчёт грохотов для среднего и мелкого дробления

Рекомендации по выбору типа грохота даны в литературе /2, 5, 16/. В зависимости от крупности питания и от насыпной плотности продукта принимается исполнение грохота Л, С или Т. Довольно часто под словом «исполнение» понимают не только конструктивные особенности, но и вариант установки грохота – опорное (О), подвесное (П).

Исходя из особенностей руды и целей рудоподготовки, надо выбрать тип просеивающей поверхности и задаться величиной коэффициента живого сечения.

Для расчёта вибрационных (инерционных, полувибрационных и др.) разработаны разные методики. При проектировании возможно использовать любую из них, но *нельзя вести расчёты одновременно по нескольким методикам.* Ниже приводится наиболее технологичная (по мнению автора) и распространённая методика /13/, откорректированная на кафедре ОПИ УГГГА.

Необходимая площадь ($м^2$) для грохочения на виброгрохотах рассчитывается по формуле

$$F_{гр.} = Q/(q\ \rho_н\ k\ l\ m\ n\ o\ p\ k`_{ж.с.}), \qquad (126)$$

где Q – производительность операции «грохочение» по питанию, т/ч; q – удельная производительность одного кв. метра просеивающей поверхности, $м^3/(м^2 \cdot ч)$.

По Разумову К. А. /13/ для самобалансных грохотов удельная производительность выше на 65 % по сравнению с аналогичной для самоцентрирующихся грохотов. Значения q приведены в табл. 21; $\rho_н$ – насыпная плотность (см. п. 7.8.); k, l, m, n, o, p – поправочные коэффициенты по табл. 21; $k`_{ж.с.}$ – коэффициент учёта величины живого сечения просеивающей поверхности, при грохочении руд $k`_{ж.с.} = k_{ж.с.}/50$ ($k_{ж.с.}$- коэффициент живого сечения принимаемой просеивающей поверхности, %).

После определения необходимой площади для грохочения надо в справочниках (каталогах) найти площади нескольких типоразмеров грохотов (F_i, м^2)

N.B. – *Если в справочной литературе нет данных о величине* ***рабочей*** *площади грохота, но есть габариты (B_i, L_i) короба, то надо рассчитать площадь грохочения i-го типоразмера грохота по выражению*

$$F_i = 0{,}85\, B_i\, L_i \qquad (127)$$

Если же из справочных данных следует, что площадь определена как произведение BxL, то справочные данные необходимо уменьшить для F_i на 15 %, т. е. использовать выражение (126).

Некоторые сведения по виброгрохотам приведены в Приложении И.

Количество грохотов каждого типоразмера определяется по формуле

$$n_i = F_{гр} / (F_i\, k_{н.пит.}) \qquad (128)$$

Для большей компактности ПЗ необходимо расчёты представить в виде сводной таблицы по форме табл. 22, а в тексте дать пример расчёта.

Для выбранных грохотов определяется коэффициент загрузки

$$k_з = n_i / n_{прин.} \cdot 100, \% \qquad (129)$$

и производится проверка на толщину слоя, которая должна быть в конце просеивающей поверхности не более 100 мм или не более 4d. Толщина слоя рассчитывается по формуле:

$$h = Q_+ /(3{,}6 \cdot \rho_н \cdot B_р \cdot v), \qquad (130)$$

где Q_+ – производительность грохота по надрешётному продукту, т/ч;

$B_р$ – рабочая ширина грохота, м; $B_р = B - 0{,}15$; B – ширина короба грохота, м; v - скорость движения материала по грохоту, м/с. Принимается в зависимости от влажности продукта и от угла наклона равной для виброгрохотов 0,5-0,63 м/с и для самобалансных 0,25 – 0,35 м/с.

Окончательно количество грохотов принимается кратным количеству работающих с ними дробилок, и оно должно быть минимально возможным.

Расчёты грохотов заканчиваются определением номера сетки (размера отверстия просеивающей поверхности), которую необходимо установить на грохот с учётом угла наклона грохота (α, град):

$$a_{уст.} = k \cdot a_{расч.}, \qquad (131)$$

где k – поправочный коэффициент /5/.

α , град	0	15	20	25
k	1,00	1,10	1,15	1,25

8. ВЫБОР И РАСЧЁТ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОТДЕЛЕНИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

8.1. Режим работы отделения измельчения

Отделение измельчения обычно входит в состав корпуса обогащения (цех обогащения), т. к. складирование измельчённых продуктов затруднено и к тому же связано с сильным изменением поверхности тонкоизмельчённых зёрен, что отрицательно будет сказываться на эффективности последующих операций обогащения.

Таблица 21

Поправочные коэффициенты для расчёта вибрационных грохотов

q, удельная производительность	Размер отверстия сита а, мм	0,5	0,8	1	2	3	6	10	13	16	20
	q, м^3 /(ч· м^2)	3,0	3,5	4,0	5,5	7,5	13	19	22	24,5	28
	Размер отверстия сита а, мм	25	30	40	50	60	70	80	100	150	220
	q, м^3 /(ч· м^2)	31	33,5	37	42	46	50	55	63	90	110
k, влияние мелочи	Содержание в питании зёрен размером меньше половины размера отверстия, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	k, д. ед.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
l, влияние крупных зёрен	Содержание в питании зёрен «+a», %	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
	l , д. ед.	0,94	0,97	1,00	1,03	1,09	1,18	1,32	1,55	2,00	3,36
m, учёт эффективности	E, %	40	50	60	70	80	90	92	94	96	98
	m, д. ед.	2,3	2,1	1,9	1,65	1,35	1,00	0,9	0,8	0,6	0,4

n, форма зёрен	Материал и форма	Уголь	Округлённая		Дроблёный материал (кроме угля)
	n, д. ед.	1,5	1,25		1,0
o, влияние влажности	Характер сетки и материала	Размер отверстия сит меньше 25мм			Размер отверстия сит больше 25 мм
		Сухой	Влажный	Комкующийся	В зависимости от влажности
	o, д. ед.	1,0	0,75 - 0,85	0,2 - 0,6	0,9 - 1,0
p, способ грохочения	условия	Размер отверстия сит меньше 25мм			Размер отверстия сит больше 25мм
		Сухое	Мокрое с орошением		любое
	p	1,0	1,25 - 1,40		1,0

Таблица 22

Расчётная таблица грохотов

Стадия дробления / Наименование грохочения	Q, т/ч	a, мм	q, $м^3/(ч \cdot м^2)$	$\rho_н$, $т/м^3$	Коэффициенты k	l	m	n	o	p	$k'_{ж.с.}$	$F_{гр}$, $м^2$	Типоразмер грохота и его площадь F_i, $м^2$	n_i	$n_{прин}$	$k_з$, %

Режим работы главного корпуса определяется способом обогащения и особенностями технологического процесса, отраслевой принадлежностью фабрики и способом ремонта мельниц (самого сложного оборудования в цехе обогащения). Чтобы обеспечить бесперебойную работу главного корпуса при необходимости усреднения руды, используется складирование мелкодроблёной руды. Для этого применяются склад или бункер, полезная ёмкость которых обеспечивает обычно 36 - 48 часов работы цеха обогащения.

По «Нормам проектирования…»/11/ флотационных фабрик МЦМ России отделение *одностадиального* измельчения работает 343 дня в году по 24 часа в сутки при фонде машинного времени 8235 ч, что соответствует непрерывной рабочей неделе в три смены по восемь часов и коэффициенту использования машинного времени $k_в$ = 0,94. При измельчении руды, которая отличается по крепости от средней, надо вводить поправку k':

руда мягкая - k' = 1,02-1,04;

руда твёрдая - k' = 0,98;

руда весьма твёрдая - k' = 0,96.

Суточная и часовая производительности (т/сут., т/ч) отделения измельчения определяются по формулам (1) и (3).

Объём складируемой мелкодроблёной руды ($м^3$) составит

$$V = (36 \div 48) Q_{ч.изм.} / \rho_н \qquad (132)$$

8.2. Расчёт схемы измельчения

Для пояснения (!) расчёта на рис. 23 приведена одна из возможных схем измельчения. В случае одностадиального измельчения в шаровых мельницах расчётным является класс -71мкм. Массовая доля его в продуктах измельчения принимается по заданию и по практике обогащения. Известно, что на первой стадии измельчения в разгрузке мельниц содержится класса -71мкм: у мельниц типа МШР –20 –30 %, у мельниц типа МШЦ –25 – 40 % (меньшие зна

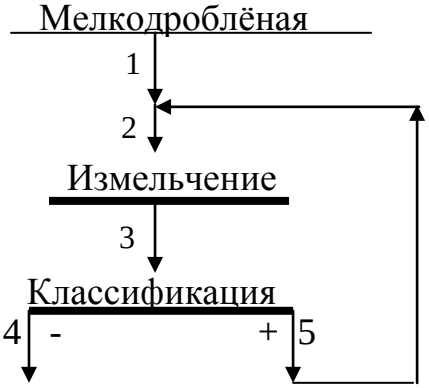


Рис. 23. – Пример к расчёту схемы измельчения
1-5 – номера продуктов

N. B. *– В ПЗ курсового проекта такой рисунок не нужно приводить, следует делать ссылку на общий рисунок схемы рудоподготовки*

классификации зависит от типа оборудования. Если принимается спиральный классификатор, то в песках содержится класса -71мкм примерно половина (даже меньше) того, что имеется в питании классификации. Если же используется гидроциклон, то класса -71мкм содержится более половины (до 3/4).

Примечание. *В данном курсовом следует рассчитать схему измельчения только один раз независимо от дальнейших расчётов и решений.*

Расчётные формулы имеют вид:

-ключевые расчётные формулы (из баланса расчётного класса по продуктам операции классификации):

$$-\gamma_4 = \gamma_3(\beta_3^{-71} - \beta_5^{-71})/(\beta_4^{-71} - \beta_5^{-71}), \quad (133)$$

$$-\gamma_4 = \gamma_1, \quad (134)$$

$$-\gamma_3 = \gamma_2, \quad (135)$$

$$-Q_4 = Q_1, \quad (136)$$

$$-Q_3 = Q_1\gamma_3/100, \quad (137)$$

$$-Q_2 = Q_3, \quad (138)$$

$$-Q_5 = Q_2 - Q_1 \quad (139)$$

При расчёте схемы измельчения важным является обеспечение оптимального уровня затрат на измельчение. По Разумову К. А. /13,14/ оценкой оптимальности является величина циркуляционной нагрузки C. Необходимо рассчитать её и сравнить с оптимальным значением $C_{\text{опт.}}$ /13/

$$C = \gamma_5 100/\gamma_4, \% \quad (140)$$

Результаты расчётов схемы измельчения надо записать в общую расчётную таблицу (табл. 12).

8.3. Выбор типа мельницы

Рекомендации по выбору типа мельницы приведены в литературе /5, 14, 15/. Обязателен учёт характера руды, крупности дроблёного продукта и массовой доли в нём готового класса. Нельзя оставить без внимания и конструктивные особенности мельниц и современные тенденции. Основные аспекты выбора приведены в табл. 23.

Таблица 23

Оценка условий применения мельниц

Фактор	Преимущество имеет мельница
Количество готового класса -71мкм в сливе мельницы	МШЦ (максимум)
Продолжительность нахождения руды в мельнице	МШР (минимум)
Степень окисления минеральных поверхностей	МШР (минимум)
Сложность конструкции мельницы и сложность ремонта	МШЦ (минимум)
Масса мельницы	МШЦ (минимум)
Удельный расход электроэнергии на 1т готового класса	МШЦ (минимум)

В курсовом проекте принимается мельница с центральной разгрузкой.

8.4. Расчёт количества мельниц

Расчёт количества мельниц, работающих в замкнутом цикле, производится по так называемому «оригинальному» питанию. Под этим понимают питание **цикла** измельчения.

Раздел надо начинать с определения исходных данных, включая всё об эталонной мельнице.

Общий порядок расчёта мельниц следующий:

а) определение необходимой производительности цикла измельчения по расчётному классу;

б) определение удельной производительности выбранных типоразмеров мельниц для проектных условий;

в) определение повариантно необходимого объёма мельниц для измельчения;

г) определение повариантно количества мельниц;

д) проверка мельниц на пропускную способность;

е) технико-экономическое сравнение вариантов с учётом результатов расчёта классифицирующего оборудования.

Производительность цикла по классу -71мкм определяется (т/ч) по формуле

$$Q^{-71} = Q_{\text{ч.изм.}}(\beta^{-71} - \alpha^{-71})/100, \qquad (141)$$

где α^{-71} и β^{-71} - массовая доля класса -71мкм в дроблёной руде и в питании флотации, %.

Внимание! При наличии в цикле измельчения предварительной классификации раздельно от поверочной (как показано на рис. 5, 6, 8), для расчёта мельниц необходимо определение производительности подцикла «измельчение – поверочная классификация» по формуле

$$Q_{\text{изм}}^{-71} = Q_{\text{п.п.к.}}^{-71} \cdot (\beta_{\text{с.пов.к.}}^{-71} - \alpha_{\text{п.п.к.}}^{-71})/100 \ , \qquad (142)$$

где $Q_{\text{п.п.к.}}^{-71}$ - производительность по пескам предварительной классификации, $\beta_{\text{с.пов.к.}}^{-71}$- массовая доля класса –71 мкм в сливе поверочной классификации, $\alpha_{\text{п.п.к.}}^{-71}$- массовая доля класса –71 мкм в песках предварительной классификации. В этих случаях в дальнейшем используется значение $Q_{\text{п.п.к.}}^{-71}$ в формуле (148).

Удельная производительность *i*-го типоразмера мельницы для проектных условий равна (т / (ч·м^3)):

$$q_i = q_{\text{эт.}} \cdot k_{\text{изм.}} \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{кр.}} \cdot k_{Di} \, , \qquad (143)$$

где $q_{\text{эт}}$.- удельная производительность эталонной мельницы по классу-71мкм, т/(ч·м^3). Значение принимается по заданию или рассчитывает по формуле

$$q_{\text{эт.}} = Q_{\text{эт.}}(\beta_{\text{эт.}}^{-71} - \alpha_{\text{эт.}}^{-71})/(100 v_{\text{эт.}}), \qquad (144)$$

где $Q_{\text{эт.}}$ - производительность (т/ч) по руде эталонной мельницы; $\alpha_{\text{эт.}}^{-71}$ и $\beta_{\text{эт.}}^{-71}$ - массовая доля (%) класса -71мкм в эталонной руде до и после измельчения; $v_{\text{эт.}}$ - рабочий объём (м^3) эталонной мельницы; $k_{\text{изм.}}$- коэффициент сравнительной измельчаемости руд, проектной и эталонной. Значение задаётся в задании на курсовой проект.

Примечание. *Если в задании* $k_{\text{изм}}$ *не задано, то следует принимать: руда мягкая* - $k_{\text{изм}}$=1,6 – 1,8; *руда средней крепости* - $k_{\text{изм}}$=1,3 – 1,4; *руда твёрдая* - $k_{\text{изм}}$=1,0 – 1,2; *руда весьма твёрдая* - $k_{\text{изм}}$ = 0,7 – 0,9.

$k_{\text{т}}$- коэффициент, который учитывает разницу в типах мельниц эталонной и проектируемой к установке. Значение коэффициента принимается по табл. 24.

Таблица 24

Значение коэффициента перехода $k_{\text{т}}$

Переход	$k_{\text{т}}$
от $(\text{МШЦ})_{\text{эт.}}$ к $(\text{МШР})_{\text{проект.}}$	1,15
от $(\text{МШЦ})_{\text{эт.}}$ к $(\text{МШЦ})_{\text{проект.}}$	1,00
от $(\text{МШР})_{\text{эт.}}$ к $(\text{МШР})_{\text{проект.}}$	
от $(\text{МШР})_{\text{эт.}}$ к $(\text{МШЦ})_{\text{проект.}}$	0,85

$k_{\text{кр.}}$- коэффициент, учитывающий разницу в крупности руды и конечного продукта для мельниц эталонной и проектной.

Определяется по формуле

$$k_{\text{кр.}} = m_2/m_1, \qquad (145)$$

где m_1 и m_2 –относительная производительность (д. е.) по расчётному классу – 71 мкм для эталонных и проектных условий соответственно. Значения m_1 и m_2 находятся по табл. 25. *Например, при измельчении класса -20+0 мм до крупности 85 % по классу –71 мкм относительная производительность составляет* m = 0,83.

Таблица 25

Зависимость относительной производительности мельниц от крупности питания

Крупность дроблёной руды, мм	Относительная производительность (д. е.) при массовой доле (%) класса -71мкм в измельчённом продукте					
	40	48	60	72	85	95
- 40 + 0	0,77	0,81	0,83	0,81	0,80	0,78
- 30 + 0	0,83	0,86	0,87	0,85	0,83	0,80
- 20 + 0	0,89	0,92	0,92	0,88	0,86	0,85
- 10 + 0	1,02	1,03	1,00	0,93	0,90	0,85
- 5 + 0	1,15	1,13	1,05	0,95	0,91	0,85
- 3 + 0	1,19	1,16	1,06	0,95	0,91	0,85

k_{Di} –коэффициент, которым учитывается разница в диаметрах барабанов мельниц проектируемой и эталонной. Находится по формуле

$$k_{D_i} = \sqrt{(D_{\text{проект.}} - 2\Delta_{\text{проект.}})/(D_{\text{эт.}} - 2\Delta_{\text{эт.}})}, \qquad (146)$$

где $D_{\text{проект.}}$, $D_{\text{эт.}}$ – диаметр (в свету) барабана (м) мельниц проектируемой и эталонной; $\Delta_{\text{проект.}}$, $\Delta_{\text{эт.}}$ - толщина футеровки, м.

Некоторые технические данные мельниц приведены в приложениях К, Л, М.

Результаты расчётов представляются в виде расчётной таблицы по форме табл. 26. Первым рассчитывается вариант для мельницы диаметром 3,6 м – при большой производительности фабрики или 2,7 м – при средней и малой производительности. Если получается большое количество мельниц, то надо рассматривать вариант с мельницами большего диаметра. Если же получается расчётом количество мельниц менее одной, то следует рассматривать вариант использования мельниц меньшего диаметра.

Желательно, чтобы были варианты, пригодные для использования мельниц совместно со спиральными классификаторами и отдельно совместно с гидроциклонами.

Необходимый для измельчения объём ($м^3$) мельниц рассчитывается повариантно по формуле

$$V_i = Q^{-71}/(q_i k_{\text{н.пит.}}) \qquad (147)$$

Число мельниц в *i*–ом варианте составляет

$$n_i = V_i / v_i \qquad (148)$$

Проверка мельниц на пропускную способность связана с тем, что мельница рассматривается как труба, через которую свободно может изливаться лишь определённое количество пульпы. Допускаемая пропускная способность шаровых мельниц (т / (ч м^3)) составляет

$$q_{\text{проп.доп.}} = 12k_{\rho} \qquad (149)$$

Таблица 26

Расчётная таблица мельниц

Стадия измельчения	Вариант и типоразмер мельницы	Рабочий объём мельницы, м^3	D_i	Δ_i	$k_{\text{т}}$	m_2	m_1	$k_{\text{кр.}}$
	1.. ….							
	2……							
	….							

Окончание табл. 26

Вариант и типоразмер мельницы	k_{D_i}	$q_{\text{эт.}}$	q_i т/(чм^3)	$k_{\text{н.пит.}}$	V_i, м^3	$n_{\text{расч.}}$	$n_{\text{прин.}}$	$k_{\text{загрузки}}$

Пропускная способность проектируемой мельницы (т / (ч м^3)) рассчитывается по формуле:

$$q_{\text{проп.проект.}_i} = Q_{\text{пит.}} / (n_{i\text{прин.}} v_i), \qquad (151)$$

где $Q_{\text{пит.}}$- количество руды, подаваемой в мельницы, т/ч; $n_{i\text{прин.}}$ – принятое количество мельниц в *i*–ом варианте.

Если по пропускной способности мельница не удовлетворяет («не проходит»), то количество мельниц рассчитывается, исходя из допустимой пропускной способности

$$n_{i\text{прин.}} = Q_{\text{пит.}} / (q_{\text{проп.}})_{\text{доп.}} \qquad (152)$$

Для окончательного решения вопроса о количестве мельниц составляется таблица технико-экономического сравнения вариантов (табл. 27).

Таблица 27

Технико-экономическое сравнение вариантов мельниц

Стадия измельчения	Вариант, типоразмер	Объём мельницы, $м^3$		Количество мельниц	Коэффициент загрузки
		одной	всех		
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…

Окончание табл. 27

Вариант, типоразмер	Масса, т		Установленная мощность, кВт		Стоимость, р		Примечание
	одной	всех	одной	всех	одной	всех	
…	…	…	…	…	…	…	
…	…	…	…	…	…	…	

8.5. Выбор оборудования для классификации

Рекомендации по выбору оборудования для классификации приведены в литературе /5, 10, 11, 12, 14, 15, 16/. Наиболее массово используются спиральные классификаторы и гидроциклоны. Грубый слив получается на классификаторах с непогружённой спиралью (КСН) и с некоторыми затруднениями в гидроциклонах. Тонкий слив (класса – 71 мкм в сливе более 60 %) с равным успехом может быть получен и в гидроциклонах, и на спиральных классификаторах с погружённой спиралью. Эффективность классификации по классу – 71 мкм всегда выше у спиральных классификаторов, в то время как при классификации в гидроциклонах она редко превышает 50 %. Это ведёт, во-первых, к увеличению циркуляционной нагрузки в среднем на 50 – 400 % относительных, во-вторых, к увеличению продолжительности пребывания готового класса в зоне измельчения, в-третьих, к увеличению ошламования. Существеннейшим недостатком гидроциклонов является невозможность использовать их в самотечном замкнутом цикле измельчения, а это приводит к большим эксплуатационным расходам на эксплуатацию насосов. Расход электроэнергии на тонну готового класса при классификации в гидроциклонах выше на 25 – 45 % по сравнению со спиральными классификаторами. К тому же только при использовании спиральных классификаторов наблюдается в песках цикла существенная концентрация тяжёлых и благородных элементов, которые улавливаются ловушками, отсадкой и другими гравитационными процессами. Улавливание происходит при достаточно крупных зёрнах. В постели спиральных классификаторов накапливаются твердосплавные элементы буровых коронок и эти элементы представляют собой ценное вторичное сырьё для производства резцов. Несмотря на всё вышеотмеченное, резко ограничено в последнее время использование спиральных классификаторов, особенно типа КСП. А вызвано это тем, что под спиральными классификаторами находится около 40 % площади пролёта измельчения.

8.6. Расчёт классифицирующего оборудования

8.6.1. Расчёт спиральных классификаторов

Порядок расчётов:

а) определение необходимого диаметра спирали;

б) выбор из каталогов *ближайшего наибольшего* значения;

в) расчёт производительности по сливу выбранного типоразмера классификатора;

г) проверка классификатора на развиваемую им производительность по пескам.

Технические характеристики спиральных классификаторов располагаются в Приложениях Н, П.

Минимальный диаметр спирали (м) рассчитывается по формуле:

- для КСН

$$Д_{мин.} = -0{,}394 + 0{,}505\sqrt{Q/(mk_1k_2)}, \quad (153)$$

- для КСП

$$Д_{мин.} = -0{,}343 + 0{,}563\sqrt{Q/(mk_1k_2)}, \quad (154)$$

где Q- производительность классификатора по твёрдому в сливе, т/ч; m- общее количество спиралей; k_1, k_2, k_3, k_4 – поправочные коэффициенты, значения которых принимаются в данном курсовом проекте по табл. 28 – 32.

$$m = n \cdot l, \quad (155)$$

где l – количество спиралей у одного классификатора; n – число мельниц, на которые поступают пески классификатора.

Расчёты спиральных классификаторов начинают с односпиральных (l = 1) и для количества мельниц, принятых ранее (п. 9.4.). При необходимости увеличения в дальнейшем количества спиралей надо перейти сначала на двухспиральные классификаторы, а затем увеличивать количество мельниц, не ограничиваясь результатами расчётов по п. 9.4.

Таблица 28

Значения поправочного коэффициента на плотность руды

Плотность руды, т/м^3	2,0	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5
k_1	0,65	0,9	1,0	1,15	1,25	1,40	1,55	1,65	1,75	1,90

Таблица 29

Значения поправочного коэффициента на крупность слива спирального классификатора k_2 /15/

Массовая доля в сливе, %	-71мкм	17,5	23,5	31,3	41,2	52,9	65,3	78,2	88,4	95,0			
	-45 мкм	11,0	15,0	20,0	27,0	36,0	45,5	59,2	72,0	83,2	88,5	91,7	95,0
Номинальная крупность $d_{0,95}$, мм		1,15	0,85	0,60	0,42	0,30	0,21	0,15	0,105	0,075	0,06	0,053	0,045
Весовое базисное разбавление $R_{баз.2,7}$=Ж:Т		1,3	1,45	1,6	1,8	2,0	2,33	4,0	4,5	5,7		6,0	6,75
Коэффициент k_2	КСН	2,5	2,36	2,19	1,95	1,7	1,41	1,0	0,66	0,46			
	КСП						3,0	2,3	1,6	1,0	0,75	0,57	0,36

Таблица 30

Усреднённая практическая зависимость между номинальной крупностью $d_{0,95}$ и плотностью слива

Номинальная крупность $d_{0,95}$,мм	0,30	0,20	0,15	0,1
Плотность слива,%	28-50	25-45	20-35	15-30

Таблица 31

Значения поправочного коэффициента на действительную плотность слива k_3 /14/

Отношение фактического разбавления к базисному $R_ф/R_{баз.ρ}$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	3,0	4,0	5,0
k_3	0,75	0,85	1,0	1,1	1,2	1,25	1,2	1,0	0,85	0,7

Таблица 32

Значения поправочного коэффициента k_4 на количество первичных шламов

Количество первичных шламов	Массовая доля класса -71мкм в мелкодроблёной руде, %	k_4
Низкое	Менее 5	1,1-1,2
Среднее	5 – 12	1,0
Высокое	Более 12	0,75-0,80

Для нахождения значения коэффициента k_3 надо рассчитать отношение $R_ф/R_{баз.ρ}$ Фактическое разбавление слива классификатора $R_ф$ определяется по формуле

$$R_ф = (100 - β_{сл.})/β_{сл.}, \qquad (156)$$

где $β_{сл.}$- массовая доля в сливе класса – 71 мкм. Допустимо рассчитать $β_{сл.}$ (%) по формуле

$$\beta_{сл.} = (48{,}3 - 0{,}35\beta^{-71})(1 + 0{,}5(\rho - 2{,}7)), \qquad (157)$$

или по усреднённым данным практики – табл. 31.

Базисное разбавление для руды $R_{баз.\rho}$ рассчитывается по формуле

$$R_{баз.\rho} = R_{баз2{,}7}\frac{2{,}7}{\rho}, \qquad (158)$$

где $R_{баз.2,7}$ – базисное разбавление для пульпы при плотности руды 2,7 т/м^3 (табл. 30).

Для принятого типоразмера ($Д_{прин.}$) классификатора рассчитывается производительность по сливу (т/ч), которую он может обеспечить:

-для КСН

$$Q_{расч.} = mk_1k_2k_3k_4(3{,}917Д^2_{прин.} + 0{,}667Д_{прин.}); \qquad (159)$$

-для КСП

$$Q_{расч.} = mk_1k_2k_3k_4(3{,}125Д^2_{прин.} + 0{,}417Д_{прин.}); \qquad (160)$$

Рассчитанное значение производительности сравнивается с требуемой, которая дана в расчётной таблице для схемы и на рисунке качественно-количественной схемы должно быть соотношение

$$Q_{расч.} \geq Q_{сл.} \qquad (161)$$

Если оно не выполняется, то надо увеличить $Д_{прин.}$ количество спиралей.

Заканчиваются расчёты классификатора определением производительности по пескам (т/ч) как винтового конвейера

$$Q_{песк.} = 5{,}625mk_1\omega Д^2_{прин.}, \qquad (162)$$

где ω – частота вращения спирали, мин.$^{-1}$

Частота вращения спирали принимается сначала минимальной по каталогу. Рассчитанная производительность должна быть больше количества песков, полученного расчётом качественно-количественной схемы рудоподготовки.

8.6.2. Расчёт гидроциклонов

Порядок расчёта:

а) определяется максимально возможный диаметр гидроциклона;

б) выбирается несколько типоразмеров гидроциклонов;

в) по каждому варианту рассчитывается производительность и количество гидроциклонов;

г) подбирается сечение песковой насадки и проверяется нагрузка на выбранную песковую насадку.

Технические данные гидроциклонов располагаются в Приложении Р.

Максимальный диаметр (см) рассчитывается по формуле

$$Д_{макс.} = 1{,}2 d^2_{макс.} (d_п / d_{сл.})^2 (\rho - \rho_о) \sqrt{H} / \beta_{тв.пит.}, \quad (163)$$

где $d_{макс.}$- номинальная крупность ($d_{0,95}$) зёрен (мкм) в сливе гидроциклона (принимается по табл. 33); $d_п$, $d_{сл.}$ – диаметры (см) насадков пескового и сливного; ρ, $\rho_о$ - плотность (т/м^3) твёрдой и жидкой фаз пульпы; H – рабочий напор (МПа) пульпы на входе в гидроциклон; $\rho_{тв.пит.}$ – массовая доля (%) твёрдого в питании гидроциклона.

Таблица 33

Соотношение номинальной крупности и массовой доли классов в питании и в сливе гидроциклона /13/

Массовая доля класса (мкм),%	-71	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
	-45	5,6	11,3	17,3	24	31,5	39,5	48	58	71,5	80,5
	-20			9	13	17	23	26	35	46	55
Номинальная крупность $d_{0.95}$, мкм					430	320	240	180	140	94	75

Соотношение ($d_п$ /$d_{сл.}$) принимается обычно равным 0,5 - 0,6. В дальнейшем оно должно быть учтено при выборе размеров насадок. В зависимости от частного выхода песков ($\gamma'_п$) соотношение ($d_п$ /$d_{сл.}$) может составлять:

$\gamma'_п \geq 70$ % → ($d_п$/$d_{сл.}$) = 0,7 ÷ 0,8;

$\gamma'_п < 30$ % → ($d_п$/$d_{сл.}$) = 0,2 ÷ 0,3.

Таким образом, для более точного расчёта необходимо найти частный выход песков и лишь затем решать вопрос о величине соотношения диаметров насадок.

Примечание – частный выход песков находится из пропорции:

выход питания операции классификации ($\gamma_{исх.}$) – 100,00

выход песков операции классификации ($\gamma'_п$) – $\gamma_п$.

Рабочий напор H пульпы на входе в гидроциклон составляет в среднем 0,1 МПа; однако, для получения грубого слива он уменьшается до значений 0,04-0,03 МПа. Назначая напор, надо иметь в виду, что чем он выше, тем больше расходы на его создание (электроэнергия, насосы, износ труб).

Массовая доля твёрдого в питании гидроциклона ($\beta_{тв.пит.}$,%) рассчитывается по формуле

$$\beta_{тв.пит.} = 100/(\gamma'_{сл.}/\beta_{тв.сл} + \gamma'_п/\beta_{тв.п}), \quad (164)$$

где $\gamma'_{сл.}$, $\gamma'_{п.}$ – частные выхода слива и песков классификации, $\gamma'_{сл.} + \gamma'_{п.}$ = 100,00 %; $\beta_{тв.сл.}$, $\beta_{тв.п.}$ – массовая доля (%) твёрдого в сливе и в песках. Для ориентировочного определения твёрдого в сливе гидроциклона используется формула

$$\beta_{\text{тв.сл.}} = (52 - 0{,}38\beta^{-71})(1 + 0{,}5(\rho - 2{,}7)) \qquad (165)$$

Массовую долю (%) твёрдого в песках гидроциклона можно принять по табл. 34.

Таблица 34

Ориентировочная массовая доля твёрдого в песках гидроциклона

Массовая доля (%) класса –71мкм в сливе β^{-71}	50-60	60-70	70-80	80-90	90-95	≥95
Массовая доля (%) твёрдого в песках $\beta_{\text{тв.п.}}$	80	75	72	70	67	65

После расчёта максимального диаметра гидроциклона принимаются два ближайших типоразмера по каталогам (например, по Приложению Р). При этом надо учитывать крупность слива, которую обеспечивает тот или иной гидроциклон, и то, что наиболее употребительными являются ГЦ-350, ГЦ-500 ГЦ-710 и ГЦ-1000. В литературе /16/ отмечается, что с увеличением диаметра гидроциклона увеличивается крупность слива, а также величина граничной крупности разделения. Для них определяется производительность ($м^3/ч$) по ***питанию (по пульпе)***

$$V_{\text{гц}} = 3k_{\alpha}k_{\text{Д}}d_{\text{пит.}}d_{\text{сл.}}\sqrt{P_{\text{о}}}\,, \qquad (166)$$

где k_{α} – коэффициент учёта угла конусности (табл. 35) гидроциклона; $k_{\text{Д}}$ – коэффициент учёта диаметра (табл. 36) гидроциклона; $d_{\text{пит.}}$ – эквивалентный диаметр (см) питающего насадка; $d_{\text{сл.}}$ – диаметр (см) сливного патрубка (насадка). Значения $d_{\text{пит}}$ и $d_{\text{сл}}$ принимаются из каталога (справочников) по оборудованию; $P_{\text{о}}$ – давление пульпы (МПа) на входе в гидроциклон.

Таблица 35

Учёт угла конусности гидроциклона коэффициентом k_{α}

Угол конусности гидроциклона, град	10	20	30	45	90
k_{α}	1,15	1,00	0,93	0,89	0,83

Таблица 36

Учёт диаметра гидроциклона $k_{\text{Д}} = 0{,}8 + 1{,}2(1 + 0{,}1\text{Д})^{-1}$

Диаметр гидро-циклона Д, мм	50	75	150	250	360	500	710	1000	1400	2000
$k_{\text{Д}}$	1,6	1,48	1,28	1,14	1,06	1,00	0,95	0,91	0,88	0,81
Высота (м) гидро-циклона $H_{\text{г.ц.}}$	0,6	0,75	0,95	1,35	1,75	2,3	3,5	4,5	5,2	8,5
Примечание. Под высотой гидроциклона понимается расстояние между соединительным фланцем песковой насадки и горизонтальной осью сливного патрубка										

Для гидроциклонов диаметром 500 мм и менее следует принять равенство $P_{\text{о}} = H$

$$P_{\text{о}} = H + H_{\text{г.ц.}}\rho_{\text{п}}0{,}01, \qquad (167)$$

где $H_{\text{г.ц.}}$ – высота гидроциклона (м), находится по табл. 35; $\rho_{\text{п}}$ – плотность (т/м^3) пульпы на входе в гидроциклон. Рассчитывается по формуле

$$\rho_{\text{п}} = 100/(\beta_{\text{тв.пит.}}/\rho + (100 - \beta_{\text{тв.пит.}})/\rho_0) \qquad (168)$$

Дебит пульпы (м^3/ч) рассчитывается для каждого варианта по формуле

$$V_{\text{п}} = Q_{\text{пит.}}(R + \rho^{-1}), \qquad (169)$$

где $Q_{\text{пит.}}$- количество руды (т/ч), поступающей на классификацию; R – разбавление пульпы, которая подаётся на классификацию:

$$R = (100 - \beta_{\text{тв.пит.}})/\beta_{\text{тв.пит.}} \qquad (170)$$

Количество гидроциклонов повариантно

$$n_i = V_{\text{п}}/V_{\text{г.ц.}} \qquad (171)$$

Результаты расчётов надо представить в виде расчётной таблицы (табл. 37).

Завершаются расчёты гидроциклонов определением нагрузки на песковую насадку (т/(ч·см^2)) по формуле

$$q_{\text{песк.}} = 4Q_{\text{песк.}}/(\pi d^2{}_{\text{песк.}} n_{\text{г.ц.}}), \qquad (174)$$

где $Q_{\text{песк.}}$- производительность (т /ч) операции классификации по пескам; $d_{\text{песк}}$ – диаметр (см) пескового насадка; $n_{\text{г.ц.}}$ – принятое количество гидроциклонов.

Диаметр песковой насадки подбирается таким образом, чтобы выдержать ранее принятое соотношение ($d_{\text{п}}$ /$d_{\text{сл.}}$) и чтобы значение $q_{\text{песк.}}$ было в диапазоне 0,5-2,5 т / (ч·см^2).

Таблица 37

Расчёт гидроциклонов

Стади измельчения	Наименование классификации	Вариант	$V_{\text{п}}$, м^3/ч	$d_{\text{и}}/d_{\text{сл.}}$	$d_{\text{макс.}}$, мкм	Массовая доля, %			H, МПа	Д$_{\text{макс.}}$, см	Д$_{\text{прин.}}$, см
						$\beta_{\text{тв.пит.}}$	$\beta_{\text{тв.сл.}}$	$\beta_{\text{тв.п.}}$			

Продолжение табл. 37

Вариант	$P_{\text{о}}$, МПа	Диаметр насадков,см			$k_{\text{Д}}$	k_{α}	$\rho_{\text{п}}$, т/м^3	$V_{\text{г.ц.}}$	n_i	$n_{\text{г.ц.}}$	$q_{\text{песк.}}$, т/(ч·см^2)	Примечание
		$d_{\text{пит}}$	$d_{\text{сл.}}$	$d_{\text{п}}$								

В конце раздела 9. выбирается оптимальный вариант таким образом, чтобы

- напор пульпы на входе гидроциклона был наименьшим;

- количество гидроциклонов было кратным количеству мельниц, с которыми сопрягаются гидроциклоны;

- стоимость оборудования была минимальной.

При выборе оптимального варианта назначается количество резервных гидроциклонов: один на каждые пять, которые работают на **ОДНУ** мельницу одновременно.

9. КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

В этом разделе описывается схема цепи аппаратов, приводятся основные компоновочные[1] решения по цехам с детальным ознакомлением решений по одному (заданному) корпусу. После описания схемы цепи аппаратов (с привязкой к чертежу и к рисунку в ПЗ) обозначаются отдельные цехи (переделы), где находится однородное по конструкции, по условиям работы и по назначению оборудования. Затем обозначается связь этих зданий между собой (например, галереями и др.). Потом отмечаются основные решения по размещению оборудования в каждом цехе (на уровне земли или заглублено, каскадно или на одном уровне), по обустройству здания (характер стен, перекрытий, колонн, наличие лестниц и лестничных клеток, входы и выходы из здания, освещённость), наличие конвейерных галерей, размещение вспомогательных служб. Более детально описывается строительное решение по заданному корпусу.

Схема цепи аппаратов (СЦ) это графическое изображение (сначала рисунок, а затем чертёж) пути следования руды и продуктов обогащения через последовательно установленное основное технологическое оборудование с указанием также вспомогательного оборудования. Типы и количество оборудования должны быть изображены ***полностью***. На рисунке СЦ приводятся также данные по необходимому грузоподъёмному оборудованию. Правила разработки СЦ и условные обозначения оборудования, принятые на кафедре ОПИ УГГГА, приводятся в методической разработке /7/. В соответствии с правилами проектирования /14/ оборудование группируется и на рисунке СЦ указывается условной линией подразделение фабрики: цех, отделение, здание… После беседы с преподавателем по содержимому СЦ уточняется задание на курсовое проектирование, а именно: выявляется здание, для которого надо разработать компоновочные решения и представить их в ПЗ схематичными рисунками, а в графической части чертежом (-ми). Схематичные рисунки (три проекции и более) здания вшиваются в ПЗ и являются основой для разработки чертежа.

Литературные рекомендации /1/ по выбору типа транспорта руды на фабрику с горных работ приведены в табл. 38.

[1] Componere (лат.) – компоновать, т. е. составлять одно согласованное из отдельных частей.

Таблица 38

Рациональные типы автотранспорта руды

Производительность по средней массе, млн. т/год	Грузоподъёмность автотранспорта, т	Протяженность, км	
		откатки	транспорта
5 – 7	10 – 12	0,8 – 1,5	3
15	20 – 25	1,5 – 2	4,7
30	40 – 50	2 – 3	7
40	80	–	10

Андреев А. В. и др. /1/ рекомендуют железнодорожный транспорт на перевозках на расстояния более 7 – 13 км. Продолжительность разгрузки автотранспорта принимается от 1 до 1,5 мин (чем больше грузоподъёмность, тем более продолжительная разгрузка), а манёвра до 1 мин. Для железнодорожного транспорта продолжительность принимается в пределах 1,5 – 2 мин.

При составлении СЦ решаются вопросы выбора типа питателей, транспортного оборудования (конвейера, питатели, элеваторы), типа сооружения для складирования продуктов. Основную роль играют при этом крупность продукта, назначение операции складирования. Рекомендации по выбору типа питателя для каждого конкретного случая следует смотреть в литературе /16/. Складирование чаще всего либо аккумулирующее, либо распределительное. Если основное назначение накапливать продукт, то полезная ёмкость сооружения должна обеспечивать, как правило, не менее 36 часов работы оборудования, которое используется после склада. При крупном продукте это обычно склад. Если назначение устройства распределить продукт между параллельно работающим оборудованием, то полезная ёмкость должна быть в пределах 2,5-3-часовой работы оборудования. Чаще всего для этого используют бункер. Однако при большой производительности экономически более целесообразно применять склад /14/.

Пример. *Если считать, что для складирования мелкодроблёной руды используется бункер, то следует учесть, что его строительные конструкции вписываются в сетку* 6х6 *м. Сначала следует считать, что ячейка бункера будет высотой* 6 *м (подчиняясь нормам строительного проектирования). Таким образом, при коэффициенте использования геометрического объёма ячейки ориентировочно* k = 0,75 - 0,85 /1/, *полезный объём ячейки составит* 0,8 х 6 х 6 х 6 ≈ 170 *м*^{3}. *Количество необходимых ячеек равно* $n = V_{\text{пол.}}/170$. *Это количество может оказаться большим. В таком случае увеличиваем вдвое высоту и получаем опять-таки много ячеек. Следующим шагом решения вопроса (нельзя же бесконечно увеличивать высоту бункера!) может стать увеличение пролёта бункера, т. е. опирать его на колонны, располагающиеся по сетке* 6х12 *м и тем самым ещё уменьшить количество ячеек бункера.*

Нормами строительного проектирования рекомендуется /16/ при большом количестве ячеек использовать склад. В таком случае возможна разгрузка

штабеля конвейерами, которые располагаются как вдоль (три конвейера) штабеля, так и поперёк (неограниченное количество конвейеров) и которые подают мелкодроблёный продукт прямо в мельницы (в таком случае количество конвейеров равно количеству мельниц). При поперечном относительно штабеля расположении конвейеров уменьшается длина пролёта измельчения. Однако…бункер примыкает к пролёту измельчения и поэтому находящаяся в нём руда согревается теплом электродвигателей мельниц. Этого нет при нахождении руды в отдельно стоящем складе. Поэтому решение вопроса «склад-бункер» зависит и от климатических условий. Основные схемы размещения оборудования в зданиях приведены в учебниках Разумова К. А. /11, 12/ и Андреева А. В. /1/

10. ВЫБОР ГРУЗОПОДЬЁМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Известны три способа ремонта оборудования /16/: сменно-машинный, сменно-узловой и индивидуальный. Способ ремонта принимается в зависимости от количества оборудования и с учётом его сложности. Рекомендации приведены в литературе /5/. Наиболее дорогой способ ремонта сменно-машинный и его стараются избегать.

При эксплуатации и для ремонта используются чаще всего тали, тельферы (ТЭ – тали с электродвигателем), мостовые краны и однобалочные, подвесные (одно- или двухпролётные) кран-балки. Основные характеристики грузоподъёмного оборудования помещены в Приложениях С, Т. В условиях цехов дробления и отделения измельчения грузоподъёмное оборудование работает в среднем режиме (С), если же используется грейфер (кран с грейфером) или магнитная шайба, то режим работы весьма тяжёлый (ВТ). Технологическое оборудование монтируется и ремонтируется по индивидуальному способу на месте установки, а по другим способам - на ремонтно-монтажной площадке. Рекомендуемые грузоподъёмности кранов приведены в табл. 39.

Таблица 39

Грузоподъёмность (т) кранов в цехах рудоподготовки

Типоразмер оборудования		Способ ремонта			Примечание
		индивидуальный	сменно-узловой	сменно-машинный	
Дробилки					
ЩДС	2,5х9	-	5	-	
	4х9	-	10	-	
	6х9	-	10	-	
ЩДП	6х12	-	15/3	-	
	12х15	-	30/5	-	
	15х21	-	50/10	-	
	21х25	-	100/20	-	
ККД	500/75	-	20/5	-	
	900/140	-	80/20	-	

Продолжение табл. 39

Типоразмер оборудования		Способ ремонта			Примечание
		индивидуальный	сменно-узловой	сменно-машинный	
ККД	1200/150	-	100/20	-	
	1500/160	-	160/32	-	
	1500/180	-	160/32	-	
	1500/300	-	200/30	-	
КРД	700/75	-	80/20	-	
	700/100	-	100/32	-	
КСД, КМД	600 Гр	-	3,2	-	Если в пролёте одним краном обслуживается более 12 дробилок (КСД+КМД), то принимается сменно-машинный способ
	900 Гр	-	10	-	
	1200 Т,1200 Гр	-	15/5	-	
	2200 Т, 2200 Гр	-	50/10	100/20	
	3000 Т, 3000Гр	-	80/20	150/30	
	1750 Т, 1750 Гр	-	20/5	-	
Мельницы					
МШР	1500х1600	10	10	15	
	2100х1500	20/5	30/5	50/10	
	2100х2200	30/5	50/10	75/20	
	2100х3000		50/10	80/20	
	2700х2100	50/10	80/20	100/20	
	2700х3600				
	3200х3100	75/20	100/20	150/30	
	3600х4000	75/20	150/30	250/30	
	3600х5000	100/20	150/30	300/30	
	4000х5000	80/20	200/32	320/32	
	4500х5000	80/20	250/32	2х250/32	
МШЦ	900х1000	5	5	5	
	1500х3100	15/3	20/5	30/5	
	2100х2200	30/5	30/5	50/10	
	2100х3000	50/10	50/10	75/20	
	2700х3600	75/20	100/20	125/20	
	3200х3100	80/20	100/20	160/30	
	3200х4500	75/20	125/20	200/32	
	3600х4000	32/5	120/20	200/32	
МШЦ	3600х5500	75/20	150/32	300/32	
	4000х5500	50/10	200/32	320/32	
	4500х6000	80/20	250/32	2х250/32	
	5500х6500	120/20	2х320/32	-	
Пластинчатые питатели					
Над приводом		-	5-10	-	
Над натяжной звёздочкой		-	3,2	-	

Окончание табл.39

Типоразмер оборудования	Способ ремонта			Примечание
	индивидуальный	сменно-узловой	сменно-машинный	
Ленточные конвейеры				
Барабаны	-	5-10	-	
Станция приводная промежуточная	-	максимум 32	-	
Насосы				
ГрТ 8000/71	-	32	-	
ГрА 2100/90, ГрА 2500/40	-	16	-	
Прочие	-	до 10	-	

Высота расположения грузоподъёмного оборудования (рис. 27) должна быть минимальной. Она зависит от габаритов оборудования (установок), которое установлено в пролёте, и рассчитывается по выражению

$$H_{\text{ур.г.р.}} = H_{\text{об.}} + \Delta + H_{\text{гр.}} + H_{\text{строп.}} \pm \Delta H, \qquad (173)$$

где $H_{\text{ур.г.р.}}$– высота (уровень) головки подкранового рельса, м; $H_{\text{об.}}$ – максимальная высота относительно отметки 0,000 технологического оборудования, м. При небольших размерах оборудования принимают $H_{\text{об.}} \geq 2{,}3$ м; Δ – просвет между низом транспортируемого груза и верхом установленного оборудования, м. Минимальное значение составляет $\Delta = 0{,}5$ м; $H_{\text{гр.}}$ – высота перемещаемого груза (детали, узла, оборудования), м; $H_{\text{строп.}}$ – высота, необходимая для строповления груза, м. Зависит от габаритов оборудования (груза); минимальное значение $H_{\text{строп.}} \geq 1$ м, причём угол между стропами должен быть меньше 90º; ΔH – расстояние от центра крюка до головки рельса, м. Если крюк ниже головки рельса, то знак «плюс», в ином случае «минус»; $H_{\text{кр.}}$- высота крана, м; h – просвет между верхом тележки крана и низом стропильных ферм (балок), м.

Высота колонны стандартизирована и её *минимальное* значение находится по выражению

$$H_{\text{кол.}} = H_{\text{ур.г.р.}} + H_{\text{кр.}} + h. \qquad (174)$$

Технические данные тельферов и мостовых кранов приведены в Приложениях С и Т.

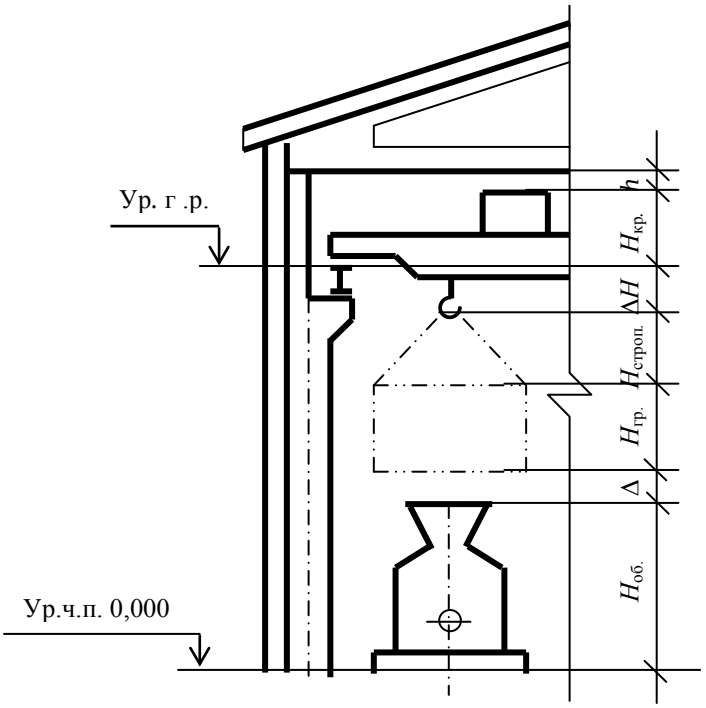


Рис. 27. Высота расположения грузоподъёмного оборудования

11. СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

11.1. Основы строительной части курсового проекта

При разработке чертежа здания рекомендуется руководствоваться литературой /3, 6, 17/.

Большинство зданий, в которых размещается дробильно-измельчающее оборудование, относится к типу одноэтажных. В любом здании (сооружении) различают надземную часть и подземную – фундамент. Основные элементы здания - стены и колонны, перекрытия, фундаментные балки, фахверковое устройство и связи, стропильные фермы, подкрановые балки, лестницы, окна и ворота (двери). В настоящее время производственные здания строятся как каркасные. Основные элементы каркаса: стены и фундаментные балки, колонны и подкрановые балки, стропильные фермы и связи, фахверк, фермы покрытия, прогоны и ригели. Характер строительной конструкции здания определяется кроме всего прочего типоразмером и характеристиками грузоподъёмного оборудования. Поэтому перед разработкой чертежа надо выбрать грузоподъёмное оборудование. Рекомендации по этому выбору приведены в разделе 11 и в Приложениях С, Т. Условное изображение грузоподъёмных средств на чертежах приведено в /4/, в Приложении Ф и в книге Короева Р. И. Черчение для строителей. Учебник для проф. уч. заведений 7-е изд. М.: Высш. шк. Изд. центр «Академия», 2001. 256 с.

В строительном деле для удешевления строительства применяется Единая Модульная Система Координат (ЕМСК), в соответствии с которой производятся серийно детали (части) зданий и сооружений. ЕМСК образуется модульными плоскостями, которые при взаимном пересечении образуют *координационную* сетку из осей. Расстояние между осями называют шагом. Закреплённая (зафиксированная) на местности геодезической службой координационная сетка называется *разбивочной*.

Различают шаг высотный, продольный (вдоль здания, вдоль подкрановых путей) и поперечный (поперёк здания, вдоль моста крана, вдоль стропильных ферм). Величины шагов подчиняются модулю.

Колонны и связанные с ними элементы определяют высоту здания. Под высотой здания понимают расстояние от отметки чистого пола до низа несущих конструкций (очень похоже на понятие «высота этажа» - расстояние между отметками пола смежных этажей). Высотный модуль составляет для подвальной части здания 0,6 м при минимальной высоте 3,6 м, а при высотах более 6,0 м высотный модуль равен 1,2 м. Для надземной части зданий высотный модуль составляет - 0,6 м при высотах до 6,0 м; - 1,2 м при высотах от 6 до 13 м; - 1,8 м при высотах более 13 м. В зданиях выделяют части, в которых в продольном направлении происходит движение грузоподъёмных средств. Такие части сверху перекрываются стропильными фермами, а ширину такой части называют пролётом. Строго говоря, пролёт это расстояние между осями колонн, на которые опираются стропильные фермы и подкрановые пути.

Примечания*:*

1) пролётом крана называют расстояние между осями подкрановых путей. Пролёт крана всегда меньше строительного пролёта;

2) в пролёте может быть несколько поперечных шагов.

На чертежах зданий и сооружений ОСНОВНОЙ ПРОЕКЦИЕЙ являются **ПЛАНЫ** (полные или частичные), а разрезы – дополнительными проекциями!

Планом называют разрез (вид сверху), который образован горизонтальной плоскостью, проводимой через оконные, дверные и прочие проёмы; причем оборудование изображается не рассечённым. Разрезы здания, образованные вертикальными секущими плоскостями, могут быть полными или частичными, простыми или ступенчатыми. Положение секущей плоскости указывается на плане. Надо иметь в виду, что при разработке компоновочных решений секущие плоскости ***не совмещаются*** с координационными и таким образом строительные конструкции изображаются минимально рассечёнными в разрезе. На строительных (рабочих) чертежах секущие плоскости проводятся в основном по координационным осям. На чертежах поперечные оси обозначают арабскими цифрами (1, 2, 3…) слева направо, продольные оси – прописными буквами русского алфавита (за исключением букв З, Й, О, Э) снизу вверх (рис. 28). Если пролёт включает несколько шагов или имеется внутри здания «этажерка», то

каждая ось обозначается дробью: числитель буква и знаменатель – порядковый номер оси в пролёте.

Если здание неправильной формы, то оси обозначают (проставляют) со всех сторон проекции.

При большой длине здания, при перепадах более 1,2 м (в некоторых случаях более 1,8 м) между крышами смежных пролётов устраивают в зданиях деформационные, осадочные и температурные швы (т. ш., д. ш.). Эти швы могут совмещаться или быть порознь /6/. Расстояния между температурными швами приведены в табл. 41.

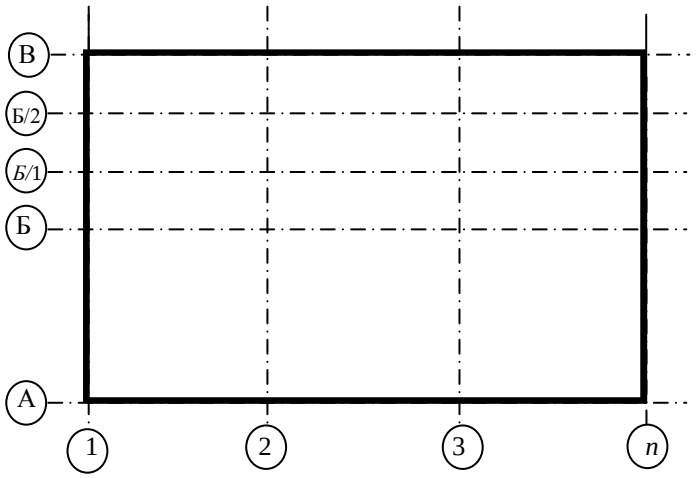


Рис. 28. Обозначение координационных осей на планах

Таблица 41

Наибольшие расстояния (м) между температурными швами при наружной температуре не ниже – 40˚С

Каркас	Здание		Сооружение открытое
	отапливаемое	не отапливаемое	
	расстояние между температурными швами		
Стальной	230	200	150
Смешанный (ж. б. колонны, стальные или деревянные фермы/балки)	60	40	40
Сборный железобетонный	60	40	40

Продольные швы т. ш. и д. ш. обычно совмещают на границе перехода пролётов. Их устраивают на раздельных колоннах со вставкой. Поперечные швы устраивают на двух рядах колон со вставкой, ширина которой принимается в зависимости от грузоподъёмности крана 0,5; 0,75; 1,0м. Оси рядов смещаются относительно координационной оси. Условия применения вставок приведены в табл. 42 и на рис. 29, 30.

Таблица 41

Условия по ширине вставок

Ширина вставки, мм	Грузоподъёмность, т	Высота колонны, м	Шаг колонны, м
500	≤ 50		6
750	≤ 50		6,12
1000	> 50		12
1500	> 75		12

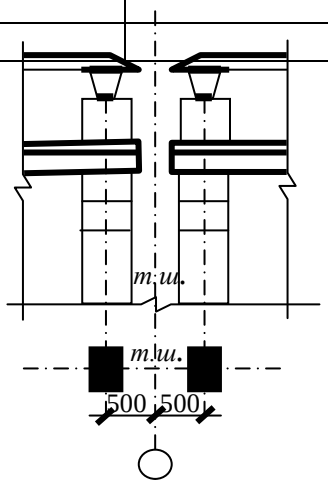


Рис. 29. Поперечные температурные швы

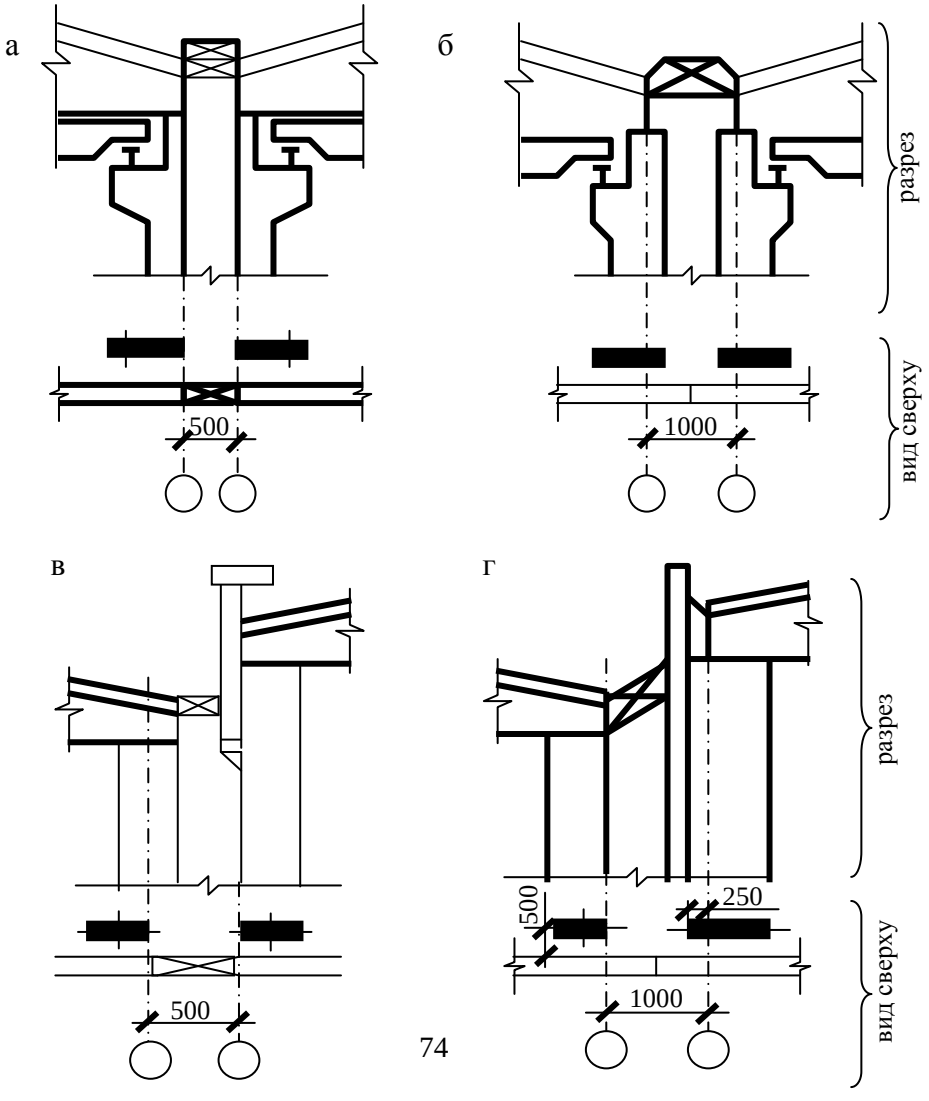


Рис. 30. Продольные температурные швы
условное обозначение вставки
- пролеты одинаковой высоты
- пролеты разновысотные

11.2. Колонны, связи

Известно, что большинство промышленных зданий является каркасным. Каркас одноэтажного здания с покрытием из плоских элементов состоит (рисунок 31) из поперечных рам, которые образованы жёстко защемлёнными в фундаментах колонн и шарнирно опирающимися на колонны стропильными фермами (балками). В продольном направлении рамы связаны подкрановыми балками, подстропильными фермами, балками-распорками и стальными связями. Жёсткий диск могут образовывать плиты покрытия, приваренные к стропильным фермам.

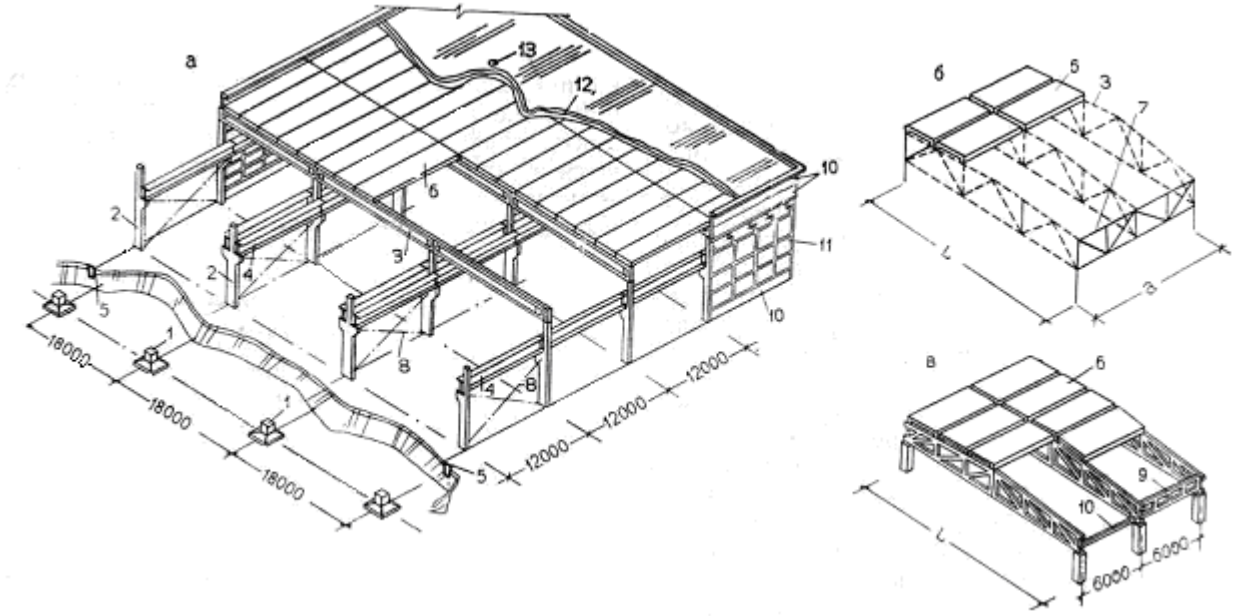


Рис. 31. Основные элементы каркаса одноэтажного промышленного здания

а – общий вид; *б* – схема устройства подстропильных конструкций; *в* – схема устройства вертикальных связей в покрытии; *1* – фундамент под колонну; *2* – колонна каркаса;
3 – ригель (балка или ферма); *4* – подкрановая балка; *5* – фундаментная балка; *6* – несущая конструкция ограждающей части покрытия – плиты; *7* – подстопильная ферма; *8* – вертикальные связи между колоннами; *9* – вертикальные связи в покрытии; *10* – наружная стена; *11* – оконные переплеты; *12* – ограждающая конструкция покрытия (пароизоляция, термоизоляция и кровля); *13* – воронка внутреннего водостока

Каркас здания принимает значительные усилия статического и динамического характера, возникающие в связи с перекрытием больших площадей, ко-

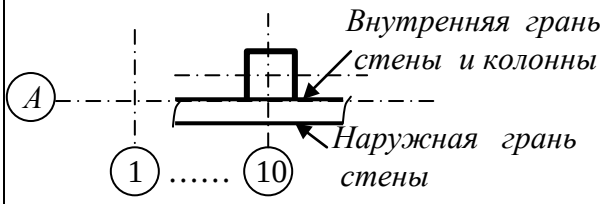
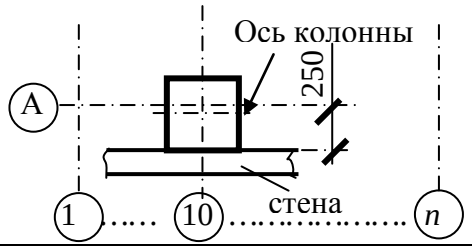
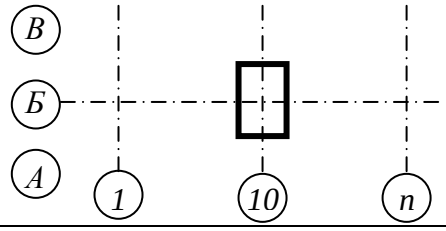
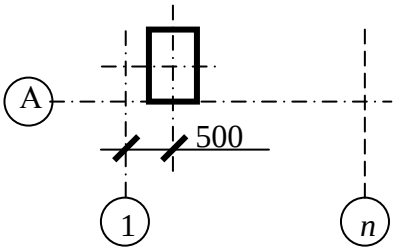
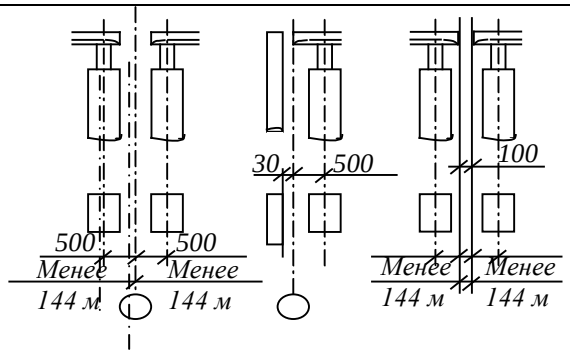
торые необходимы для расстановки крупногабаритного оборудования и которые проявляются при эксплуатации оборудования.

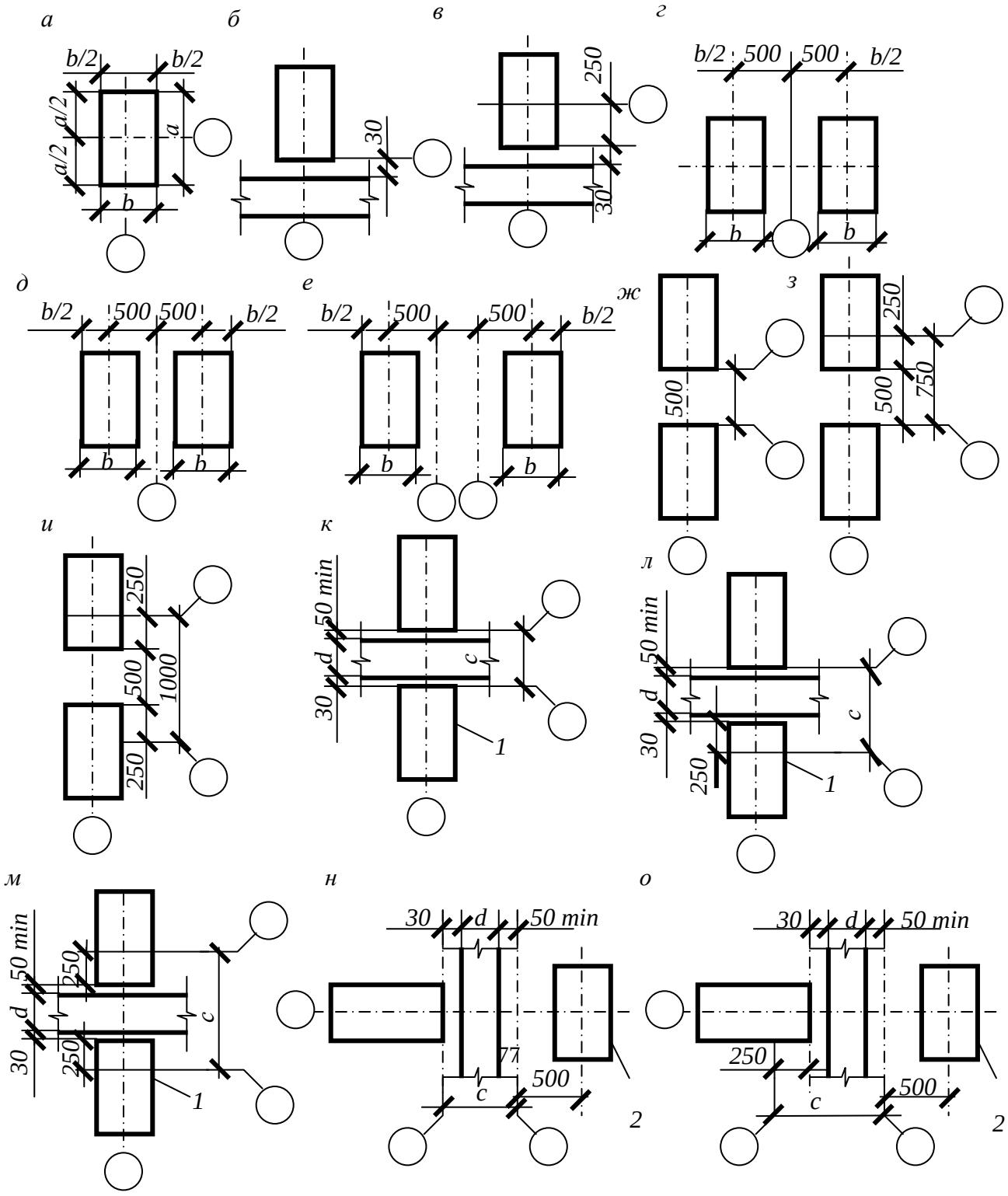
По положению в здании колонны подразделяются на крайние и средние. К крайним колоннам примыкают стеновые ограждения. Крайние колонны могут быть фахверковыми (пункт 12.3), служащими для крепления стен, и основными, которые, как и средние, воспринимают нагрузку от кранов, от конструкций покрытия (пункт 12.6).

Когда оси колонн совпадают (или их совмещают) с осями координационной сетки, тогда говорят о «нулевой привязке» колон. Расположение колонн в координационной сетке зависит от грузоподъёмности и режима работы кранов, от высоты здания. Основные варианты размещения колонн приведены в табл. 42 и на рис. 32 и 33.

Таблица 42

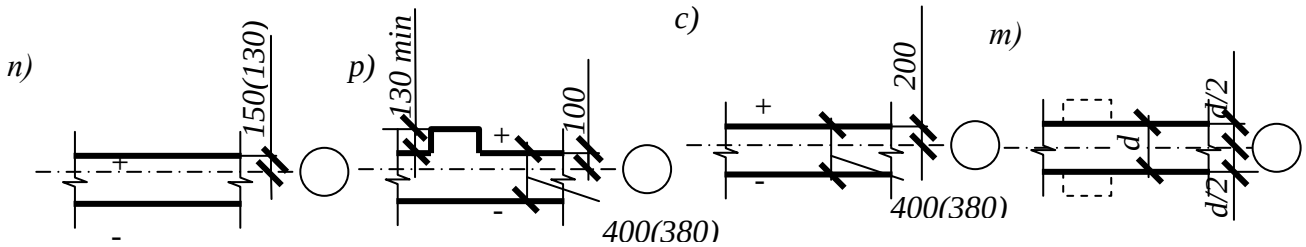
Размещение колонн в координационной сетке

Характер	Условия	Изображение
Внешняя грань колонн совмещается с продольной координационной (буква А) – «нулевая» привязка	1. Мостовой кран грузоподъёмностью не более 20 т; 2. Железобетонный каркас с высотой не более 14,4 м	
Внешняя грань смещена на 250мм наружу с координационной оси	1. Мостовой кран грузоподъёмностью более 20 т; 2. Наличие проходов вдоль подкрановых путей	
Совпадение осей колонны и координационных осей	Колонна среднего ряда, за исключением колонн д. ш. и т. ш.	
Ряд колонны в торце здания (пролета) / оси 1-я и n-я /	1. При укрупненной сетке (шаг по продольной оси 12 м) совмещение оси колонны внутрь здания от оси координационной 500 мм; 2. При обычной сетке (шаг 6 м) – смещение 250 мм.	
Поперечный деформационный (д. ш.) и температурный (т. ш.) швы	Отапливаемое здание с железобетонным каркасом; расстояние между швами до 174 м; укрупненная сетка колонн	



а – привязка колонн к средним осям; *б – в* – то же, колонн и стен к крайним продольным

Рис. 32. Привязка колонн и стен одноэтажных зданий к продольным и поперечным разбивочным осям



n – m – привязка несущих к продольным разбивочным осям*;* 1 – колонны повышенных пролетов*;* 2 – колонны пониженных пролетов, примыкающих торцами к повышенному поперечному пролету

Окончание рис. 32. Привязка колонн и стен одноэтажных зданий к продольным и поперечным разбивочным осям

Конструкция колонн

В колонне выделяют базу, ствол, шейку с оголовком. База или входит в стакан подколонника фундамента (для железобетонных колонн), или крепится анкерными болтами к подколоннику, в обоих случаях замоноличивается до уровня отметки чистого поля.

Ствол колонны может быть постоянного или переменного сечения. Железобетонные колонны армируются сварным или вязаным каркасом, в каждой колонне имеются закладные элементы для крепления стеновых панелей, связей. Ветви ствола соединяются решёткой из диафрагм и раскосов, горизонтальных стержней или перемычек.

Шейка - это надкрановая часть, которая заканчивается оголовком. К оголовку крепятся строительные фермы (балки). В шейке устраивают проходы (*B* x *H* = 400 x 1900 мм в стальных колоннах и В x Н = 580 x 2200 мм для железобетонных колонн) в уровне подкрановых путей для постоянного наблюдения (осмотр, ремонт) за состоянием крановых путей при тяжёлом и весьма тяжёлом

режимах работы кранов (см. пункт 11). Условия применения проходов приведены в табл. 43.

Таблица 43

Условия применения проходов

Материал колонны	Высота здания	Пролет	Шаг колонны	Грузоподъёмность, т
железобетон	10,8 – 18,0	18, 24, 30, 36	6,12	10 – 75
сталь	10,8 – 18,0	18, 24, 30, 36	6,12	≥ 75

Высоту шейки колонн называют крановым габаритом здания (рис. 34, 35). Он включает высоту подкранового пути (с учётом подкранового рельса), крановый габарит (расстояние от головки рельса до высшей точки грузовой тележки крана) и минимальное расстояние до низа стропил (т. е. зазор между краном и элементом покрытия здания). Последнее учитывает режим работы крана и составляет **не менее**:

100 мм – для режимов Л, С, и Т;

250 мм – для режима ВТ.

Конструктивно колонны делятся на одно– и двухветвевые. Первые воспринимают нагрузку подкрановыми консолями от подкрановых балок и рельсов. У вторых одна ветвь (внутренняя) является подкрановой, а другая – воспринимает нагрузки от стен и от покрытия.

Одноветвевые колонны применяются:

- железобетонные, если грузоподъёмность крана 20 т и менее и высота пролёта до 8 м;
- стальные, если грузоподъёмность крана 20 т и менее и высота пролета до 9,6 м.

Таблица 44

Особенности железобетонных колонн

Грузоподъёмность крана, т	Вид колонны	Сечение, мм	Глубина заделки, м	Высота здания, м
≤ 20	Одноветвевая	400x400; 500x500; 600x500	0,9; 1,0; 1,6	
30, 50	Одноветвевая с консолями	400x600 400x800 500x800		Менее 10,8
	Одноветвевая сборная			
	Двухветвевая ступенчатая		1,08 1,35	≥ 10,8
	двухветвевая ступенчатая частоконсольная		3,6; 5,6 – при наличии технических подполий, подвалов, каналов	

Колонны изготавливаются серийно или из железобетона или стальными, а по способу изготовления они могут быть монолитными или сборными. Железо-

бетонные колонны дешевле стальных и могут выдержать нагрузку 75-тонных кранов и менее. Высота колонн соответствует высотному модулю 0,6 м при высотах менее 4,8 м; 1,2 м при высотах менее 10,8 и 1,8 м при высотах более 11 м.

Основные данные по колоннам приведены на рис. 33 - 45, крановый габарит здания и сечение подкрановых балок помещены в табл. 45, 46.

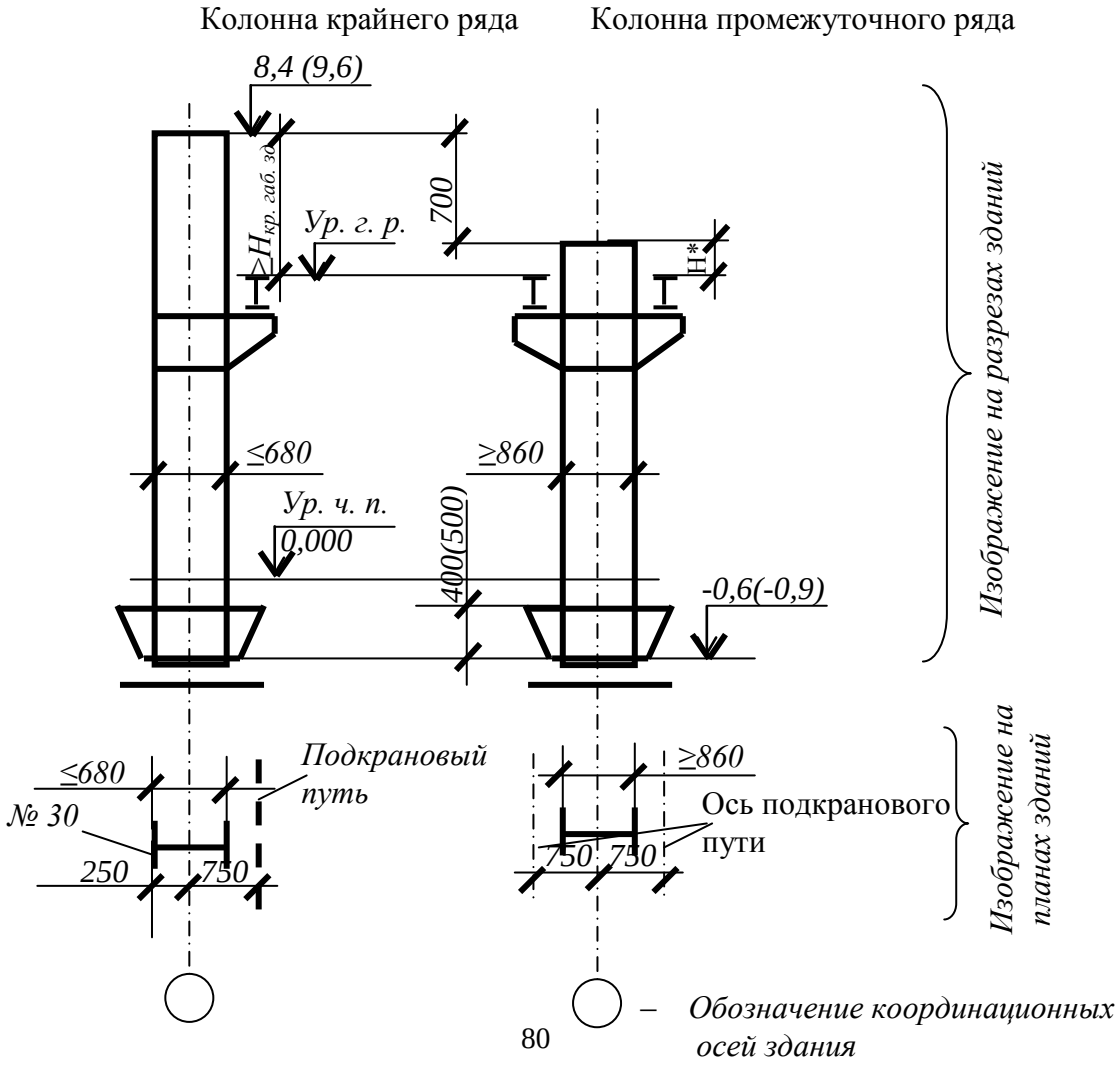


Рис. 33. Стальные колонны постоянного сечения для зданий с опорными кранами грузоподъёмностью 20 т и менее без проходов в уровне подкрановых путей (шаг колонн 6 (12) м, пролёт ≤24 м)

Ур. ч. п. – уровень чистого пола; Ур. г. п. – уровень головка рельса; $H_{\text{кр. габ. зд.}}$ – крановый габарит здания; H^* – ≥ 1850; двутавры сварные.

Примечание. Размеры металлоконструкций в мм; строительные размеры в м.

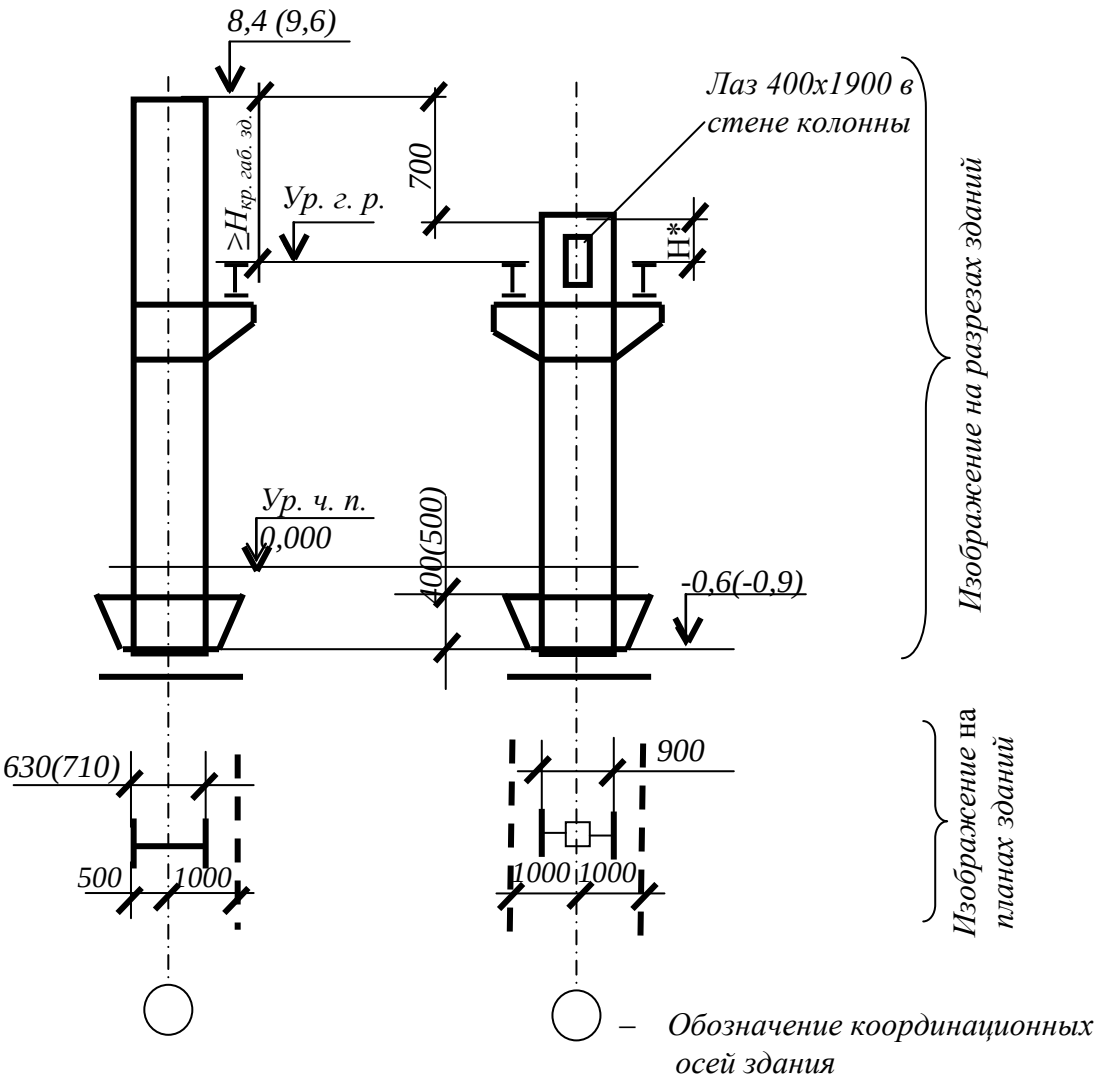
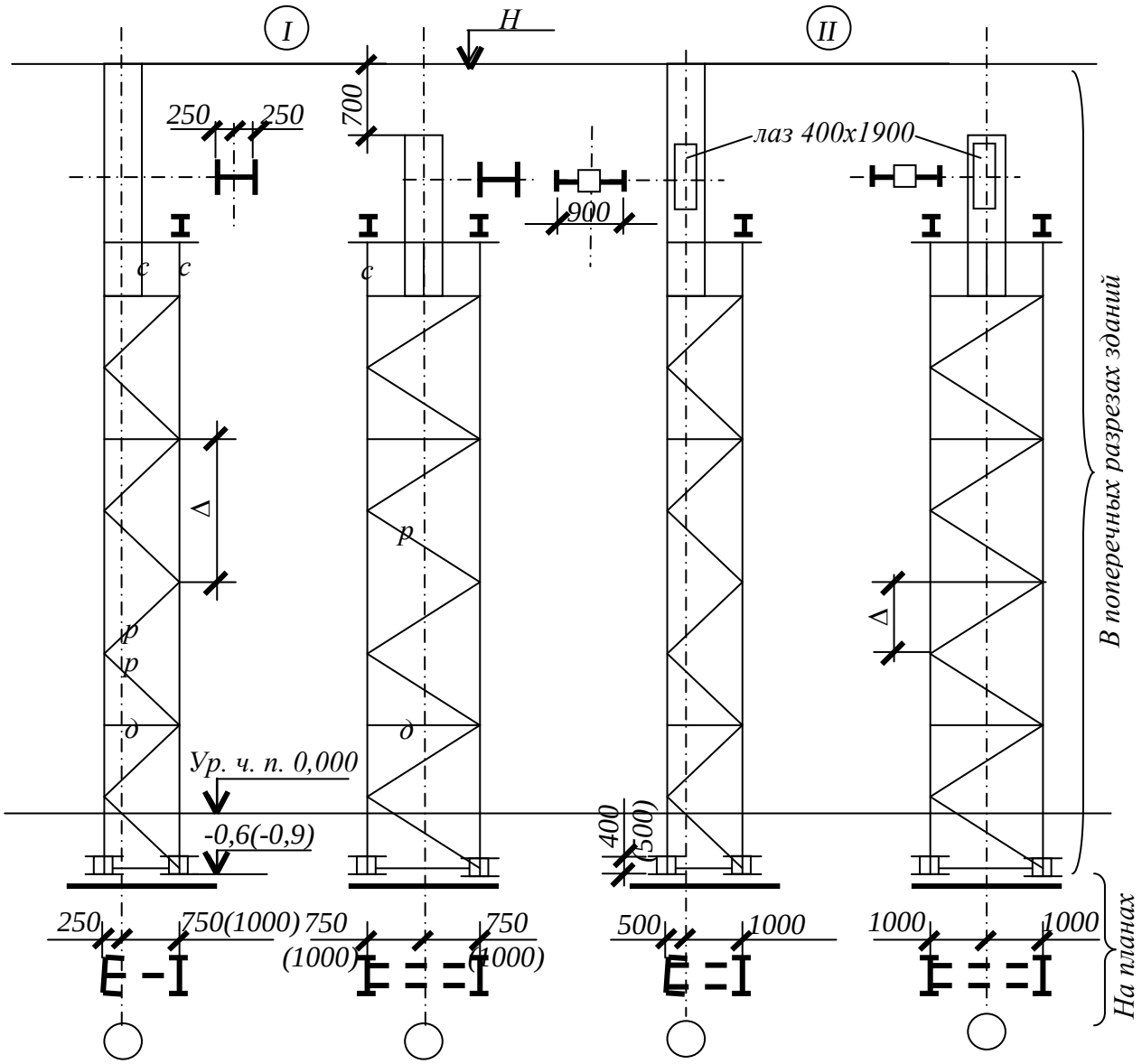


Рис. 34. Стальные колонны постоянного сечения для зданий с опорными кранами грузоподъёмностью 125 т и менее без проходов и с проходами в уровне подкрановых путей (шаг колонн 6 (12) м, пролёт 36 м и менее)

Ур. ч. п. – уровень чистого пола; Ур. г. р. – уровень головка рельса; $H_{\text{кр. габ. зд.}}$ – крановый габарит здания; $H^* - \geq 2900$

Примечание. Размеры металлоконструкций в мм; строительные размеры в м;

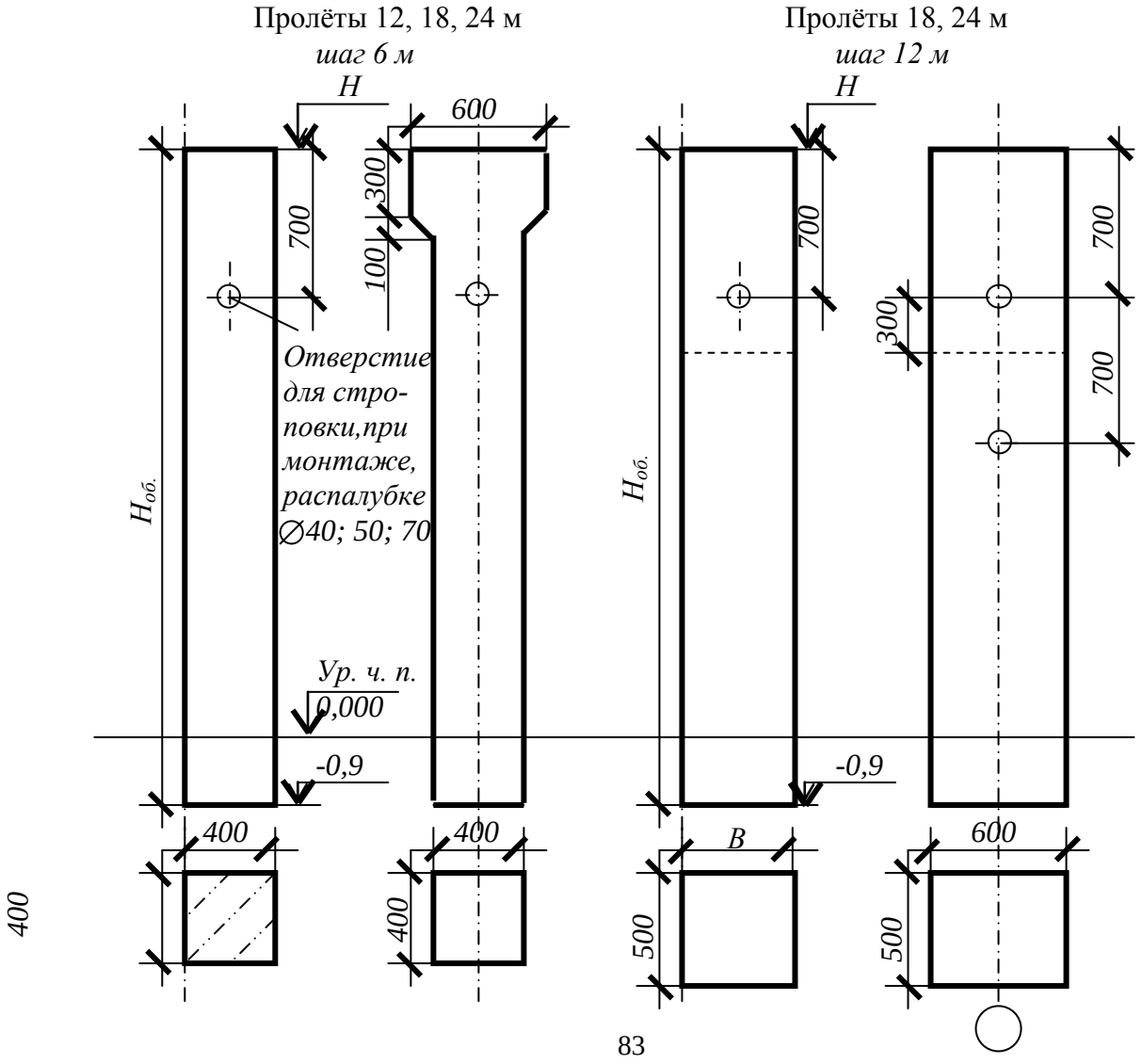


Размеры в м

Колонна		***H***	Δ	Грузоподъёмность крана, т
I	крайняя	10,8 – 18,0 с интервалом 1,8	1200 (1500)	< 75
	средняя	-	1800 (2400)	При легком режиме ≤ 125
II	крайняя	-	1800	≥ 75
	средняя	-	2400	≥ 75

Примечание: *д* – диафрагма; *р* – раскос; *с* – стойка;
– двухветвевая колонка состоит из шейки ( ) и подкрановой части ствола с наружной и подкрановой ветвями (,), соединяемыми решёткой ( );
– решётка состоит из раскосов, стоек и диафрагмы. Между диафрагмами располагаются не более четырёх раскосов;
– высота стоек 600 – 1400 с интервалом 200 мм;
– проход в стенке крайней колонны только при кранах грузоподъёмностью 75 т и более;
– при грузоподъёмности крана >250 т смещение подкрановой ветви 1500 относительно координационной оси.

Рис. 35. Стальные колонны двухветвевые с проходами и без проходов в уровне подкрановых путей (шаг колонны крайних 6 м и средних – 12 м, пролёт ≤ 36 м)

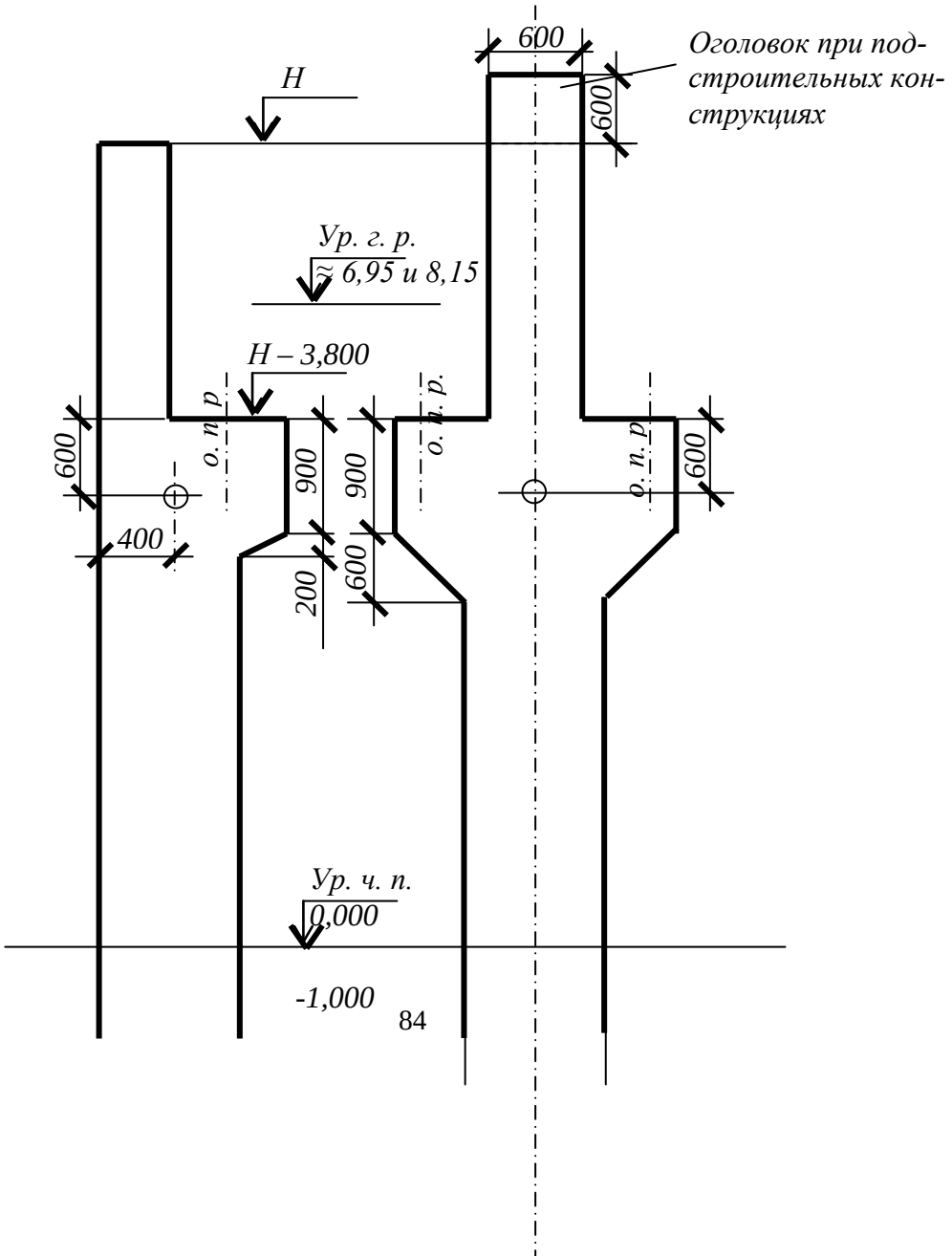


B, мм	*H*, мм
500	4,8; 6,0; 7,2
600	8,4; 9,6

$H_{об.} = H + 0,9$; *м*

$H_{об.} = H + 0,9$; *м*

Рис. 36. Железобетонные колонны однопролетных зданий без опорных кранов



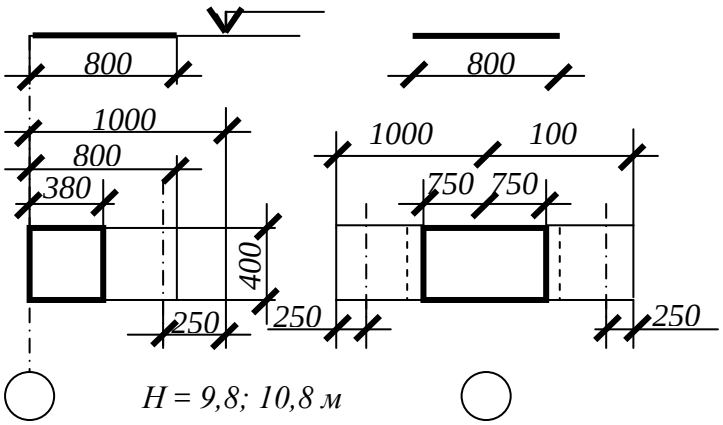


Рис. 37 – Железобетонные колонны для зданий с кранами грузоподъёмностью 10 и 20/5 т (пролёты 18 и 24 м, шаг 6 м)

Пролёт 18 и 24 м, шаг 6 м

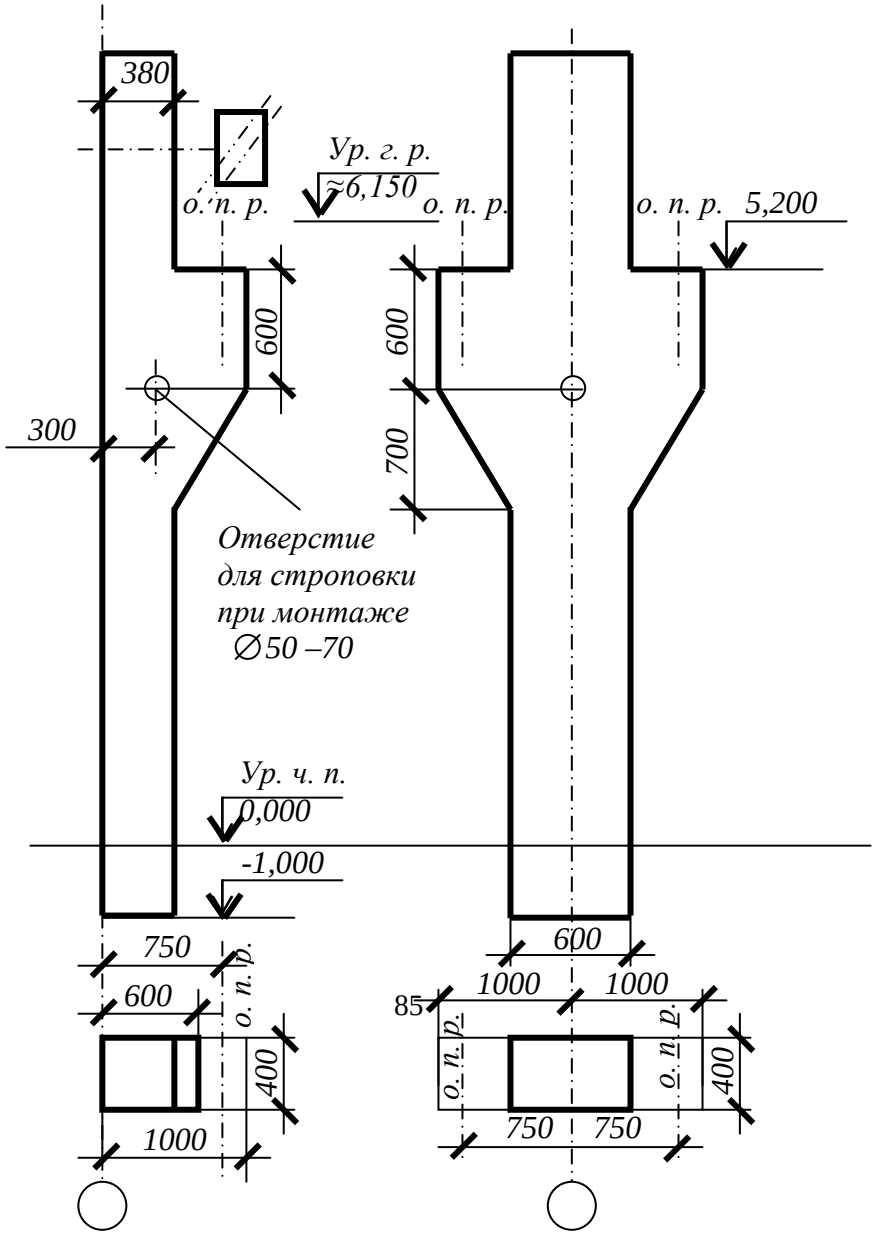
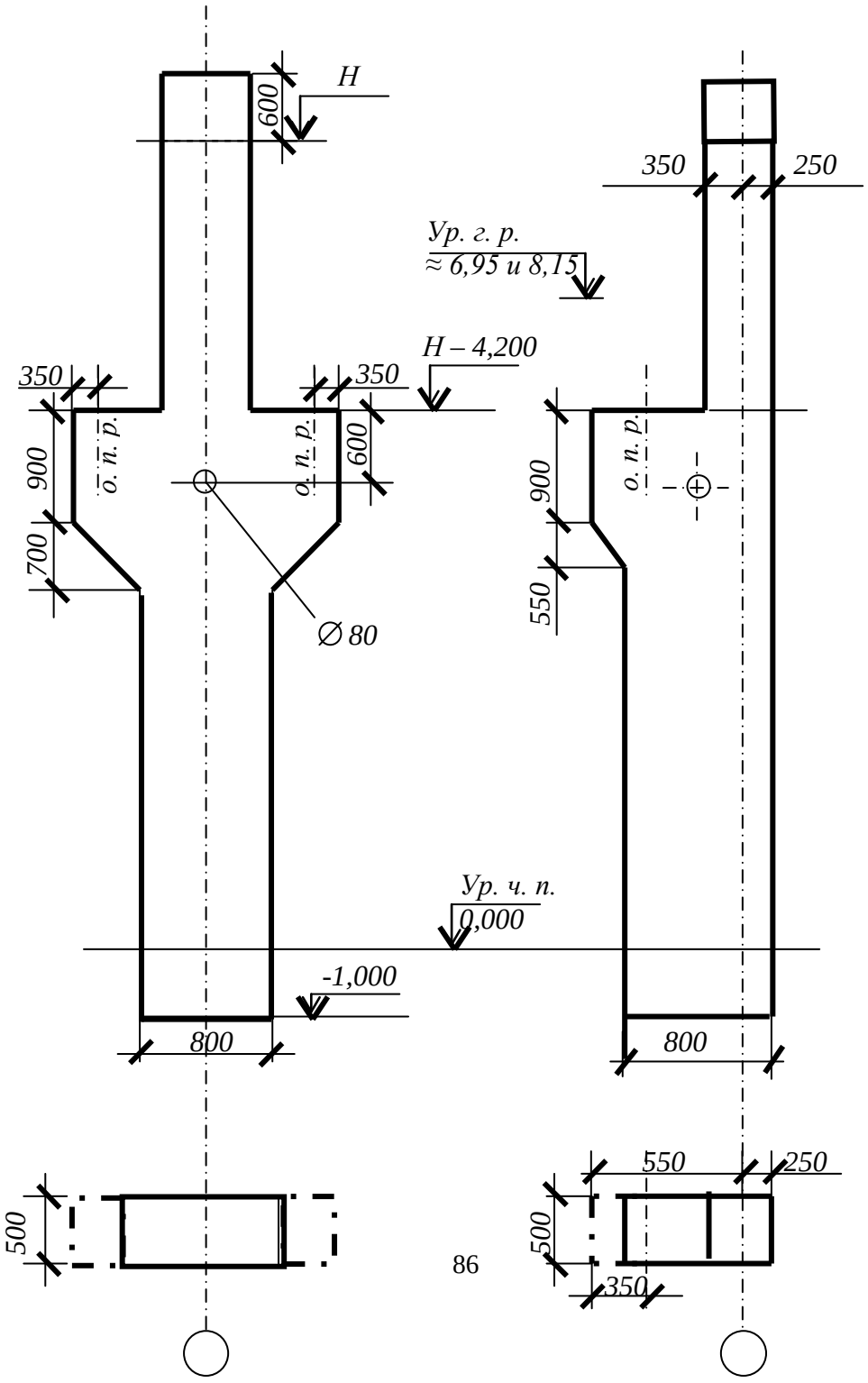


Рис. 38. Железобетонные колонны для зданий с кранами грузоподъёмностью 10 т
о. п. р. – ось подкранового рельса; Ур. г. р. – уровень головки подкранового рельса;



H = 9,8; 10,8 м

Рис. 39. Железобетонные колонны для зданий с кранами грузоподъёмностью 10 и 20/5 т (пролёты 18 и 24 м, шаг 12 м)

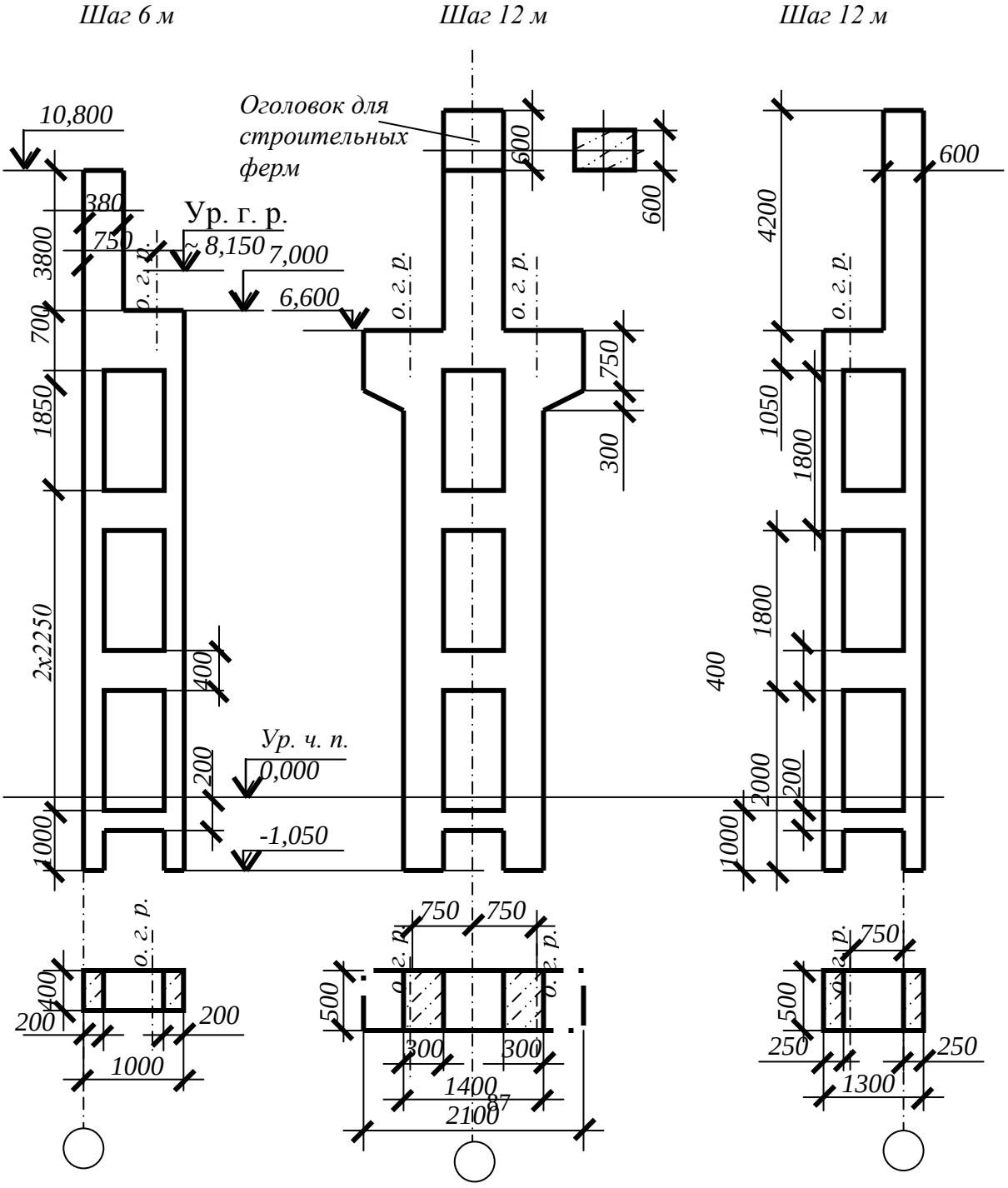


Рис. 40. Железобетонные двухветвевые колонны для зданий с кранами грузоподъёмностью 10 – 50 т (пролёты 18 и 24 м)

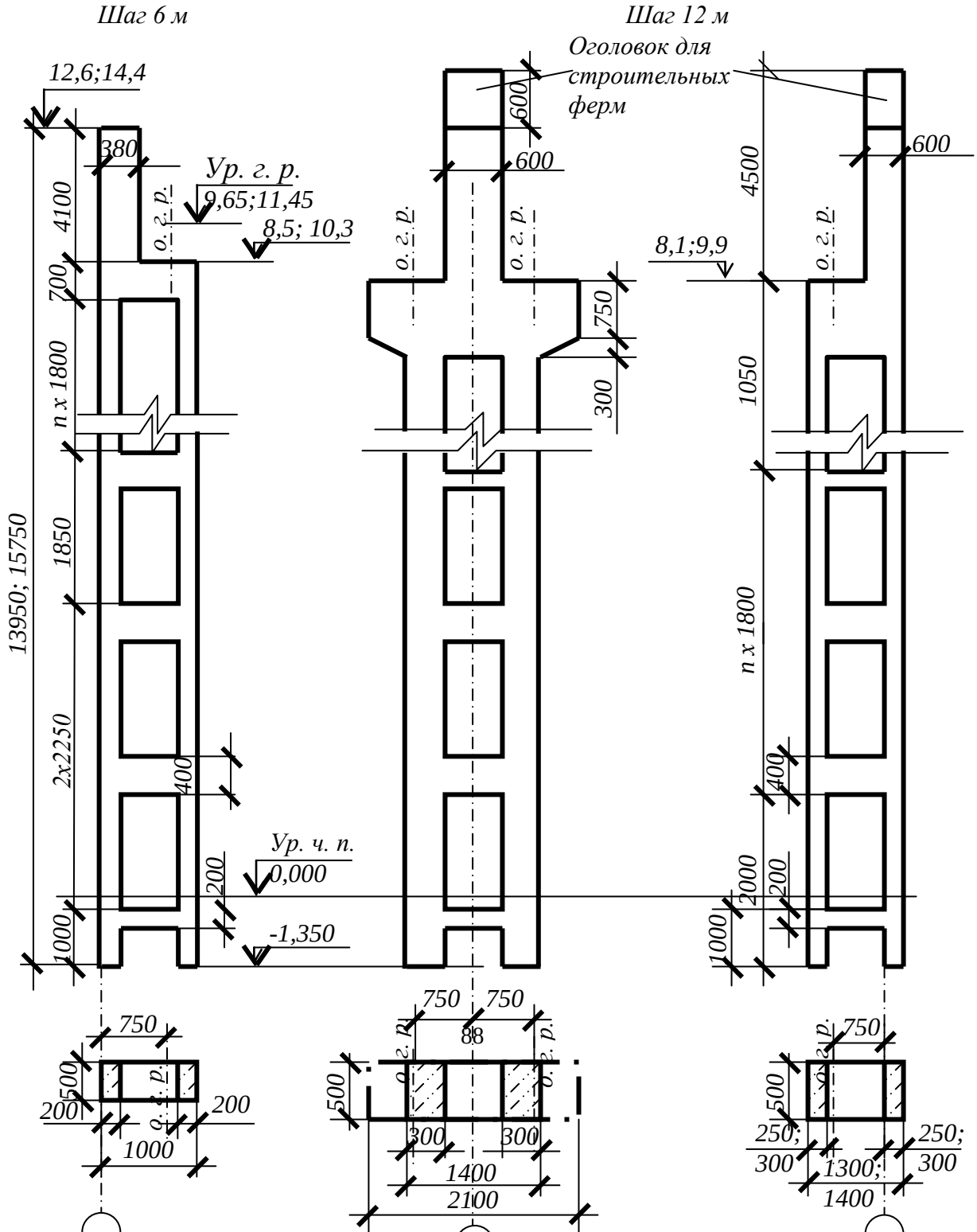
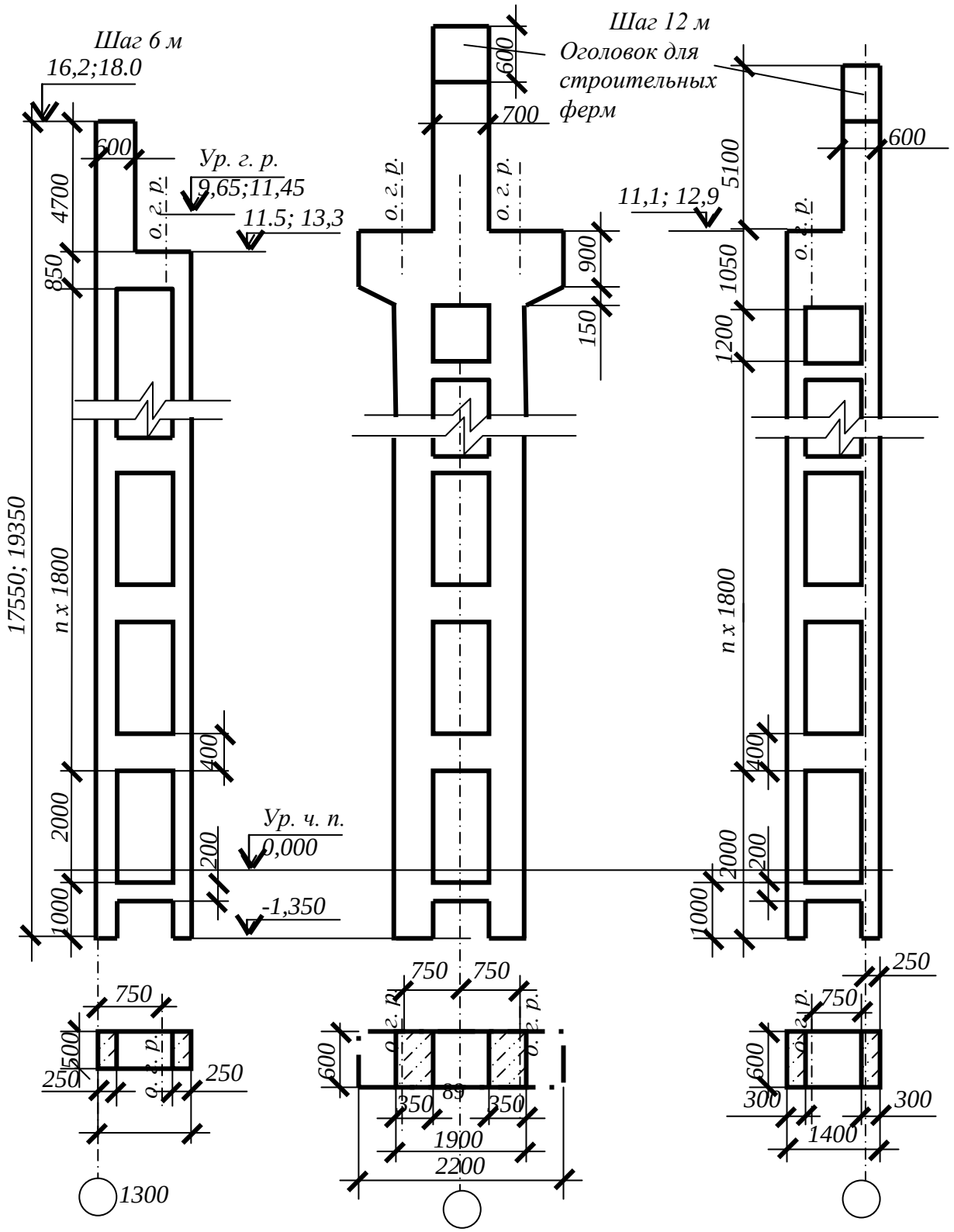
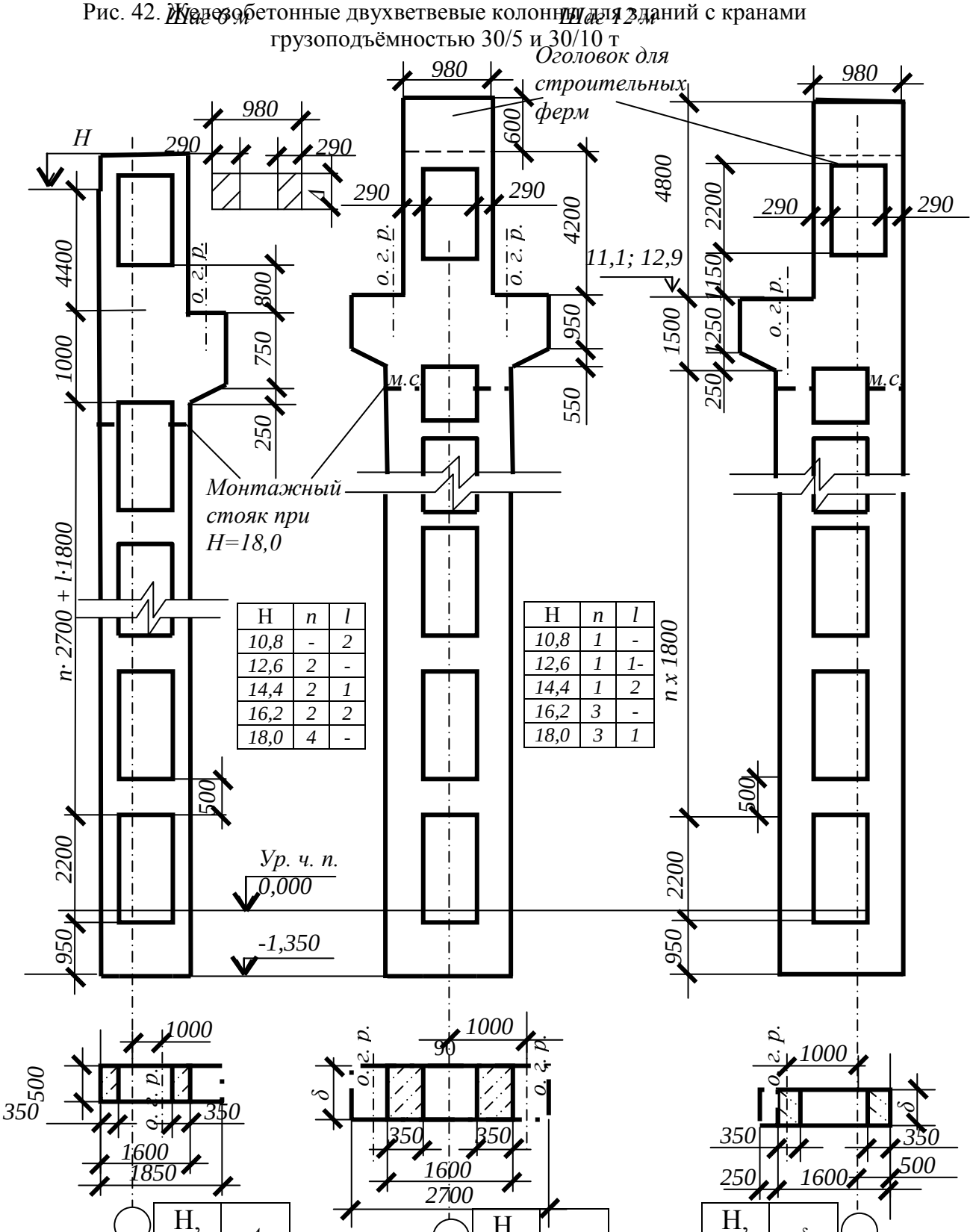


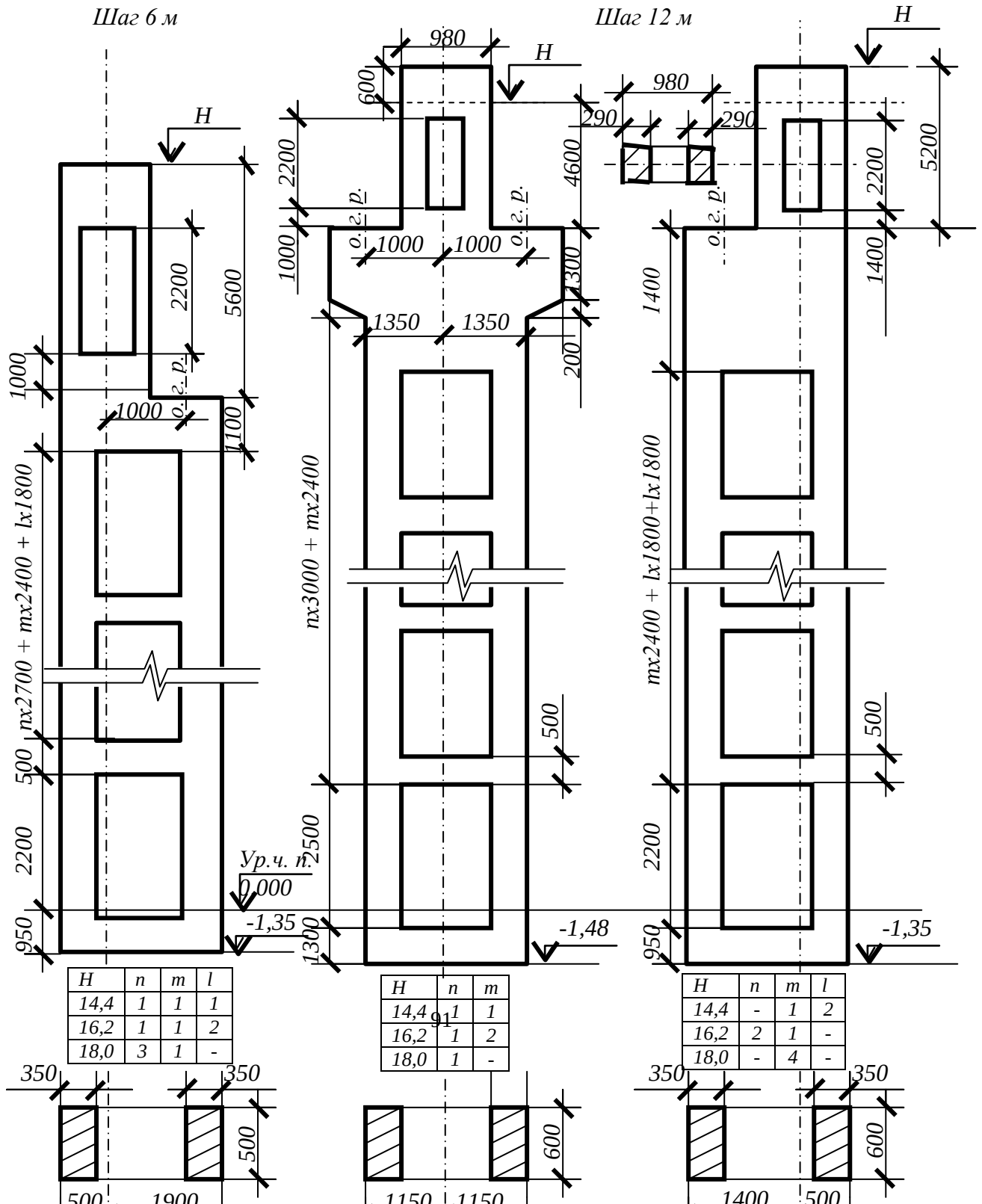
Рис. 41. Железобетонные двухветвевые колонны для зданий с кранами грузоподъёмностью 10 – 50 т (пролёты 18, 24 и 30 м)



Грузоподъёмность, т	Ур. г. р., м

Рис. 42. Железобетонные двухветвевые колонны для зданий с кранами грузоподъёмностью 30/5 и 30/10 т

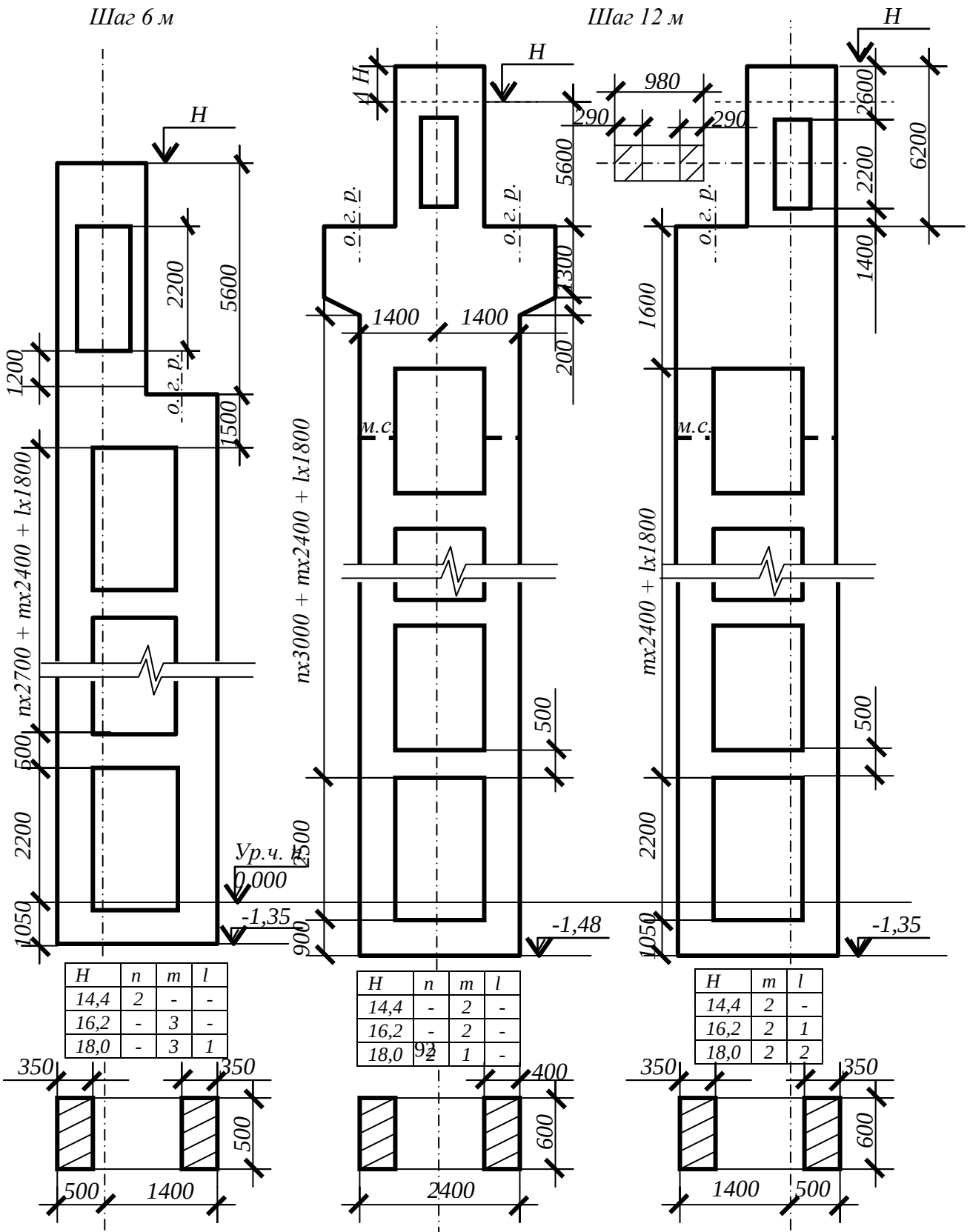




H	n	m	l
14,4	1	1	1
16,2	1	1	2
18,0	3	1	-

H	n	m
14,4	1	1
16,2	1	2
18,0	1	-

H	n	m	l
14,4	-	1	2
16,2	2	1	-
18,0	-	4	-



H	n	m	l
14,4	2	-	-
16,2	-	3	-
18,0	-	3	1

H	n	m	l
14,4	-	2	-
16,2	-	2	-
18,0	-	1	-

H	m	l
14,4	2	-
16,2	2	1
18,0	2	2

Таблица 45

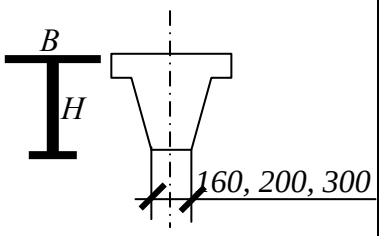
Крановый габарит здания, подкрановые рельсы (размеры в мм)

Грузо-подъём-ность, т	Крановый габарит здания	Рельс		
		тип	высота	ширина подошвы
10 20/5	2250	КР – 50	90	90
20/5	2650	КР – 60	105	105
30/5	2950	КР – 70	120	120
50/5	3350	КР – 80	130	130
80/20	4000	КР – 100	150	150
	При пролете 30, 36 м 4400			
100/20	4000	КР – 120	170	170
	При пролете 30, 36 м 4400			
200/32	5200			
	При пролете 36 м 5600			
250/32	5200			
	При пролете 36 м 5600			
320/32	6300			
350/75+10	6400	КР – 140	190	190
	При пролете 36 м 6800			
500/125+10	7400			
	При пролете 36 м 7800			

Таблица 46

Сечение подкрановых балок, В х Н м (шаг колонн 6 м /шаг колонн/ 12 м)

Грузоподъёмность, т	Стальные	Железобетонные
10	250 х 620	550 х 800
	280 х 990	
20	320 х 790	600 х 1000
	280 х 1240	650 х 1400

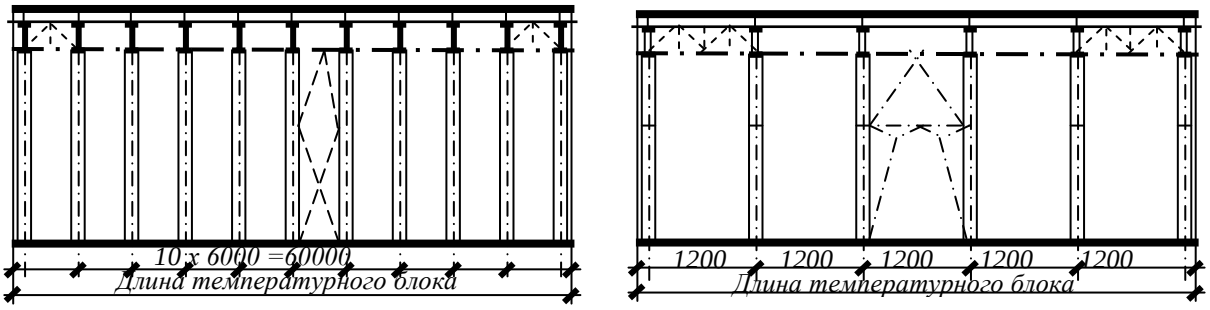
30/5	400 x 790	
	400 x 1240	
50/10	400 x 990	
	450 x 1390	
75/20	450 x 990	
	400 x 1590	
100/20	360 x 990	
	400 x 1790	
150/30	360 x 990	
	500 x 1750	
200/30	450 x 990	
	500 x 1750	

Связи

Каркасы промышленных зданий должны обладать пространственной жёсткостью. Если несущие элементы ограждающей части покрытия являются крупноразмерными плитами, то жёсткость обеспечивается установкой связей и диском покрытия. При прогонных покрытиях жёсткость создается только связями.

Связи могут быть вертикальными и горизонтальными. Продольную устойчивость каркаса обеспечивают вертикальные связи между колоннами. Эти связи располагаются в каждом ряду посередине температурного отсека – «подкрановые» (рис. 46) и в крайних шагах – «надкрановые» (или «в покрытиях»). Конструкция связей определяется грузоподъёмностью кранов, шагом колонн, величиной пролета, высотой здания.(рис. 47, 48).

а



б

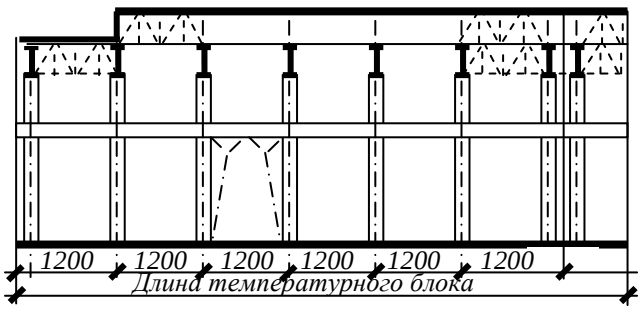


Рис. 46. Устройство связей между колоннами
а, б – схемы крестовых и портальных связей и их расположение по длине температурного блока

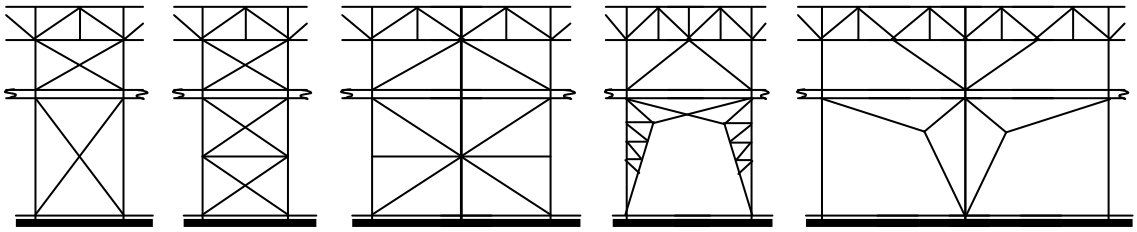


Рис. 47. Элементы стального фахверка и связи между колоннами

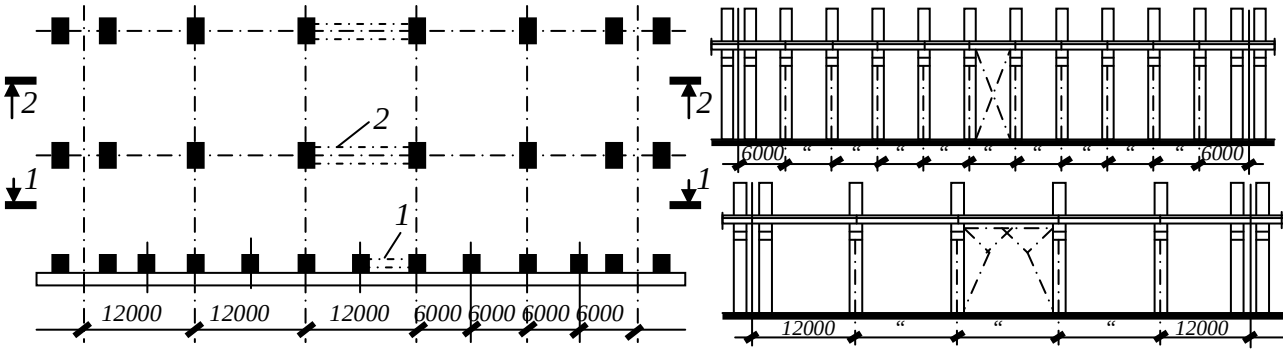


Рис. 48. Связи между железобетонными колоннами: 1 – крестовые связи;
2 – портальные связи

Крестовые связи применяются при шаге колонн 6 – 12 м и высоте до головки подкранового рельса 6 – 12,6 м; портальные – при шаге 12 – 18 м и высоте до головки подкранового рельса 8 – 14,6 м. Портальные связи используют также при необходимости пропуска напольного транспорта.

Горизонтальные связи (в основном крестового типа) устанавливают по верхним и нижним поясам основных несущих конструкций покрытия, обычно через каждые 60 м.

Связи крепят сваркой к закладным элементам колонн.

11.3. Фахверк

Фахверк (Fachwerk – нем.) это строительная конструкция в плоскости торцов пролётов (зданий). Она предназначена для восприятия только ветровых нагрузок и для поддержания стен. Конструкция представляет обычно рамное полотно в виде стеновых панелей, которые определённым образом закреплены на стойках (колоннах). Фахверковые колонны жёстко

рапета – уголками. Для придания жёсткости фахверку применяют связи: крестовые, портальные или полупортальные.

Поперечное сечение фахверковых колонн меньше, чем у основных колонн. Железобетонные колонны выполняются сплошными (сборными) и имеют сечения (мм) 400 х 400, 400 х 600, 400 х 800, …500 х 800. Стальные фахверковые колонны выполняются постоянного сечения и сплошными – сварные двутавры высотой 0,5 м с шириной полок 0,4 ÷ 0,55м.

11.4. Фундамент здания

Фундамент передаёт нагрузку на основание, которое может быть естественным и искусственным.

Фундаменты могут быть мелкого и глубокого заложения. У первых нагрузка передаётся на основание (грунт) через подошву, частично через стены. Вторые проектируются в виде опускных колодцев, которые погружаются по мере разработки грунта под действием собственного веса или пригрузки. Фундаменты глубокого заложения могут выполняться также в виде буровых свай, забивных свай-оболочек.

По характеру изготовления различают фундаменты сборные и монолитные.

Выделяют типы фундаментов мелкого заложения: ленточный, столбчатый пенькового или стаканного типа.

Под фундаментом устраивается бетонная или уплотнённая песчано-гравийная подготовка.

Сборные фундаменты используются ленточного типа или в виде сплошной железобетонной плиты.

Железобетонные фундаменты глубокого заложения выполняются по форме опускного колодца в плане круглыми, прямоугольными и смешанной формы. Предпочтительней круглая форма колодца. В оболочках монолитных фундаментных колодцев различают две части – ножевую и собственно оболочку. Толщина таких оболочек переменная по высоте и достигает в нижней части 2 ÷ 2,5 м. В оболочках предусматривают окна для выхода конвейерных галерей.

Внимание! На чертежах данного курсового проекта фундамент здания УСЛОВНО не показывается, за исключением опускного колодца.

11.5. Стены, фундаментные балки

Здания и сооружения могут быть отапливаемыми и неотапливаемыми. Это зависит от географического размещения фабрики и от назначения объекта. Внутри зданий и сооружений обеспечивается необходимый температурно-влажностный режим. Достигается это ограждением с помощью стен зданий от

внешнего воздействия. К тому же стены выполняют роль взрыво- пожаробезопасной преграды.

В основных производственных зданиях и сооружениях стены являются навесными. Внешние нагрузки (ветер, температурное воздействие) как и собственную массу стены, передают на колонны каркаса, за исключением нижнего подоконного яруса, который опирается на фундаментные (подстеновые) балки. На долю стен приходится около 10 % общей стоимости здания.

Внимание! В курсовых проектах студенты ОПИ разработкой конструкции стен не занимаются, на чертежах стены изображаются линиями внешнего и внутреннего (по отношению к зданию) контура с учётом толщины стеновых плит.

Стены выполняют чаще всего из крупных бетонных блоков или панелей. Толщина блоков 400 и 500 мм, длина до 6 м, высота – 600, 900, 1200, 1500, 1800 мм. Стены из панелей более лёгкие и легче монтируемые; длина панелей 6 и 9 м (допускается 3 м), высота 1,2 и 1,8 м (рекомендуются также 0,9 и1,5 м), толщина панелей для неотапливаемых зданий 100, 120…300 мм и для отапливаемых 160, 200, 250, 300 мм. Сверху панельная стена закрывается парапетной плитой (рис. 49)

Фундаментные балки воспринимают нагрузку от стеновых панелей и передают её на фундаментные столбики (рис. 51). Чтобы уложить фундаментную балку, под неё выбирают грунт и затем засыпают. Избежать размывания такой засыпки и подтекания воды под фундамент здания позволяет устройство отмостки по всему периметру здания. Ширина отмостки от 700 до 1000-1500 мм, материал – бетон или асфальт (рис. 50). Уклон отмостки 3 – 5 % от стены. Сечение фундаментных балок показано на рис. 52, длина балок от 4300 до 1950 мм.

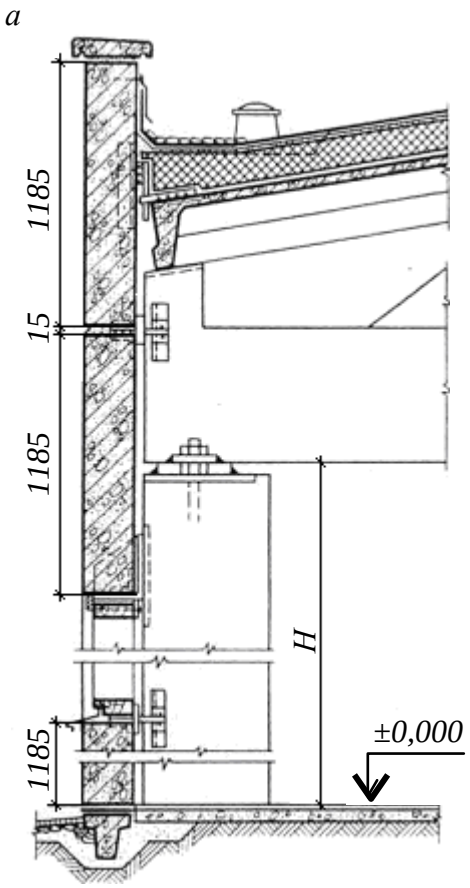


Рис. 49. Устройство панельной стены.

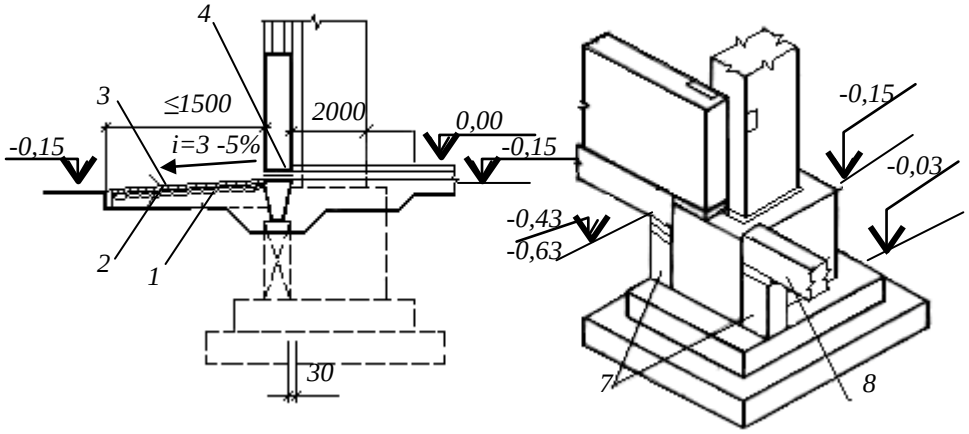


Рис. 50. Детали фундаментов крайнего ряда колонн
1 – песок; 2 – щебеночная подготовка; 3 – асфальтовое покрытие толщиной 20 – 40 мм отмостка; 4 – гидроизоляция; 5 – колонна; 6 – шлак или крупнозернистый песок; 7 – железобетонный столбик; 8 – фундаментная балка.

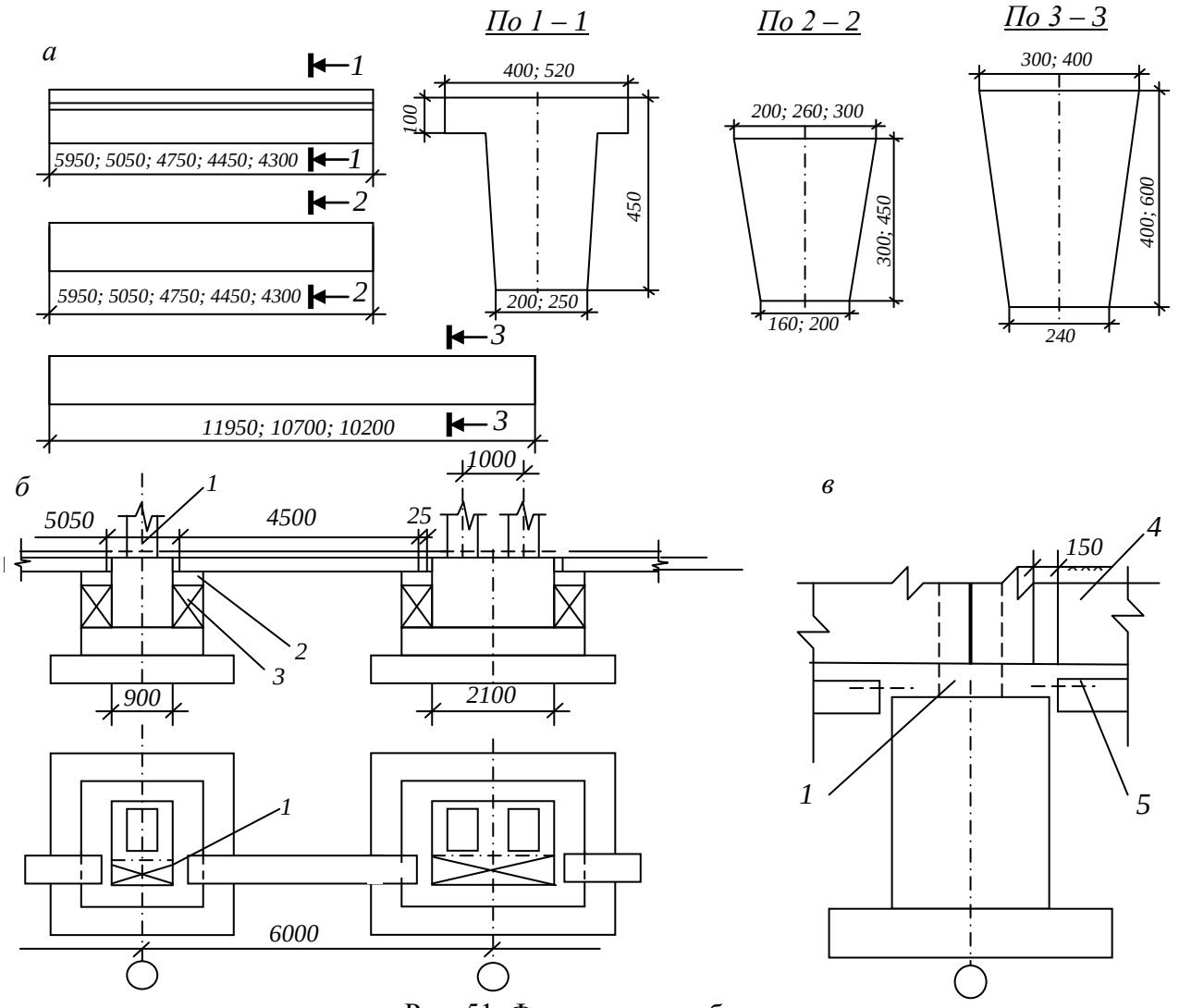


Рис. 51. Фундаментные балки

а – типы балок; *б* – опирание балок на столбики; *в* – то же, на выпуски арматуры; *1* – набетонка высотой 120 мм; *2* – подливка из раствора толщиной 20 мм; *3* – железобетонный столбик; *4* – стеновая панель; *5* – выпуски арматуры

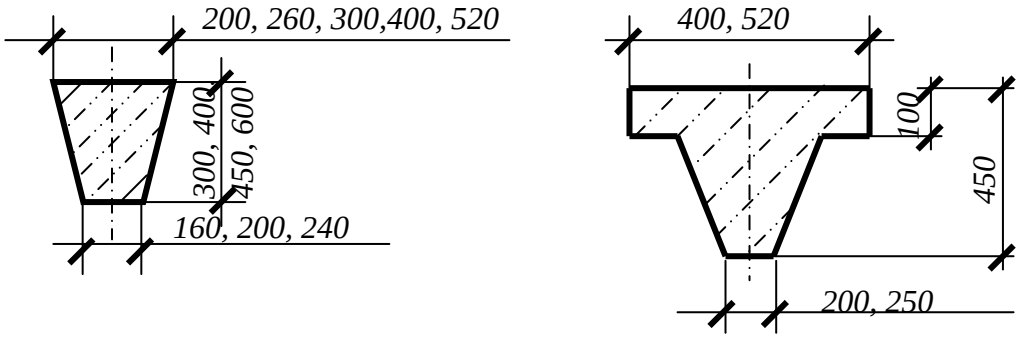


Рис. 52. Сечение подстеновых (фундаментных) балок

11.6. Покрытия

Покрытия здания разделяют на утеплённые и неутеплённые. Соответственно этому здания являются отапливаемыми и неотапливаемыми.

По конструктивным особенностям покрытия либо плоскостные, либо пространственные. Наиболее надёжные и универсальные - плоскостные.

По профилю поперечного сечения выделяют покрытия одно-, двух- и многоскатные, плоские, пространственные и др. Односкатные применяют в основном в одноэтажных зданиях, и длина ската в одну сторону не может быть больше 36 м.

Плоские покрытия имеют преимущества перед скатными:

- исключается сползание кровельного ковра, стекание приклеивающей мастики;
- устройство кровли более простое;
- создаются условия для водонаполненной и асфальтовой кровли;
- у здания отсутствует карниз.

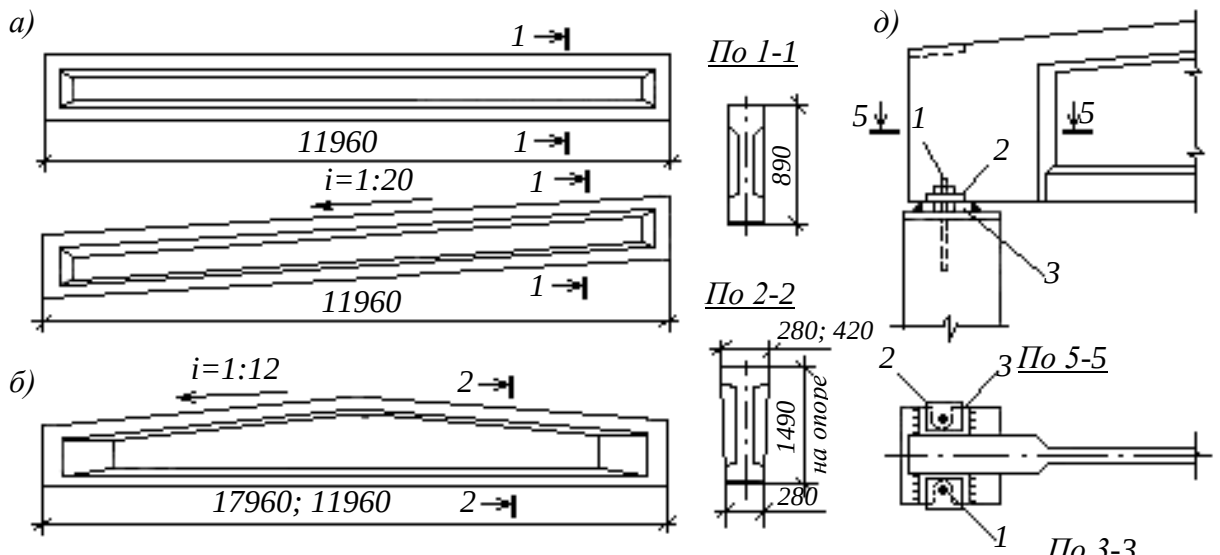
При высоте здания 10 м и более на покрытии по периметру здания должны быть предусмотрены ограждения; высота металлических ограждений 0,6 м.

При плоских крышах стены завершаются парапетными плитами, которые сверху закрываются или листом железа или парапетной плитой. По высоте парапет может быть высокий (600 мм) или низкий (300 мм), высота отсчитывается от верха стропил или от верха плиты покрытия. Высота парапетных панелей 0,9 м или 1,2 мм.

Выход на крышу предусматривается либо наружный (по пожарной лестнице), либо внутренний.

Покрытия промышленных зданий устраивают бесчердачными. Несущие конструкции (стропильные) покрытий - это фермы, балки, рамы. При шаге колонн 12 м в конструкцию покрытия включают подстропильные элементы. Дополнительная роль конструкционных элементов покрытия – повышение пространственной жёсткости здания.

Железобетонные балки (рис. 53) используют для устройства покрытия в зданиях с пролётами 6, 9, 12, 18 м, а железобетонные фермы (рис. 54) – при пролётах 18, 24, 30 м. Фермы пролётом 18 м и более легче железобетонных балок, но сложнее в изготовлении.



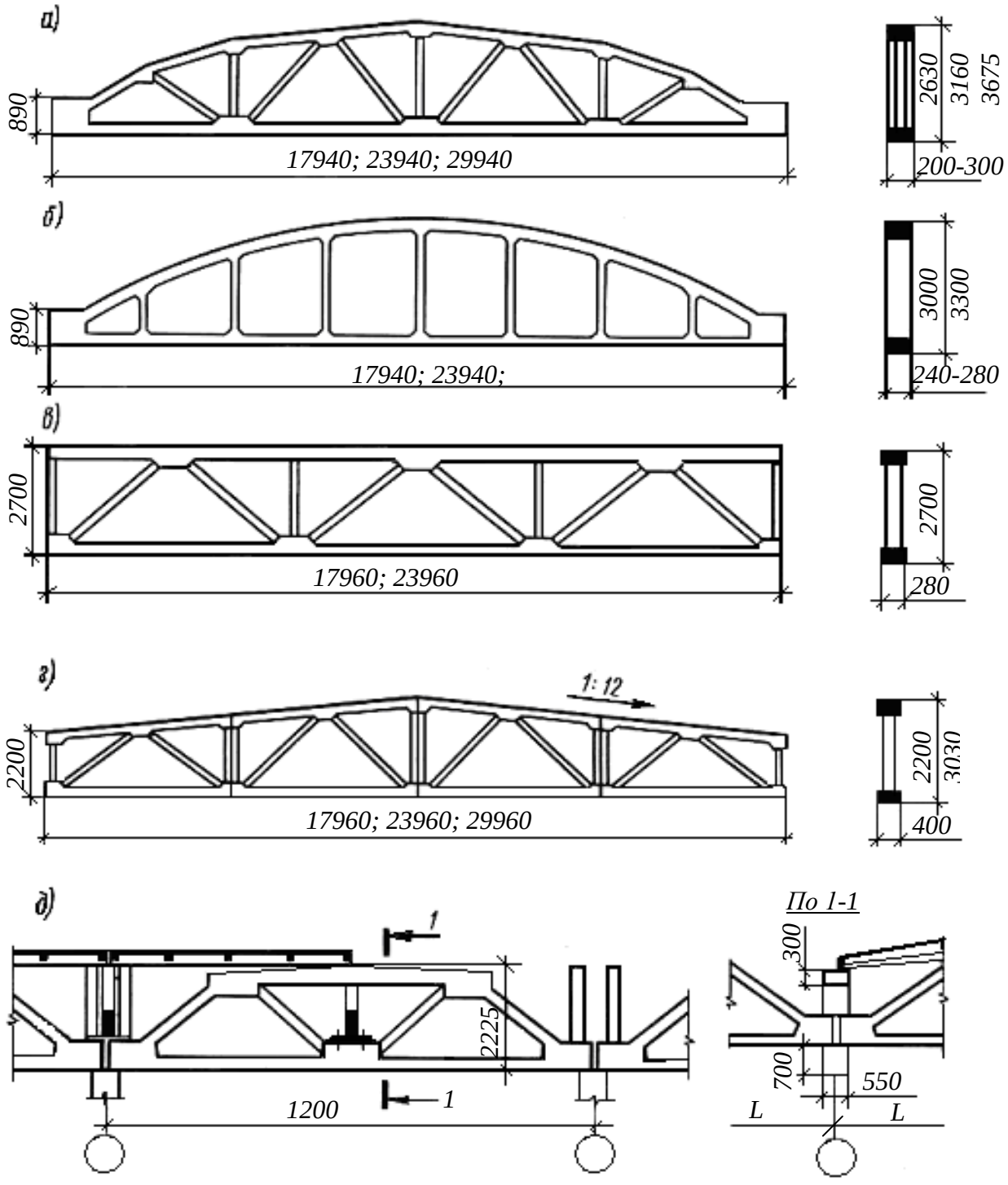


Рис. 54. Железобетонные фермы покрытий
а - сегментная; *б* – арочная безраскосная; *в* – с параллельными поясами; *г* – полигональная; *д* – подстропильная ферма в установленном положении

Балки могут быть односкатными (для пролёта 6 – 12 м и наружного отвода воды) и двухскатными. По изготовлению железобетонные фермы или цельные или составные.

Железобетонные арки (в основном сборные) применяют для покрытия складов.

Железобетонные купола используют над зданиями с радиальными сгустителями.

Стальные стропильные фермы изготавливаются трёх основных типов (рис. 55): а) с параллельными поясами; б) полигональные; в) треугольные.

При рулонных кровлях применяют первые два типа ферм, а при кровлях из асбестоцементных и металлических листов – треугольные.

Унифицированные стальные фермы имеют пролёты 18, 24, 30, 36 м.

Панели покрытия опираются на фермы в узлах.

Ограждающая часть покрытия может быть вентилируемой, частично вентилируемой и невентилируемой. Последнее применяется только при надёжной пароизоляции и при сухом режиме в помещении.

На несущие конструкции укладывают мелкоразмерные плиты или крупноразмерные панели, а также настилы. Размеры панелей 6 х 1,5; 6 х 3; 12 х 1,5; 12 х 3 м.

На участках покрытий над взрывоопасными производствами укладывают панели с отверстиями, Таким образом получается легкосбрасываемая кровля.

Поверх панелей укладывают теплоизоляционный слой: рулонный, асфальтовый, асбестоцементный.

Водонаполненная кровля в России имеет толщину 5 – 100 м, применяется для снижения поступления солнечного тепла в помещения (южные и средние районы России.

Отвод атмосферных и талых вод с покрытия может быть наружным или организованным. Наружный способ называют неорганизованным или организованным. В первом случае сброс воды происходит по свесам карниза, а во втором – по водосточным трубам и желобам. Недостатки неорганизованного водоотвода: увлажнение стен; образование наледей на карнизах; образование сосулек.

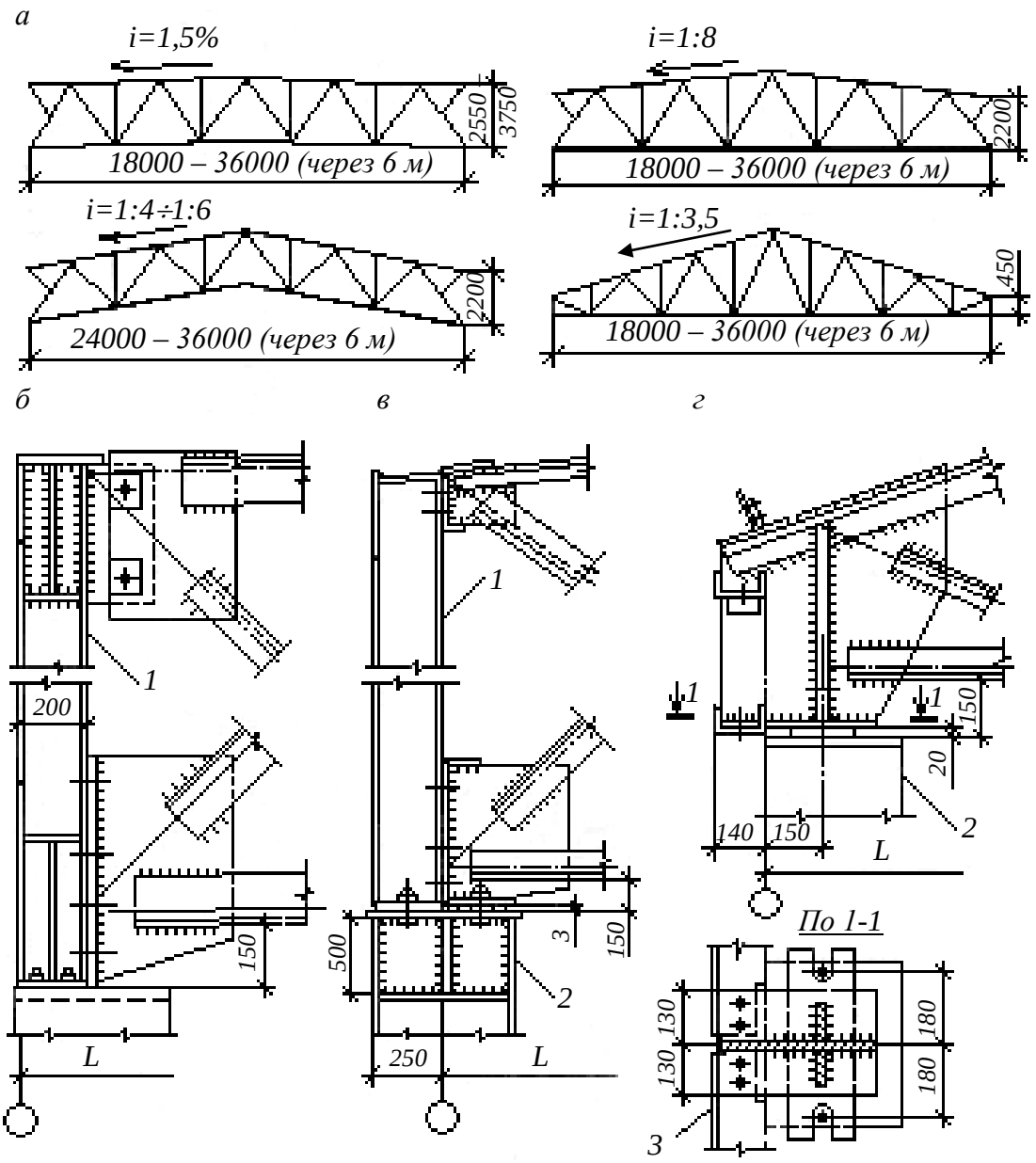


Рис. 55. Стальные стропильные фермы:
а – основные типы ферм; *б* – опирание на колонну фермы с параллельными поясами при «нулевой» привязке; *в* – то же, полигональной при привязке 250 и 500 мм; *г* – то же, треугольной «нулевой» привязке; 1 – надопорная стойка; 2 – колонна; 3 – ригель фахверка

Если применяется организованный водоотвод, то высока вероятность замерзания воды в трубах и желобах. Наружный водоотвод возможно устраивать при высоте здания до 10 м.

Наиболее надёжным и совершенным является внутренний водосброс (рис. 56)

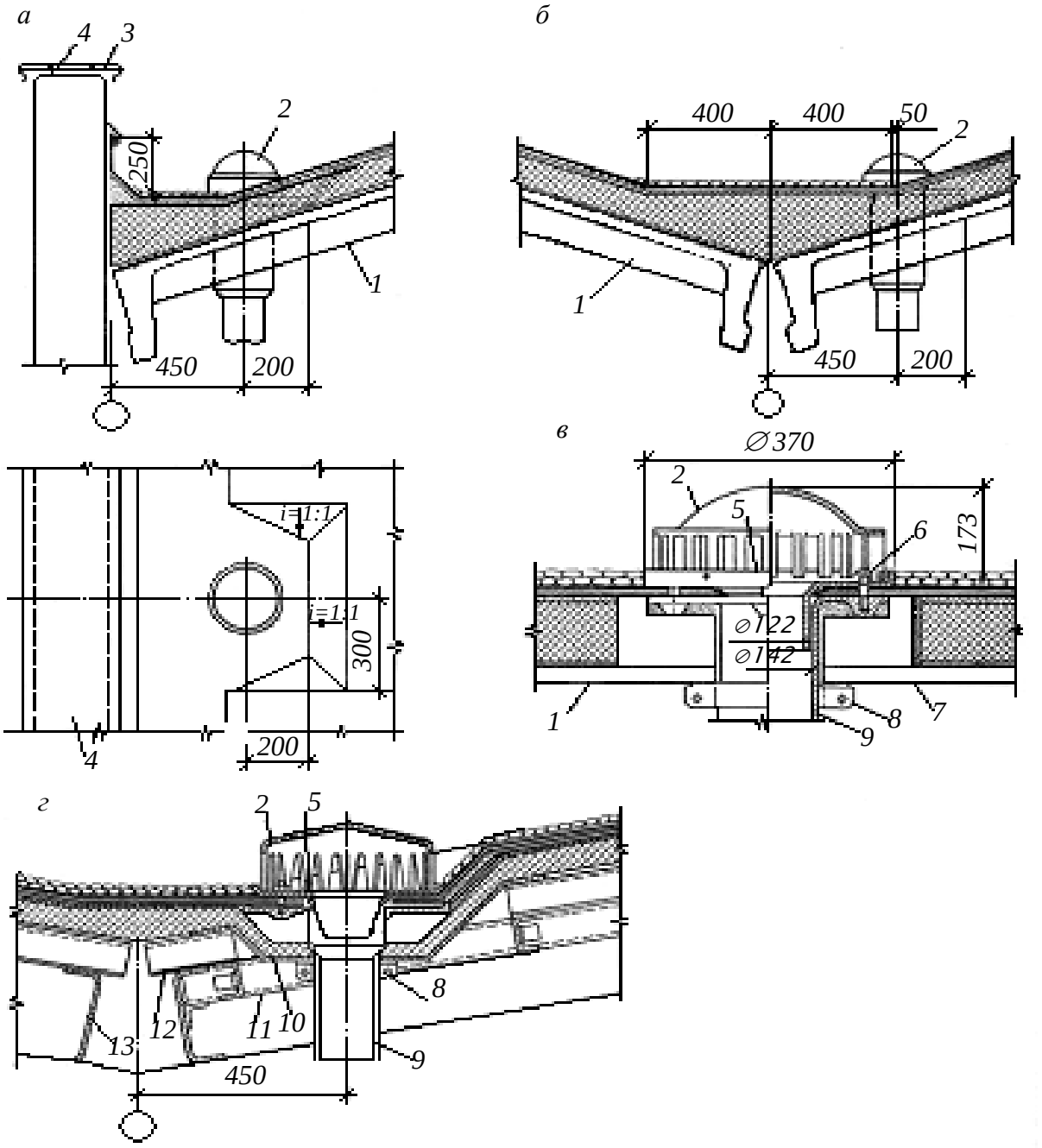


Рис. 56. Детали внутренних водостоков:
а – пристенная ендова; *б* – средняя ендова; *в* – установка воронки Вр-9 в покрытиях с железобетонными плитами; *г* – то же, воронки Вр-9Б по штампованному настилу; 1 – плита покрытия; 2 – воронка; 3 – костыли на дюбелях; 4 – оцинкованная сталь; 5 – прижимной фланец с патрубком; 6 – глухая гайка; 7 – легкобетонный блок; 8 – хомут; 9 – сливной патрубок; 10 – стальной оцинкованный поддон; 11 – рама для поддержания настила; 12 – штампованный настил; 13 – гнутый прогон

Система внутреннего водостока состоит из водоприёмных воронок, стояков, подпольных или подвесных трубопроводов, выпусков. Максимальная

площадь водосбора (м^2) на одну воронку не должна быть большей, чем величины, приводимые в табл. 47.

Таблица 47

Максимальная площадь водосбора на одну воронку, м^2

Тип кровли	q_{20}, л/(с·га)		
	>120	120 – 100	менее 100
Скатная	600	800	1200
Плоская	900	1200	1800
Плоская, заливаемая водой	750	1000	1500
Примечание. Величина q_{20} принимается по нормам; q_{20} - это интенсивность дождя продолжительностью 20 мин. для данной местности			

В курсовом проекте по «Дроблению….» студент элементы покрытия вычерчивает упрощенно: контуры и профиль фермы, плиты покрытия (упрощенно), толщину теплоизоляционного слоя.

11.7. Ремонтно-монтажная площадка

В пролётах дробления, измельчения устраиваются ремонтно-монтажные площадки (РМП), где складируется часть сменных узлов и деталей, где установлены разнообразные стенды и т.п. Возле головных частей конвейеров (питателей) также должны быть предусмотрены площади для ремонта привода. Величина площади РМП зависит от сложности оборудования, от способа ремонта, от количества оборудования.

В курсовом проекте устройство РМП не рассматривается, а лишь назначается необходимая площадь.

Предусматривается ввод железнодорожных путей в здание, подъезд транспорта к РМП для доставки тяжёлого оборудования.

Величины РМП даны в литературе /14, 16/ и приведены в табл. 48-50.

Ширина площадки для обслуживания головных и хвостовых барабанов конвейеров (питателей) должна быть не менее 1,2 м

Таблица 48

Площадь РМП в корпусе крупного дробления, м^2

Стадийность дробления / оборудование		Площадь в зоне действия крана
Одна стадия	ЩДП	216-324
	ККД (КРД)	432-540
Две стадии	ЩДП(1ст)+ККД(IIст)	324-432
	ККД +ККД (КРД)	540-864
Примечания: 1) минимальные значения для корпусов с одной технологической ниткой; 2) максимальные значения для корпусов с оборудованием макси мального типоразмера, а также при двух и более технологических нитках		

Таблица 49

Площадь РМП в корпусах среднего и мелкого дробления, м^2

Установка / типоразмер		Количество в пролёте дробилок			
		≤6	7-12	13-18	19-24
Дробилки КСД и КМД в разных пролётах	КМД-1750	108	156	204	252
	КМД-2200	144	216	288	360
	КМД-3000	288	432	556	674
Дробилки КСД и КМД в одном пролёте	КСД, КМД-1750	156	204	252	300
	КСД, КМД-2200	216	288	360	432
	КСД, КМД-3000	432	556	674	796
Примечание: Площадь указана в зоне действия крана					

Таблица 50

Размеры РМП в пролётах измельчения

Пролёт, м	Длина РМП при количестве мельниц одного типоразмера, м			
	≤3	4-8	9-16	>16
12	6	-	-	-
15	12	36	-	-
18	12	36	36	-
24	-	30	42	48
30	-	-	36	42
36	-	-	30	36
Примечание: если в пролёте установлены мельницы двух типоразмеров, то длину РМП увеличить на 25 %; если в пролёте установлены мельницы трёх типоразмеров, то длину РМП увеличить на 50 %; размеры указаны в пределах зоны действия кранов				

11.8. Лестницы, двери, ворота

Лестницы промышленных зданий могут быть служебными, основными, аварийными и пожарными. В курсовом проекте следует предусматривать основные и служебные.

Основные предназначены для постоянного передвижения людей, служебные – для прохода к одиночным рабочим местам, для осмотра и обслуживания оборудования и наиболее ответственных строительных конструкций.

Основные лестницы конструктивно зачастую оформляются в виде лестничных клеток. Количество лестничных клеток зависит от категории производства, степени огнестойкости здания; расстояние от наиболее удалённого рабочего места до лестничной клетки должно составлять 30 – 100 м. Уклон маршей обычно 1:2, ширина марша 1350, 1500, 1750 мм, высота подъёма – 1,2; 1,5 и 2,1 м. С лестничными клетками обычно блокируют шахты пассажирских и грузовых лифтов.

Служебные лестницы выполняют из металлических профилей. Они монтируются из маршей и переходных площадок. Высота марша 0,6 – 6 м, ширина– 0,6 – 1,0 м, угол наклона к горизонту 45˚, 60˚. Служебная лестница индивиду-

ального использования - подъём крановщика на посадочную площадку, изготавливают её чаще всего в виде стремянки (ширина 0,6 м; высота марша – 5,2м; угол наклона к горизонту 90˚). Пример такой лестницы приведён на рис. 57.

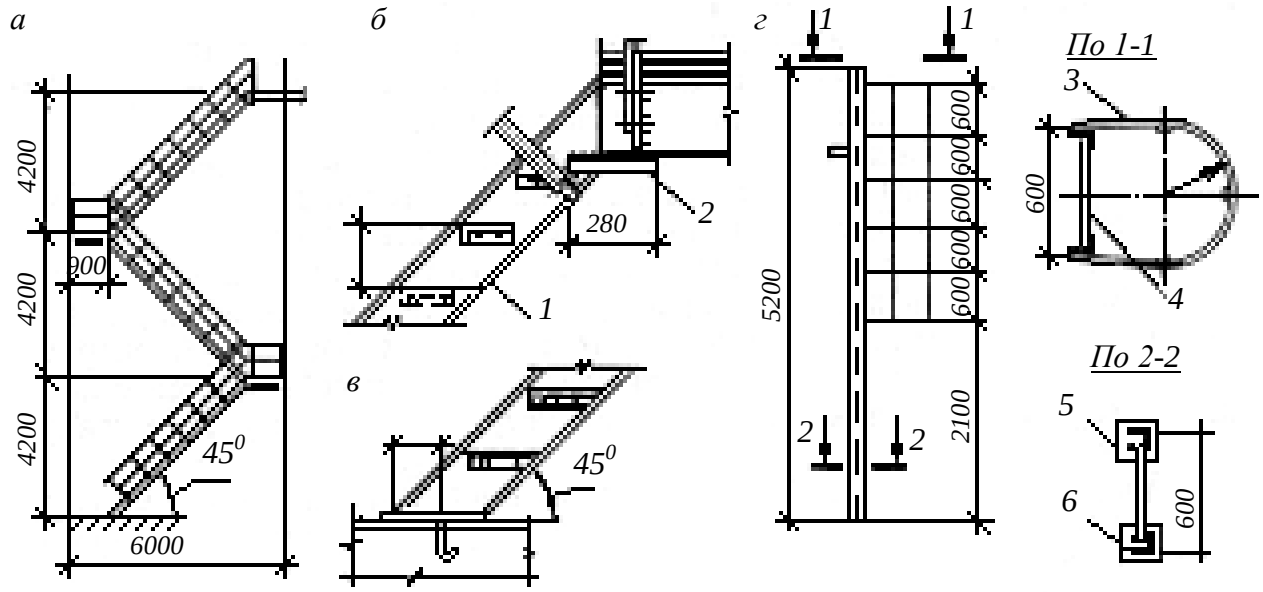
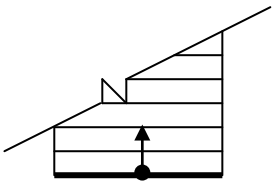


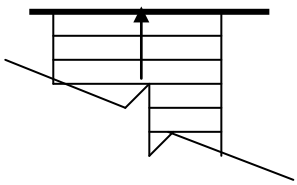
Рис. 57. Примеры конструктивного решения служебных лестниц:
а – маршевая; *б* – верхний узел опирания марша; *в* – опирание марша на бетонную подготовку; *г* - стремянка; 1 – швеллер № 18*;* 2 – уголок № 56; 3 – полоса 40х4 мм*;* 4 – стержень диаметром 18 мм (через 300 м); 5 – пластина 100х100х6 мм; *6* – уголок № 8

При изображении на чертеже лестниц необходимо использовать (рис. 58 - 62) элементы – начальный марш, промежуточный марш, конечный марш, изображение лестницы-стремянки, изображение лестницы на разрезах, лестничная клетка.



– точка отмечает начало лестницы;
– стрелка обозначает движение вверх

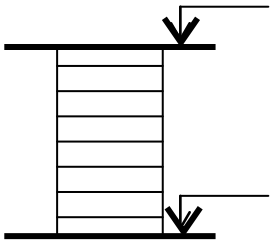
Рис. 58. Начальный марш (на плане)

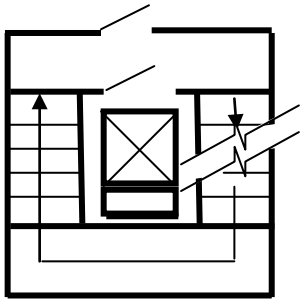


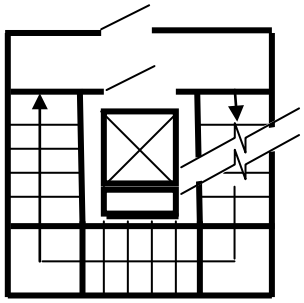
– стрелка обозначает завершение подъёма по лестнице

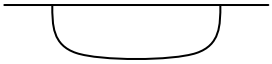
Рис. 59. Конечный марш (на плане)

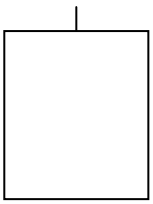

высотная отметка переходной площадки











Эвакуация людей из здания предусматривается через лестничные клетки и коридоры. За путь эвакуации нельзя принимать ворота, лифты, эскалаторы. Также нельзя предусматривать эвакуацию через помещения взрывопожарной опасности категорий А, Б, Е.

Минимальное расстояние от рабочего места до выхода составляет 50 – 100 м в зависимости от категории производства, степени огнестойкости здания.

Двери промышленных зданий изготавливают из дерева или металла, конструктивно они могут быть одно- или двупольными, распашными или откатными. Открываются они наружу по движению из помещения (лестничной клетки). Используются дверные проёмы следующих номинальных размеров, м: ширина – 1,0; 1,5; 2; высота – 1,8; 2,0; 2,3; 2,4.

Двери предназначены только для движения людей, их минимальная ширина 0,8 м и максимальная 2,4 м.

Ворота предназначены для транспорта, Типовые размеры проёмов ворот (В х Н, м): 2,4 х 2,4; 3 х 3; 3,6 х 3; 3,6 х 3,6; 3,6 х 4,2; 4,8 х 5,4; для железнодорожного транспорта широкой колеи 4,7 х 5,6.

Конструктивно – по способу открывания- ворота могут быть распашными, раздвижными, подъёмными, подъёмно-поворотными, откатными. В одном из полотен распашных ворот устраивается калитка. Железнодорожные подъёмные ворота (В х Н = 4,8 х 5,4) устраивают с двойным управлением – автоматическим и ручным. Подъёмные механизмы ворот устанавливают внутри здания.

Размеры проёмов ворот принимают кратными:

– по ширине – модулю 500 мм;
– по высоте – модулю 600 мм.

Распашные ворота при больших габаритах проёма имеют большую массу и малоудобны в эксплуатации.

При стеснённой площади применяют ворота складчатые многостворчатые, подъёмные, шторные, подъёмно-поворотные.

11.9. Полы промышленных зданий

В одноэтажных зданиях стоимость пола составляет 5 – 25 % полной стоимости здания.

Вид и конструкция пола должны:

- обеспечивать эксплуатационную надёжность и долговечность пола:
- обладать высокой механической прочностью;
- мало истираться и не пылить;
- легко очищаться и долго сохраняться;
- не проводить электрический ток и не вызывать искрения;
- соответствовать характеру производственных воздействий на пол и т. д.

Уровень пола первого этажа (нулевой отметки) должен быть выше планировочной отметки примыкающей территории на 150 мм. Если же уровень грунтовых вод высокий, то допускается уровень пола над планировочной отметкой увеличивать до 500 мм.

В зданиях рудоподготовки основным видом пола является бетонный и цементно-песчаный. Покрытия в этих полях укладывают по бетонному подстилающему слою. Толщина бетонного покрытия 20 – 50 мм, у цементно-песчаного 20 – 30 мм. Применяются также асфальтобетонное покрытие пола. Если на пол действуют высокие температуры, химические реагенты, удары, то используют брусчатые полы. Металлические полы имеют высокую стоимость и применяются в исключительных случаях.

В зданиях рудоподготовки предусматривают мокрую уборку. Поэтому в полу устраивают дренажные канавы, а покрытия выполняют с уклоном в сторону канав. Угол наклона в среднем 3 – 4˚; если не предусматриваются ***постоянное*** передвижение людей по полу, то угол может быть увеличен. Ширина канав (250 – 500 мм) принимается в зависимости от производительности фабрики /13, 16/. Поступающие по канавам смывы с полов попадают в зумпфы, из которых вода откачивается вертикальными погружными насосами, а крупный осадок выгружается грейфером.

11.10 Фундаменты под технологическое оборудование

Фундаменты необходимы для гашения колебаний от оборудования и для равномерного распределения статической нагрузки (в многоэтажных пролётах и зданиях). Применяют фундаменты бесподвального типа и подвального. Возводятся из бетона и железобетона, возможна верхняя металлическая обвязка. Фундаменты под оборудование изготавливают монолитными (массивными), сборными и сборно-монолитными. Сборные фундаменты собирают из унифицированных плит и блоков; могут применяться фундаменты свайные, которые имеют вид свайного ростверка с верхней плитой.

Варианты фундаментов под оборудование приведены на рисунках 64 – 66. Если оборудование устанавливается на перекрытиях, то плиты перекрытия опираются на специальные балки-«ригель» и под оборудование монтируют, как правило, из металла опорные рамы.

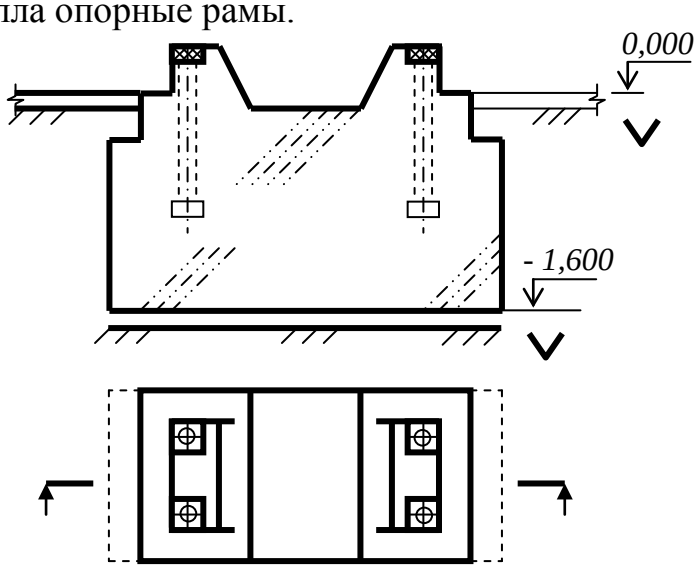


Рис. 63. Фундамент под оборудование: массивный, бесподвального типа

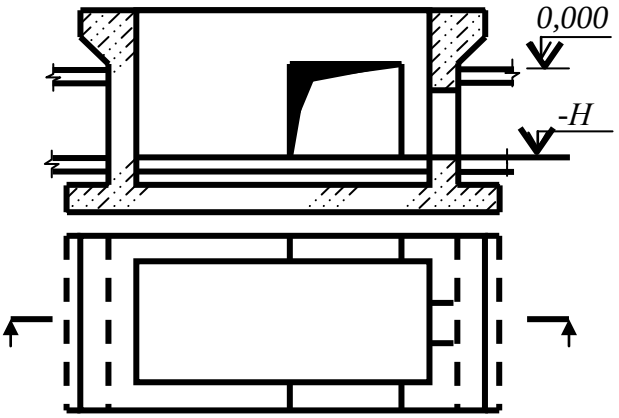


Рис. 64. Фундамент под оборудование: стенчатый, подвального типа

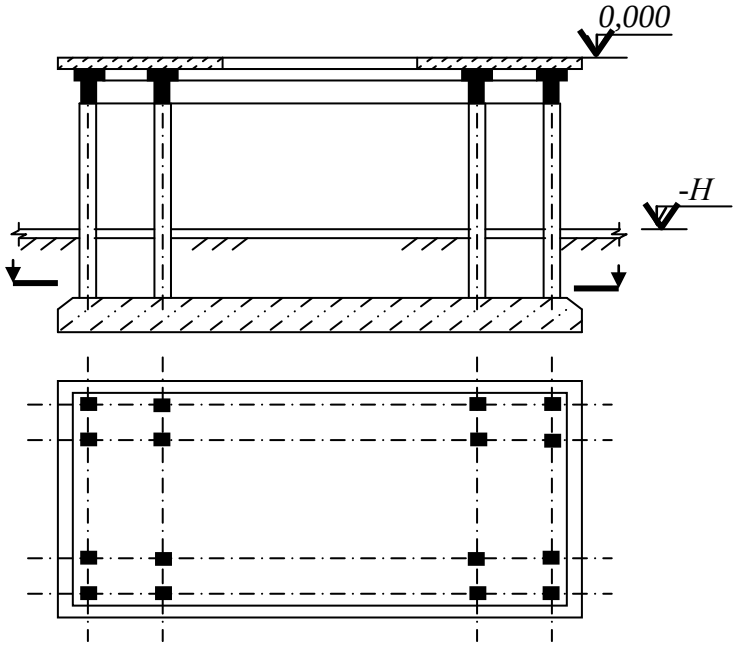


Рис. 65. Фундамент под оборудование: рамный, подвального типа

11.11. Ленточные конвейеры, галереи

Ориентировочные данные для выбора ленточного конвейера приведены в табл. 51.

Таблица 51

Ориентировочные параметры ленточных конвейеров

Ширина ленты, мм	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Производительность, $м^3/ч$	30-90	56-140	125-390	315-790	500-1615	740-2370	1025-3280	1370-4380	2200-7000
Скорость ленты, м/с	0,5-1,5	0,63-2,5	0,8-2,5	1,25-3,15	1,25-4,0	1,25-4,0	1,25-4,0	1,25-4,0	1,25-4,0
Примечание. Лента желобчатая									

При размещении конвейеров следует предусмотреть вдоль конвейера два прохода рабочий и ремонтный, параметры их даются на рис. 66, 67 и в табл. 52 и 53. Под конвейером устраивается бетонный лоток для сбора смывных вод. В рабочем проходе галереи либо укладывается трап по гладкому основанию, либо основание выполняется в виде ступенек.

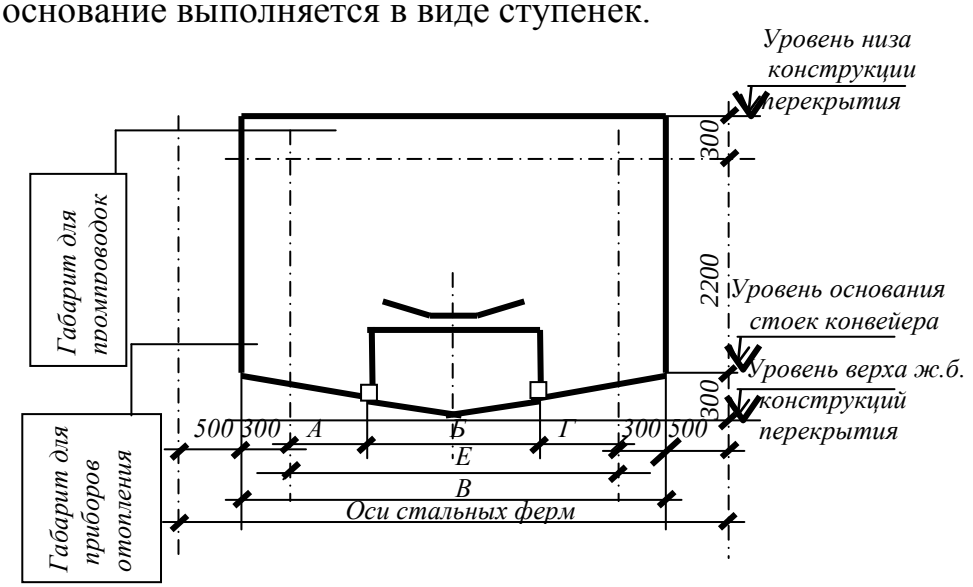


Рис. 66. Схема галереи на один конвейер

Таблица 52

Габариты (мм) проходов в галерее на один конвейер (к рис. 66)

Ширина ленты	Размеры				
	А	Б	В	Г	Е
400	700	800	3030	900	2400
500	700	900	3030	800	2400
650	960	1040	3600	1000	3000
800	700	1300	3600	1100	3000
1000	1000	1500	4200	1000	3600
1200	840	1750	4200	1000	3600
1400	1040	1960	4600	1200	4000
1600	820	2180	4600	1200	4200
2000	1400	2600	6000	1400	5400

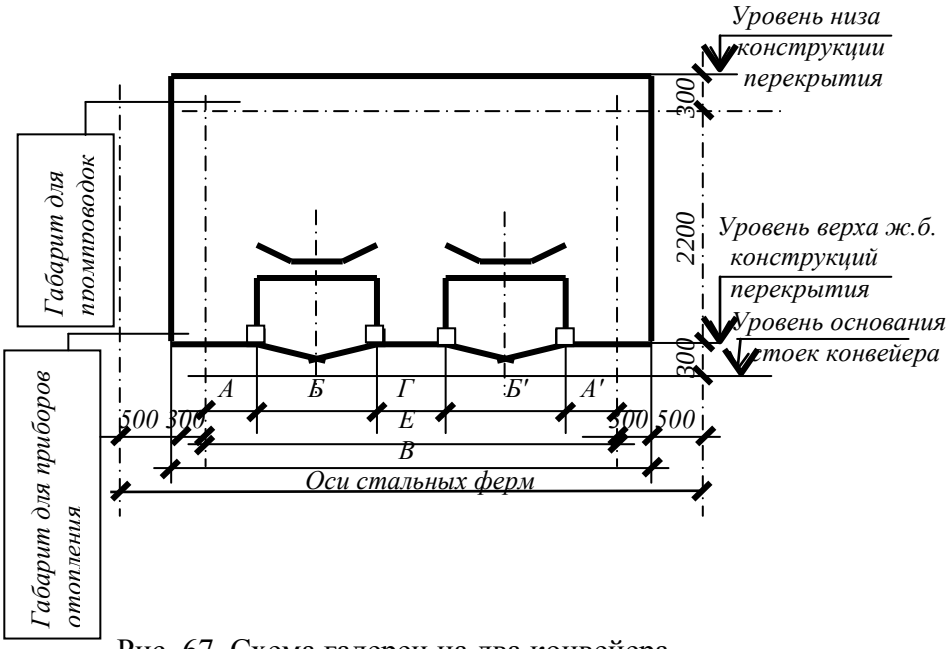


Рис. 67. Схема галереи на два конвейера

Таблица 53

Габариты (мм) проходов в галерее на два конвейера (рис. 67)

Ширина ленты	Размеры							
	А	Б	Г	Б′	А′	Е	В	Д
400+400	700	800	1200	800	700	4200	4800	2000
500+500	700	900	1000	900	700	4200	4800	2000
650+650	560	1040	1000	1040	560	4200	4800	2040
800+800	700	1300	1400	1300	700	5400	6000	2700
1000+1000	1000	1500	1400	1500	1500	6900	7500	2900
1200+1200	700	1900	1640	1700	1040	6900	7500	3400
1400+1400	640	1900	1640	1960	700	6900	7500	3600
1600+1600	1210	2190	1620	2180	1210	8400	9000	3800
2000+2000	700	2600	1800	2600	700	8400	9000	4400

11.12. Габарит приближения строений

На территории обогатительной фабрики имеются железнодорожные пути, которые или идут вне зданий, или заходят в здания, или проходят через них. Предназначены эти пути для доставки руды, оборудования, запасных частей и расходных материалов. Вдоль путей ограничивается приближение строений, зона такого ограничения называется габаритом приближения строений. Чаще всего на территории России используется железнодорожная колея нормальной ширины (н. к.) – 1520 мм; известны также средняя колея (с.к.) - 1000 мм и узкая (у. к.)- 750мм.

К сведению – за границей существуют железные дороги с колеёй 1676, 1600, 1435, 1067 *мм.*

Различают габарит приближения строений (рис. 68) на перегонах и на станциях (в зданиях). Согласно этому габариту устраиваются проёмы в зданиях для установки ворот.

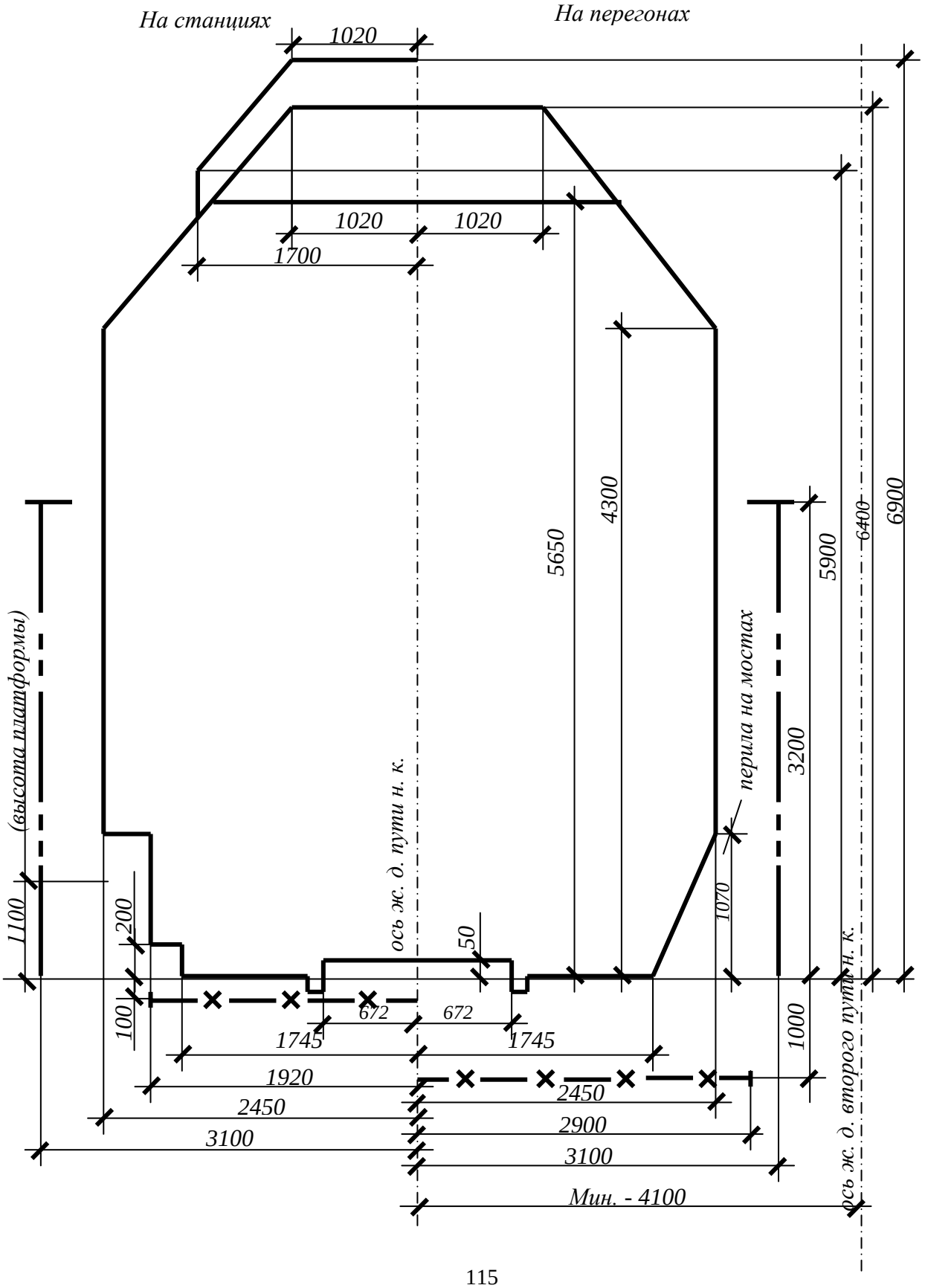


Рис. 68. Габарит приближения строений железной дороги нормальной колеи

Уровень наименьшего заглубления коммуникаций

Линия приближения опор, заборов, зданий

Библиографический список

1. Андреев С.Е., Дьяков В.А., Шешко Е.Е. Транспортные машины и автоматизированные комплексы открытых разработок. Уч-к для вузов. – М. Недра, 1975 – 464 с.
2. Андреев С.Е., Перов В.А.. Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. Уч-к для вузов, 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1980 -415 с.
3. Баклашов И.В., Борисов В.Н. Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. Уч-к для вузов/ Под ред. Баклашова И.В.- М.: Недра, 1990- 272 с.
4. Будасов Б.В., Георгиевский О.В., Каминский В.П. Строительное Черчение.Уч-к для вузов- 5-е изд., перераб. и доп/ Под общей ред. Георгиевского О.В.- М.: Стройиздат,2002 –456 с.
5. Донченко А.С., Донченко В.А. Справочник механика рудообогатительной фабрики. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра,1986- 550 с.
6. Дятков С.В. Архитектура промышленных зданий. Учеб.пособие для строит.вузов-М.: «Высшая школа»,1976 – 464 с.
7. Инструкция по выполнению курсовых и дипломных проектов и работ (разделы: составление качественно-количественной схемы; составление шламовой схемы; составление схемы цепи аппаратов) для студентов специальности 090300 –«Обогащение полезных ископаемых» /Сост. Иванов Э.Э. -2-е изд., стереотипное – Екатеринбург, изд-во УГГГА, 2003 – 44 с.
8. Методические указания по выполнению и оформлению дипломных проектов – работ для студентов специальность 090300 «Обогащение полезных ископаемых» /сост. Иванов Э.Э. – Екатеринбург, изд-во УГГГА, 2003 – 39 с.
9. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению» для студентов специальности 090300. Макет пояснительной записки к курсовому проекту/ Сост. Иванов Э.Э.-2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: изд. УГГГА,202-32с.
10. Нормы технологического проектирования обогатительных фабрик для руд чёрных металлов. Часть 1. Обогатительные фабрики для магнетитовых руд.(ВНТП-19-82/ МЧМ СССР) /Пасечник и др. Кривой Рог, Механобрчермет, 1982 -148 с.
11. Нормы технологического проектирования флотационных фабрик для руд цветных металлов. (ВНТП-21-49/ МЦМ СССР)/ Захваткин В.К. и др.- Л-д, Механобр. 1980 – 103 с.

12. Перов В.А., Андреев Е.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. Уч. пособие для вузов.-4-е изд., перераб.и доп.- М.: Недра,1990- 232 с.

13. Разумов К.А. Проектирование обогатительных фабрик. Уч-к для вузов- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1970 - 592 с.

14. Разумов К.А., Перов В.А. Проектирование обогатительных фабрик. Уч-к для вузов. 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Недра, 1990 - 518 с.

15. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы/ Под ред.О.С. Богданова, В.А. Олевского и др. – 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Недра, 1982-366 с.

16. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик- Кн.1 и 2/ Под ред. В.Ф. Баранов, П.С. Вольфсон, П.И. Крупа и др.- М.: Недра, 1988 - 374 с.

17. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений. Уч. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: Стройиздат (Ленинградское отделение), 1976 – 152 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Гранулометрический состав продуктов

Для расчёта схемы дробления используются гранулометрические характеристики продуктов. В ПЗ курсового проекта эти характеристики представляются в виде графиков. Можно выделить два типа гранулометрических характеристик: а) известные априори; б) расчётные. Характеристики первого типа получаются по данным практики или испытаний, а также могут быть усреднёнными, которые называют «типовыми» /13/. Характеристики второго типа характеризуют гранулометрический состав объединённого продукта (смеси нескольких продуктов).

Графическое изображение гранулометрического состава должно быть наглядным. Поэтому с позиций эстетичности рисунка рекомендуется принимать поле графика прямоугольной формы с соотношением сторон $У : Х = 1 : (1{,}2 \div 1{,}6)$. По осям графика необходимо откладывать максимальные значения и наносить *равномерные* шкалы с *практически удобными для использования и целыми* числами. Например, представляется практически неудобно используемой шкала вида 11; 22; 33; 44; ….её следует трансформировать в виде 10; 20; 30; 40; ….и уж совсем неприемлемой будет шкала типа 16,3; 32,6; 48,9; …

Поле рисунка покрывается сеткой (не очень частой !!!) из тонких линий, на которую будет (или будут) визуально «опираться» кривая (-ые). На одном поле допустимо показывать несколько кривых, а в случае одинаковой (по длине) оси абсцисс для нескольких продуктов это будет просто необходимо, т.к. совместное расположение кривых позволяет своевременно и автоматически контролировать визуально правильность (с точки зрения логики) тех или иных решений.

Гранулометрические характеристики первого типа

Эти характеристики копируются в выбранном масштабе с подлинников или их изображение создаётся по табличным данным результатов опробований, приводимых в литературе, в отчётах лабораторий, в студенческом отчёте по производственной практике …..

Гранулометрические характеристики второго типа

Применяемые в учебных целях в курсовом проекте типовые гранулометрические характеристики продуктов дробления приводятся в литературе /2, 12, 13, 14, 15/ в графической форме. Причём следует отметить уменьшающуюся с каждым переизданием точность характеристик и всё увеличивающееся неудобство, а зачастую просто невозможность практического использования. В таблице 10 настоящего пособия приводится табличная форма типовых характеристик. Для использования табличных данных необходимо знать (задаться) тип дробилки и категорию крепости руды. Порядок построения графика:

а) сначала по оси абсцисс откладывается шкала относительной крупности Z (д.ед.);

б) величины ординат для Z_i даны в таблице 10 в виде суммарного выхода по плюсу (первая колонка);

в) наносимые на поле рисунка точки выделяются каким-либо образом (кружочками, треугольниками, крестиками, квадратиками и т.п.);

г) через точки проводится **плавная** кривая (рекомендуется использовать для этого лекала и проверять плавность хода линий изменением угла зрения - смотреть на рисунок под небольшим углом, около 5 - 15º, и при этом как бы двигаясь вдоль контролируемой линии). Полученная кривая является кривой суммарного выхода по плюсу;

д) для использования графика проводится вторая ось абсцисс и на неё наносится шкала абсолютной крупности (мм) кусков, причём надо помнить, что значения $Z_{макс.}$ и $Д_{макс}$ (или $d_{макс}$) находятся на одной вертикали.

Расчётные гранулометрические характеристики

Возможны два случая:

первый – объединяются несколько продуктов с известными гранулометрическими составами и требуется знать гранулометрический состав объединённого продукта;

второй – объединяются два продукта, но лишь для одного из них известен гранулометрический состав. Для другого данные могут быть получены только после некоторых расчётов.

В любом случае, для создания кривой гранулометрического состава, условно называемой нами «расчётной», достаточно определить местоположение, как минимум, пяти точек, чтобы обеспечить приемлемую в проектировании точность. Обозначим абсциссы точек построения кривой в общем виде как $d_{ki.}$ Возможно расположение их по всей оси крупности как равномерное, так и неравномерное. В первом случае достигается равная точность построения кривой на любом участке графика. Однако…. обратим внимание на неравноценность использования в дальнейшем левой и правой частей кривой (относительно медианы). Будем учитывать, что в последующих расчётах данные с левой части графика будут сниматься значительно чаще и поэтому желательно не-

равномерное распределение точек. Универсальным в этом смысле является правило золотого сечения по Леонардо Да Винчи, что и рекомендуется для курсового проектирования. Обозначим всю ось абсцисс как *Od*, где *d* это максимальная крупность продукта. Тогда абсциссы d_{ki}- ой точки построения составят (рисунок А.1):

d_{k1} = (*Oa*) = 0,13 * (*Od*);
d_{k2} = (*Ob*) = 0,20 * (*Od*);
d_{k3} = (*Oc*) = 0,30 * (*Od*);
d_{k4} = (*Oe*) = 0,44 * (*Od*);
d_{k5} = (*Of*) = 0,67 * (*Od*).

Полученные значения округляются и принимаются практически удобными. Например:

расчётное значение, мм	возможное принятое, мм
5,2	5
13,1	15 или12,5
28,8	30 или 25

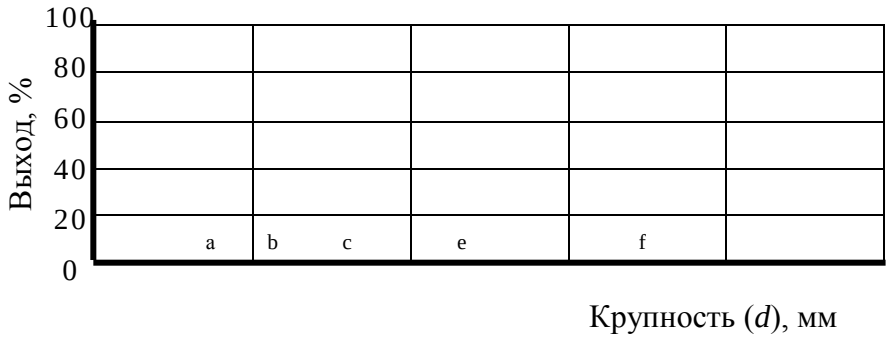


Рисунок А.1 – Поле для графика гранулометрического состава

После определения абсцисс для точек d_{ki} надо рассчитать соответствующие им ординаты. В *первом* случае, по известным гранулометрическим характеристикам находятся значения β^{-dk} и рассчитывается содержание класса минус d_k в объединённом продукте по формуле средневзвешенного показателя

$$\beta^{-dk}_{об} = \sum(\beta^{dk} \cdot \gamma_i) / \sum\gamma_i \qquad (176)$$

Во *втором* случае возможны два варианта – расчёт приближённый по К.А.Разумову /14/ и балансовый расчёт.

Если используется открытый цикл дробления с предварительным грохочением (рисунок 15), то рекомендуется формула

$$\beta_5^{-dk} = \beta_1^{-dk} + \beta_1'' \cdot \beta_4^{-dk}, \qquad (177)$$

где 1, 4, 5 – номера продуктов по схеме;

" – либо класс «+*s*» при $d_{k\leq} \leq s$,

либо класс «+d_k» при $d_{k\leq} > s$.

При использовании замкнутого цикла дробления вид расчётной формулы определяется составом цикла и для конкретных схем справедливы следующие выражения:

-схема рисунка 16

$$\beta_2^{-dk} = (\beta_1^{-dk} \cdot \gamma_1 + \beta_3^{-dk} (1 - E_{\text{разд}}^{-dk}) \cdot \gamma_3) / \gamma_2, \quad (178)$$

-схема рисунка 17

$$\beta_2^{-dk} = (\beta_1^{-dk} \cdot \gamma_1 + \beta_3^{-dk} \cdot \gamma_3) / \gamma_2, \quad (179)$$

-схема рисунка 18

$$\beta_4^{-dk} = (\gamma_1 \cdot \beta_1^{-dk} \cdot (1- E_{\text{разд.1}}^{-dk}) + \gamma_5 \cdot \beta_5^{-dk} \cdot (1-E_{\text{разд.2}}^{-dk})) / \gamma_4 \quad (180)$$

При отсутствии данных об эффективности грохочения узких классов допускается приравнивание её к общей эффективности

$$E_{\text{разд.}}^{-dk} = E_{\text{разд.}}^{-a} \qquad \text{при } d_k \leq a$$

Гранулометрический состав объединённых просевов по схеме рисунка 18 находится с помощью формулы

$$\beta_8^{-dk} = (\gamma_1 \cdot \beta_1^{-dk} \cdot E_{\text{разд.1}}^{-dk} + \gamma_5 \cdot \beta_5^{-dk} \cdot E_{\text{разд.2}}^{-dk}) / \gamma_8 \quad (181)$$

Приложение Б
(справочное)

Нахождение в таблицах промежуточных значений

Промежуточные табличные значения находят интер- и экстраполяцией[1]. Применяется аналитическая или графическая форма. Предпочтительнее первая, т.к. при этом обеспечивается бóльшая точность. Но… аналитическая форма требует аналитического описания используемых зависимостей и не наглядна. Последнее не позволяет контролировать правильность решения.

При графической интерполяции строится график по значениям диапазонов (x_1, y_1) и (x_2, y_2) и затем находится значение y_i для промежуточного x_i (рисунок Б.1).

Для линейной зависимости в аналитической геометрии предложены выражения

1) при прямопропорциональной зависимости

$$Y_i = y_1 + (y_2 - y_1) \cdot (x_i - x_1) / (x_2 - x_1) \quad (182)$$

или

$$Y_i = y_{мин.} + (y_{макс.} - y_{мин.}) (x_i - x_{мин.}) / (x_{макс.} - x_{мин.}) \quad (183)$$

[1] интерполяция (interpolation (лат.) – подновлять) – мат.: нахождение по ряду значений функции промежуточных её значений;

экстраполяция (extra (лат.) – вне, сверх, дополнительно) – мат.: нахождение по ряду данных значений функции других её значений, которые находятся **ВНЕ** этого ряда.

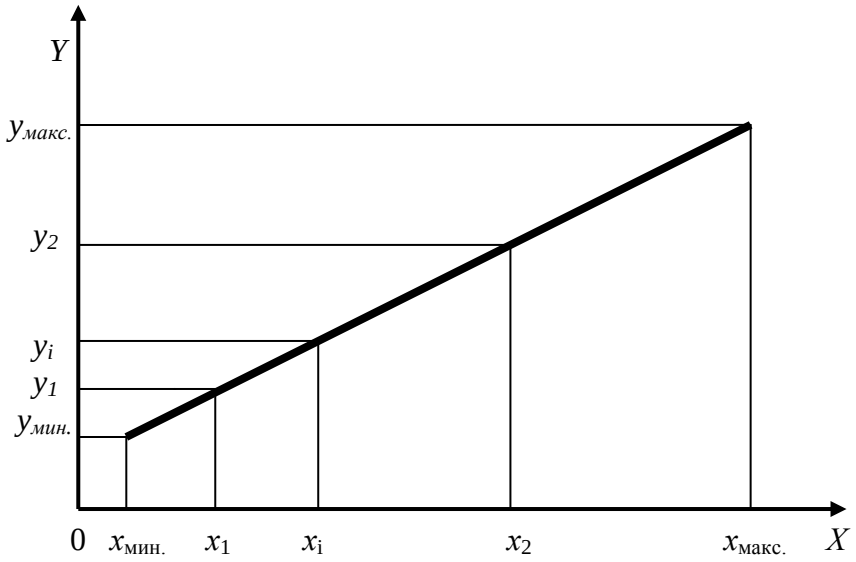


Рисунок Б.1 – К нахождению промежуточных значений линейной интерполяцией

или

$$Y_i = y_2 - (y_2 - y_1) \cdot (x_2 - x_i) / (x_2 - x_1) \quad (184)$$

или

$$Y_i = y_{макс.} - (y_{макс.} - y_{мин.}) \cdot (x_{макс} - x_i) / (x_{макс.} - x_{мин.}) \quad (185)$$

2) при обратнопропорциональной зависимости

$$Y_i = y_{мин.} + (y_{макс.} - y_{мин.}) \cdot (x_{макс.} - x_i) / (x_{макс.} - x_{мин.}) \quad (186)$$

или

$$Y_i = y_{макс.} + (y_{макс.} - y_{мин.}) \cdot (x_i - x_{мин.}) / (x_{макс} - x_{мин.}) \quad (187)$$

Пример применения экстраполяции

Пусть β^{-a} =6 %. Требуется по табличным данным (таблица Б.1) найти значение для коэффициента k_j .

Таблица Б.1

Содержание β^{-a},%	10	20	30	40
k_j	1,00	1,10	1,02	0,86

Возможные решения:

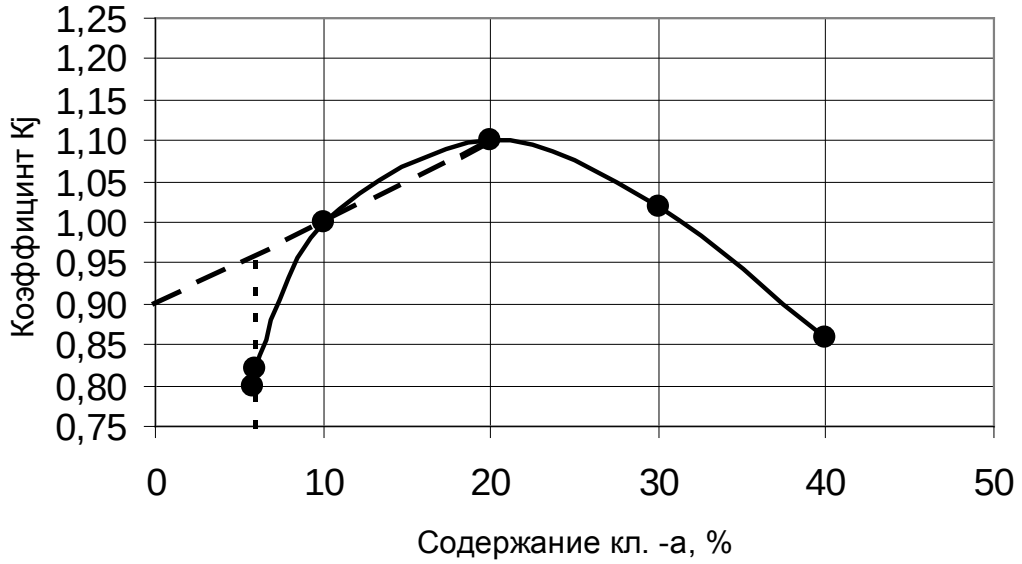
1) принимается граничное значение, т.е. k_j = 1,00;
2) графической *линейной* экстраполяцией, а именно проведением прямой линии через последние две границы (рисунок Б.1) и далее как при интерполяции получается k_j=0,96;

3) аналитической *линейной* экстраполяцией рассчитывается

$k_j = 1{,}00 – (1{,}10 - 1{,}00) \cdot (10 - 6) \; / \; (20 - 10) = 0{,}96$;

4) графической *нелинейной* экстраполяцией (плавным продолжением кривой влево) получается $k_j = 0{,}82$.

Вывод по примеру – наиболее точен способ графической нелинейной экстраполяции и его значение более достоверно.



Приложение В
(справочное)

Технические данные дробилок ЩДП

Показатель		Типоразмер (заводская марка)		
		4х6 (СМД)	(СМД 133)	6Х9 (СМД)
Размеры (мм) приёмного отверстия ширина		400		600
длина		600		900
Размер (мм) максимального куска в питании		340	500	510
Номинальная* ширина (мм) разгрузочной щели		60	130	100
Пределы регулирования, мм		±15		±25
Производительность (**м³/ч**) при номинальной щели		40	85	75
Мощность двигателя, кВт		40	75	75
Масса, т	наиболее тяжёлого узла			
	дробилки без эл. двигателя	8	28,5	27
	маховика			
Стоимость, р (уровень 1988 г.)				
Установочные габариты (м) -ширина х длина х высота			10,5х3,5х4,5	
Частота вращения главного вала, мин.$^{-1}$				

* - номинальной считается щель в фазе разомкнутого положения щёк, т.е. «разгрузочная щель» плюс «ход» щеки

Продолжение приложения В

Показатель		Типоразмер (заводская марка)			
		9х12 (СМД 111А)	12х15 (СМД 118 А)	15х21 (СМД117А)	21х25 (СМД ..)
Размеры (мм) приёмного отверстия: ширина		900	1200	1500	2100
длина		1200	1500	2100	2500
Размер (мм) максимального куска в питании		750	1000	1300	1700
Номинальная* ширина (мм) разгрузочной щели		130	155	180	250
Пределы регулирования, мм		±35	±40	±45	±65
Производительность (**м^3/ч**) при номинальной щели		180	310	600	800
Мощность двигателя, кВт		90	160	250+40	400+
Масса, т	наиболее тяжёлого узла				
	дробилки без электродвигателя	56,5	118,7	207,6	470
	маховика				
Стоимость, р (уровень 1988 г.)		66000	101200	187600	
Установочные габариты (м) -ширина х длина х высота		5,1 х 5 х 3,3	6,4 х 9,3 х 4,3	8,2 х 8,5 х 5,1	
Частота вращения главного вала, мин.$^{-1}$		200	170	140	

Приложение Г
(справочное)

Технические данные дробилок ЩДС

Приложение Д
(справочное)

Технические данные конусных дробилок для крупного дробления

Показатель	Типоразмер (заводская марка)						
	ККД 500/75		КРД 500/60	КРД 700/75		КРД 700/100	
По данным	мэ	ум	мэ	мэ	ум	ум	
Ширина приёмного отверстия, мм	500	500	500	700	700	700	
Максимальный кусок в питании, мм	420		400	550			
Номинальная ширина разгрузочной щели, мм	75	55 65 75 85	60	75	65 75 85 100	100 115 130 150	75 85 100 115 130
Пределы (шаг) регулирования щели, мм	±15% (1,5)	грщ		±15%	грщ	грщ	
Ход эксцентрика, мм					38	45	38
Производительность, $м^3/ч$	160	220,225 250,270	200	400	360,480 540,610	880 1020	550 645

						1160 1310	780 900 1020
Мощность эл. двигателя, кВт		132	200	200	250	250	400
Напряжение, В		380⁄660	380	3000⁄6000	3000⁄6000	6000	6000
Масса, т	наиболее тяжёлого узла (детали)	15,2	15,5	54,5	86,5	34,0 дроб. конус в сборе	51,4 дробильная чаша с бронями
		дробящий конус с траверсой		сред. часть конуса в сборе			
	дробилки без эл. двигателя	42,4	40	87,5	143,7	157	236
Частота вращения конуса, мин.$^{-1}$		200				135	
Установочные габариты (м) ширина –длина – высота		4,3х3,4х4,9				6,9 х 8,7 х 7,6	
Стоимость, р (уровень …. года)		55500 (1988)				143000 (1988)	

Примечание – номинальной считается щель в фазе раскрытия профилей;
- «шаг» это шаг изменения щели при механическом регулировании;
- «мэ» - машиноэкспорт;
- «ум» - Уралмашзавод (проспекты);
- грщ – дробилка с гидравлическим регулированием разгрузочной щели;

Продолжение 1 приложения Д

Показатель	Типоразмер (заводская марка)			
	КРД 900⁄100	ККД 900⁄140	ККД 1200⁄150	
По данным	мэ	мэ	ум	мэ
Ширина приёмного отверстия, мм	900	900	1200	1200
Размер максимального куска в питании, мм	750	750		1000
Номинальная ширина разгрузочной щели, мм	100	110 140 160	130 150 165 180	100 115 130 150	130 150 180
Пределы (шаг) регулирования щели, мм	±15%	±15% (4)	грщ		±15% (8)
Ход эксцентрика, мм			45	36	
Производительность, м^3⁄ч	680	330,420 480	860 1030 1140 1220	520 610 690 795	550 680 800

Мощность эл. двигателя, кВт		400	250	315	2 х 200 мех. регулиров. 320 – грщ
Напряжение, В		3000⁄6000	3000⁄6000	6000	3000⁄6000
Масса, т	наиболее тяжёлого узла (детали)	160,5 сред. часть корпуса в сборе	52,4 дроб. конус в сборе	85,4 дроб.конус с траверсой	45,7 верхнее кольцо с бронями
	дробилки без эл. двигателя	259,8	146,4	240	157 242 –грщ
Частота вращения конуса, мин.$^{-1}$		110	140	120	
Установочные габариты (м) ширина –длина –высота		7,2 х 11,3 х 8,3	5,6 х 8,9 х 7,4	6,5 х 10,2 х 8,8	
Стоимость, р (уровень …. года)		265000 (1988)	143600 (1988)	368000 (1998)	
Примечание – номинальной считается щель в фазе раскрытия профилей; - «шаг» это шаг изменения щели при механическом регулировании; - «мэ» - машиноэкспорт; - «ум» - Уралмашзавод (проспекты); - грщ – дробилка с гидравлическим регулированием разгрузочной щели.					

Продолжение 2 приложения Д

Показатель	Типоразмер (заводская марка)					
	ККД 1500⁄180			ККД 1500⁄230		ККД 1500⁄300
По данным	мэ	ум		ум		мэ
Ширина приёмного отверстия, мм	1500	1500		1500		1500
Размер максимального куска в питании, мм	1300	1300		1300		1200
Номинальная ширина разгрузочной щели, мм	160 180 200	150 165 180 200 215	130 150 165 180	180 200 215 230 250	130 150 165 180	300
Пределы (шаг) регулирования щели, мм	±15% (10)	грщ.		грщ		±15% (10)
Ход эксцентрика, мм		45	36	45	36	
Производительность, м^3⁄ч	1200 1350	1430 1680	970 190	2100 2300	1060 1310	2600

		1500	1800 2100 2240	1370 1520	2460 2620 2790	1510 1680	
Мощность эл. двигателя, кВт		2 х 320 мех. регулиров. 400	400		500		2 х 315 мех. регулиров. 320 – грщ
Напряжение, В		3000⁄6000	6000		6000		3000⁄6000
Масса, т	наиболее тяжёлого узла (детали)	136,4 дроб. конус в сборе	135,9 дроб. конус с траверсой		142,5 дроб.конус с траверсой		213,2 дроб. конус с траверсой
	дробилки без эл. двигателя	405	406		459		625,5
Частота вращения конуса, мин.$^{-1}$		90			120		
Установочные габариты (м) ширина –длина –высота		7,4 х 11,8 х 10			6,5 х 10,2 х 8,8		
Стоимость, р (уровень …. года)		3914000 (1988)			368000 (1998)		

Примечание – номинальной считается щель в фазе раскрытия профилей;
- «шаг» это шаг изменения щели при механическом регулировании;
- «мэ» - машиноэкспорт;
- «ум» - Уралмашзавод (проспекты);
- грщ – дробилка с гидравлическим регулированием разгрузочной щели.

Приложение Е
(справочное)
Технические данные короткоконусных дробилок среднего дробления

Показатель	Типоразмер дробилки (заводское обозначение)					
	КСД 600Гр	КСД 900Гр (СМД-120)	КСД 1200Гр	КСД 1200Т	КСД 1750Гр2	КСД 1750Гр1
По данным	мэ	мэ	мэ	мэ	ум	Ум
Ширина приёмного отверстия, мм	75	130	185	125	350	250
Максимальный кусок в питании, мм	60	100	150	100	250	200
Диапазон регулирования разгрузочной щели, мм	12 – 35	15 – 40	20 – 50	10 – 25	35, 40, 50, 60, 65	25, 30, 35, 40, 50, 60

Производительность, $м^3/ч$		19 – 40	38 – 57	83 – 125	46 – 100	230, 260, 320, 370, 400	180, 200, 220, 240, 280, 320
Мощность двигателя, кВт		30	55	75	75	160	160
Напряжение, В						380/660	380/660
Частота вращения конуса, $мин.^{-1}$				260	260	260	260
Масса, т	наиболее тяжёлого узла (детали)			10	10	22,1	22,1
	дробилки без эл. двиг.	4,05	12,5	21,3	21,3	51	51
Габаритные размеры, м		1,6х1,5х х 1,5	2,5х1,7х х 2,3	2,4х2,7х х2,5	2,4х2,7х х2,5	3,2х3,4х х3,3	3,2х3,4х х3,3
Стоимость, ….р (уровень ….года)		136320 (1998)	337800 (1998)	30180 (1988)	30180 (1988)	59000 (1988)	59000 (1988)
Примечание – цифры после букв «Гр» обозначают особенности профиля зоны дробления; - в обозначениях типоразмера дробилок могут использоваться буквы «Д» (дистанционное управление), «П» (наличие распределителя питания), «В» (установка дробилки на виброизолирующем основании)							

Продолжение приложения Е

Показатель	Типоразмер дробилки (заводское обозначение)					
	КСД 1750Т	КСД 2200Гр 2	КСД 2200Гр1	КСД 2200Т	КСД 3000Гр	КСД 3000Т
По данным	ум	ум	ум	ум	ум	Ум
Ширина приёмного отверстия, мм	200	450	350	275	600	475
Максимальный кусок в питании, мм	160	350	300	250	500	380
Диапазон регулирова-ния разгрузочной щели, мм	15, 20, 25, 30	35, 40, 50, 60, 65	30, 35, 50, 60	15, 20 25, 30	50, 60, 65 70, 80	25, 30, 35, 40, 50
Производительность, $м^3/ч$	105, 135 160, 190	500, 550 660, 760, 820	420, 465, 515, 610, 700	180, 240, 300, 360,	950, 1115, 1200, 1280, 1450	650, 700, 750, 800, 900

Мощность двигателя, кВт		160	250	250	250	400	400
Напряжение, В		380/660	6000	6000	6000	6000	6000
Частота вращения конуса, мин.$^{-1}$		260	242	242	242	200	200
Масса, т	наиболее тяжёлого узла (детали)	22,1	38	38	38	70	70
	дробилки без эл. двиг.	46,8	88	89	89	225	225
Габаритные размеры, м		3,2х3,4х х3,3	3,3х3,9х х3,8	3,3х3,9х х3,8	3,3х3,9х х3,8	6,3х5,2х х6,5	6,3х5,2х х6,5
Стоимость, ….р (уровень ….года)		59000 (1988)	119000 (1998)	119000 (1988)	119000 (1988)	278000 (1988)	278000 (1988)

Приложение Ж
(справочное)

Технические данные короткоконусных дробилок для мелкого дробления

Показатель	Типоразмер дробилки (заводское обозначение)					
	КМД 900Т (ДРО-560Т)	СМД-134	КМД 1200Гр	КМД 1200Т	КМД 1750Гр	КМД 1750Т
По данным				ум	ум	ум
Ширина приёмного отверстия, мм			100	50	130	80
Максимальный кусок	20 – 40	100	80	40	100	70

в питании, мм							
Диапазон регулирова-ния разгрузочной щели, мм		8 – 15	23	5 – 15	3 – 12	9 – 20	5 – 15
Производительность, $м^3/ч$		35 – 50	50	50 – 65	30 – 55	95 – 130	85 – 110
Мощность двигателя, кВт		75	58	75	75	160	160
Напряжение, В		380	380	380	380	380	380
Частота вращения конуса, $мин.^{-1}$				260	260	260	260
Мас-са, т	наиболее тяжё-лого узла (дета-ли)			10	10	22,1	22,1
	дробилки без эл. двиг.	11,7	19	21,4	21,4	46,4	46,6
Габаритные размеры, м			8,2 х 2,9 х х 3,5	8 х 7,2 х х 2,6	8 х 7,2 х х 2,6		
Стоимость, ….р (уровень ….года)				30480 (1988)	30480 (1988) 100000$ (1998)	60600 (1988)	60600 (1988)
Примечание - «ум» - каталог Уралмашзавода; - «эм» - проспект Машиноэкспорт							

Продолжение 1 приложения Ж

Показатель	Типоразмер дробилки (заводское обозначение)					
	КМД 2200Гр2	КМД 2200Гр1	КМД 2200Гр	КМД 2200Т	КМД 2200Т	КМД 3000Гр
По данным	ум	ум	эм	ум	эм	ум
Ширина приёмного отвер-стия, мм	200	140	140	100	100	220
Максимальный кусок в питании, мм			110		85	85
Диапазон регулирова-ния разгрузочной щели, мм	15–20–25	10–12–10–20	10 – 20	5–6–7– 8–9–10–12–15	5 – 15	15, 20, 25
Производительность,	315 – 365–410	220 – 240 – 270 – 325	220 – 260	160–180–188–195–	170 – 220	500, 575, 650

$м^3/ч$					202–210–235–250		
Мощность двигателя, кВт		315	315	250	315	250	400
Напряжение, В		6000	6000	6000	6000	6000	6000
Частота вращения конуса, $мин.^{-1}$				242		242	200
Масса, т	наиболее тяжёлого узла (детали)						
	дробилки без эл. двиг.	90	90	88,5	90	88,4	225
Габаритные размеры, м							6,6х5,1х х5,3
Стоимость, ….р (уровень ….года)		(1988)	30480 (1998)	12300 (1988)	(1988)	123000 (1988)	
Примечание - «ум» - проспект Уралмашзевода; - «эм» - проспект Машиноэкспорт							

Продолжение 2 приложения Ж

Показатель	Типоразмер дробилки (заводское обозначение)						
	КМД 3000Гр	КМД 3000Т	КМД 3000Т	КИД 300А	КИД 300А	КИД 600А	КИД 600
По данным	эм	ум	эм	мт	см	см	мт
Ширина приёмного отверстия, мм	220	85	100				
Максимальный кусок в питании, мм	180	85	85	20	20	50	50
Диапазон регулирова-ния разгрузочной щели, мм	15 – 25	5–6–7–8–9–10–12–	7 – 15	конечная крупность менее	конечная крупность менее	конечная крупность менее	конечная крупностьме-

			15		4 мм	8 мм	6 мм	нее 15 мм
Производительность, $м^3/ч$			300–330–360–375–390–410–435–475	350–440	не более 0,6	не более 2,	не более 13	10
Мощность двигателя, кВт			400	400				400
Напряжение, В		6000	6000	6000				6000
Частота вращения конуса, $мин.^{-1}$		185	200	200				
Ма-са, т	наиболее тяжёлого узла (детали)							
	дробилки без эл. двиг.	235	225	225,1				225
Габаритные размеры, м								
Стоимость, ….р (уровень ….года)				28200 (1988)	78000 (1998)	99000	455000 (1998)	354000 (1998)
Примечание - «ум» - каталог Уралмашзавода; - «эм» - проспект Машиноэкспорт; - «мт» - проспект Механобртехника; - «ст» - проспект Строммашина (Кострома); - промышленных образцов дробилок КИД 900, 1200, 1750 нет в производстве.								

Приложение И
(справочное)

Краткая характеристика грохотов

Показатели		Типоразмер по ГОСТ (заводское обозначение)					
		ГИЛ-32	ГИЛ-42	ГИЛ-52	ГИС-42 (СМД-148)	ГИС-52 (СМД-121)	ГИС-62(СМД-125)
Просеивающая	геом. площадь*, $м^2$	3,125	5,625	7,875	5,625	7,875	10,0
	LxB, м	2,5 х 1,25	3,75 х 1,5	4,5 х 1,75	3,75 х 1,5	4,5 х 1 ,75	5 х 2

поверх-ность	угол наклона, º	10 – 25	10 – 25	10 – 25	10 – 25	10 – 25	10 – 25
Допустимая крупность питания, мм		100	300	300	150	200	150
Размер отверстия при заводской поставке,мм	верхняя поверхность	50	до 60	до 60	40	40	
	нижняя	6; 8; 10; 13; 20; 25; 50	6; 8; 10; 13; 20; 25; 50	6; 8; 10; 13; 20; 25; 50	12	12	
Амплитуда (полуразмах) колебаний короба, мм		2,5	3,0	2,5 – 3	4,2	3,8	4,2
Частота вращения вала вибратора, мин.$^{-1}$		900	900	900	970	900	900
Электродвига-тель	*U*, В	380	380	380	380	380	380
	N, кВт	4	7,5	7,5	11	15	15
Масса, т	грохота	1,25	3,055	3,3	3,3	3,8	5,85
	эл.двигателя	0,011	0,015	0,0148	0,0135	0,016	0,0135
Цена, р (год)		1320 (1986)	2680 (1986)	3250 (1986)	2620 (1986)	2960 (1986)	4500 (1986)
Установочные габаритные размеры, м	*L*	до 3	4,5	4,9	4,5	5,1	5,9
	B	2,3	2,9	3,2	2,9	3,2	3,3
	H	до 2	2,95	2,5	2,5	3	3,3
Привод		д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в
Примечание - * - без учёта элементов крепления просеивающей поверхности - «д-м-в» - двигатель – муфта – вал (через карданный вал)							

Продолжение 1 приложения И

Показатели	Типоразмер по ГОСТ (заводское обозначение)					
	ГИТ-32, ГИТ-32Н (171Гр)	ГИТ- 41 СМД-690	ГИЛ-41 (СМД-113)	ГИТ-41А для охлаж-дённого агломе-рата	ГИТ-42	ГИТ-51

Просеивающая поверхность	геом. площадь*, $м^2$						
	LxB, м	3 х 1,25	3,5 х 1,5	3 х 1,5	3,5 х 1,5	3,3 х 1,5	3,86 х х 1,75
	угол наклона, °	15 – 30	15 – 25	10 – 30	10 – 30	15 – 30	10 – 30
Допустимая крупность питания, мм		300	150	1000		200	400
Размер отверстия при заводской поставке,мм	верхняя поверхность			50 – 250			
	нижняя				6; 8; 10; 12; 20; 13; 16		
Амплитуда (полуразмах) колебаний короба, мм		3 – 5	3 – 6	4	3 – 5	3 – 5	3 – 7
Частота вращения вала вибратора, $мин.^{-1}$		700⁄970	700	800	730⁄970	700	730⁄970
Электродвига-тель	*U*, В	380	380	380	380	380	380
	N, кВт	11	7,5	15	15	15	18,5
Масса. т	грохота	2,82	1,8	5,05	3,66	3,4	5,7
	эл.двигателя	0,016	0,0093	0,0135	0,0195	0,0195	0,0195
Цена, р (год)				3750 (1986)	5740 (1986)	5810 (1986)	8390 (1986)
Установочные габаритные размеры, м	*L*	3,2		3,1	4,5	5,1	4,0
	B	1,7		1,8	2,9	3,2	2,3
	H	1,2		1,5	2,5	3	1,4
Привод		д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в
Примечание - * - без учёта элементов крепления просеивающей поверхности - «д-м-в» - двигатель – муфта – вал (через карданный вал)							

Продолжение 2 приложения И

Показатели	Типоразмер по ГОСТ (заводское обозначение)

			ГИТ-51А, для охлаж-дённого агломе-рата	ГИТ- 52	ГИТ-71	ГИСЛ-62	ГИСЛ-82
Просеи-вающая поверх-ность	геом. Площадь*, $м^2$						
	LxB, м		3,5 х 1,75	4 х 1,75	5 х 2,5	5 х 2	7 х 3
	угол наклона, º		10 – 30	15 – 30	15 – 30	0 – 25	0 – 25
Допустимая крупность питания, мм			1100	400	Руда – 800 Уголь–1100	300	300
Размер от-верстия при заводской по-ставке,мм	верхняя по-верхность						
	нижняя						
Амплитуда (полуразмах) коле-баний короба, мм			5,3	3 – 8	4 – 8	5,5 – 6,0	5,5 – 6,0
Частота вращения вала вибрато-ра, $мин.^{-1}$			735	730/970	730	730	730
Электродвига-тель	*U*, В		380	380	380	380	380
	N, кВт		22	18,5	22	2 х 17	2 х 37
Масса. Т	грохота		4,97	7,3	11,2	8,5	18
	эл.двигателя		0,042	0,0195	0,039	2 х 0,0325	2 х 0,074
Цена, р (год)			4920 (1986)	9020 (1986)	13040 (1986)	10670 (1986)	20600 (1986)
Установочные габаритные размеры, м		*L*				5,7	7,7
		B				2,9	5,4
		H				2,65	3,0
Привод			д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в	д-м-в
Примечание - * - без учёта элементов крепления просеивающей поверхности - «д-м-в» - двигатель – муфта – вал (через карданный вал)							

Продолжение 3 приложения И

Показатели			Типоразмер по ГОСТ (заводское обозначение)						
			ГСС-32 (СМД-107)	ГИСС- 32 (243 Гр)	ГИСТ-31	ГИСТ-41	ГИСТ-51	ГИСТ-61	ГИСТ-72
Просеивающая поверхность	геом. площадь*, м^2				Не изготавливается	Не изготавливается			
	LxB, м		3 х 1,25	4 х 1,5			4,5 х 1,75	3,4 х 2	7 х 2,5
	угол наклона, º						0 – 8	0 – 8	0 – 25
Допустимая крупность питания, мм			100	100			100	200	
Размер отверстия при заводской поставке,мм	верхняя поверхность			25 – 2			до 30		до 16
	нижняя								
Амплитуда (полуразмах) колебаний короба, мм			9	4,2					
Частота вращения вала вибратора, мин.$^{-1}$			760	950			970		
Электродвига-тель		*U*, В	380	380			380	380	380
		N, кВт	5,5	2 х 32			2 х 10	2 х 15	2 х 18,5
Масса, т	грохота		2,15	2,41			5	7,1	18,0
	эл.двигателя		0,056				2 х 0,0143	2 х 0,016	2 х 0,0255
Цена, р (год)			1650 (1986)						
Установочные габаритные размеры, м		*L*	3,9	4			5,1	4,03	7,5
		B	1,9	2,3			3,1	3,1	4,2
		H	1,4	1,2			1,45	2,1	2,9
Привод			д-текст.	д-м-в			д-м-в	д-м-в	д-м-в

Примечание - * - без учёта элементов крепления просеивающей поверхности
- «д-м-в» - двигатель – муфта – вал (через карданный вал)

Приложение К
(справочное)

Краткая характеристика мельниц МСЦ

Параметр		900 х 1800	1200 х 2400	1500 х 3000	2100 х 2200
Номинальный объём, м^3		0,9	2,0	4,2	6,3
Толщина футеровки, мм		60	65	70	80
Электро-двигатель	тип	4АМР180S4У3		4АМР250Д4У3	СД2-85⁄22-10У4
	мощность, кВт	22	40	90	200
	напряжение, В	380	380	380	380
Привод		редуктор	редуктор	редуктор	Редуктор
Масса, т	стержневой загрузки	2,3	5,2	10,5	16,0
	электродвигателя	0,175	0,55	0,535	2,6
	мельницы без эл. оборудования	5,2	13,2	21,0	54
Цена, р (год)		7430 (1989)	9500 (1980)	24700 (1989)	59200 (1989)
Габаритные размеры, м	длина	3,9	16,7	6,3	8,4
	ширина	2,1	9,0	3,5	5,7
	высота	1,45	6,8	2,5	4,2
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня					

Продолжение 1 приложения К

Параметр		2100 х 3000	2700 х 3600	3200 х 4500	3600 х 4500
Номинальный объём, м^3		8,5	17,5	32	41
Толщина футеровки, мм		80	95	105	110
Электро-двигатель	тип	СД2-85⁄22-10У4	СДМ-215⁄26-32УГ	ДС 260⁄39-36	СДМ-260⁄36-36
	мощность, кВт	200	400	900	1000
	напряжение, В	380	6000	6000	6000
Привод		редуктор	д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш
Масса, т	стержневой загрузки	22	40,0	70	90,0
	электродвигателя	2,6	8,5	15,6	15,5
	мельницы без эл. оборудования	58	103,5	115,0	175
Цена, р (год)		59200 (1989)	101800 (1989)	98700 (1989)	113700 (1989)
Габаритные размеры, м	длина	8,8	9,4	14,2	14,3
	ширина	4,8	6,0	7,2	7,3
	высота	3,75	5,0	5,2	5,2
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня					

Приложение Л
(справочное)

Краткая характеристика мельниц МШР

Параметр			900 х 900	1200 х 1200	1500 х 1600	2100 х 1500
Номинальный объём, $м^3$			0,45	1,0	2,2	4,3
Толщина футеровки, мм					70	80
Электро-двигатель		тип			4АР225М4У3	АО3-355-S-8
		мощность, кВт	13	30	50	132
		напряжение, В	380	380	380	380
Привод			редуктор	редуктор	редуктор	редуктор
Масса, т	шаровой загрузки		1,0		4,8	10,0
	электродвигателя		0,208	0,434	0,355	1,38
	мельницы без эл. оборудования		5,3	10,4	13,05	35,0
Цена, р (год)					17300 (1984)	478000 (1986)
Габаритные размеры, м		длина	2,7	3,6	4,9	7,35
		ширина	2,0	2,5	3,0	4,5
		высота	1,7	2,1	2,5	3,75
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня						

Продолжение 1 приложения Л

Параметр			2100 х 2200	2100 х 3000	2700 х 2100	2700 х 3600
Номинальный объём, $м^3$			6,3	8,5	10,0	17,5
Толщина футеровки, мм			80	80	95	95
Электро-двигатель		тип	А3 – 12 – 35 – 8	А3 – 12 – 35 – 8	СДМ – 215/26 – 32 У4	СДМ – 215/26–32 У4
		мощность, кВт	200	200	400	400
		напряжение, В	6000	6000	6000	6000
Привод			редуктор	редуктор	д-м-ш	д-м-ш
Масса, т	шаровой загрузки		15,0	20,0	24,0	42,0
	электродвигателя		2,85	2,85	8,5	8,5
	мельницы без эл. оборудования		40,7	45,5	65,3	76,8
Цена, р (год)			533700 (1986)	56100 (1986)	86200 (1986)	98900 (1986)
Габаритные размеры, м		длина	8,3	9,0	8,4	9,7
		ширина	4,8	4,8	6,4	6,4
		высота	3,75	3,75	5,0	5,0
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня						

Продолжение 2 приложения Л

Параметр		3200 х 3100	3200 х 4500	3600 х 4000	3600 х 5000
Номинальный объём, $м^3$		22,0	32,0	36,0	45,0
Толщина футеровки, мм		105		110	110
Электро-двигатель	тип	СДМ – 215/26 – 24		СДМ – 260/36 – 326 У4	СДМП – 260/49 – 32 У4
	мощность, кВт	630	900	1000	1250
	напряжение, В	6000	6000	6000	6000
Привод		д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш
Масса, т	шаровой загрузки	52,0	65,0	76,0	100,0
	электродвигателя	8,5	15,6	15,8	20,8
	мельницы без эл. оборудования	93,5	119	160,0	165,1
Цена, р (год)		114200 (1986)		151810 (1986)	121000 (1986)
Габаритные размеры, м	длина	9,6	13,3	12,95	14,2
	ширина	6,4	7,3	7,2	7,54
	высота	5,1	5,3	5,4	5,65
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня					

Продолжение 3 приложения Л

Параметр		4000 х 5000	4500 х 5000	5500 х 6500	6000 х 8000
Номинальный объём, $м^3$		55,0	70,0	Предусмотрены ГОСТом, но ***НЕ*** *ВЫПУСКАЛИСЬ* машиностроительными заводами	
Толщина футеровки, мм		120	120		
Электро-двигатель	тип	СДС – 19 – 46 – 40	СДС – 19 – 56 – 40		
	мощность, кВт	2000	2500		
	напряжение, В	6000	6000		
Привод		д-м-ш	д-м-ш		
Масса, т	шаровой загрузки	120,0	150,0		
	электродвигателя	25,7	27,6		
	мельницы без эл. оборудования	260	294		
Цена, р (год)		183500 (1986)	206200 (1986)		
Габаритные размеры, м	длина	14,8	15		
	ширина	8,3	9,1		
	высота	6,2	6,8		
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня					

Приложение М
(справочное)
Краткая характеристика мельниц МШЦ

Параметр			900 х 1800	1500 х 3100	2100 х 2200	2100 х 3000
Номинальный объём, $м^3$			0,9	4,2	6,3	8,5
Толщина футеровки, мм			60	70	80	80
Электро-двигатель		тип	4АР 200 М8 У3	АОП2 – 94 – 4	СД2 – 74⁄24 – 8 У4	А3 – 12 – 35 – 8
		мощность, кВт	18,5	100	200	200
		напряжение, В	380	380	380	6000
Привод			редуктор	редуктор	редуктор	редуктор
Масса, т	шаровой загрузки		1,7	7,7	15,0	16,5
	электродвигателя		0,255	0,64	2,85	2,85
	мельницы без эл. оборудования		4,4	15,9	37,8	42,8
Цена, р (год)			6380 (1989)	210340 (1989)	53300 (1989)	54260 (1986)
Габаритные размеры, м		длина	5,4	6,3	8,1	9,0
		ширина	1,3	3,5	4,8	4,84
		высота	1,6	2,5	3,75	3,75
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня						

Продолжение 1 приложения М

Параметр			2700 х 3600	3200 х 3100	3200 х 4500	3600 х 4000
Номинальный объём, $м^3$			17,5	22,4	32,0	36,0
Толщина футеровки, мм			95	105	105	
Электро-двигатель		тип	СДМ – 215⁄26 – 36 У4	СДМ – 215⁄26 – 24 У4	ДС – 260⁄39 – 36	СДМ – 260⁄36 – 36 УХЛ4
		мощность, кВт	400	630	900	1000
		напряжение, В	6000	6000	6000	6000
Привод			д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш
Масса, т	шаровой загрузки		34,0	47,0	61,0	73,0
	электродвигателя		8,5	8,5	15,9	13,7
	мельницы без эл. оборудования		73,7	91,0	140,0	117,0
Цена, р (год)			98900 (1989)	114200 (1989)	98230 (1989)	110200 (1986)
Габаритные размеры, м		длина	9,9	9,4	15,9	13,8
		ширина	6,4	5,6	7,3	7,4
		высота	5,0	4,2	5,4	5,2
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня						

Продолжение 2 приложения М

Параметр			3600 х 4500	3600 х 5500	4000 х 5500	4500 х 6000	5500 х 6500
Номинальный объём, $м^3$			40,0	49,0	60,0	82,0	140,0
Толщина футеровки, мм				110	120	120	120
Электрод-вигатель	тип			СДМП – 260⁄49 – 32 У4	СДС – 19 – 46 – 40	СДС – 19 – 56 – 40	СДМ – 2 – 24 – 59 – 80 У4
	мощность, кВт		1120	1250	2000	2500	4000
	напряжение, В		6000	6000	6000	6000	6000
Привод			д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш	д-м-ш
Масса, т	шаровой загрузки			94,0	115,0	164,0	275,0
	электродвигателя			20,8	23,17	27,6	
	мельницы без эл. оборудования		172,0	161,0	250,0	299,0	657,5
Цена, р (год)				153230 (1989)	181000 (1989)	209000 (1989)	745000 (1983)
Габаритные раз-меры, м		длина		20,8	16,4	16,0	12,4
		ширина		7,5	8,4	9,1	8,,8
		высота		5,6	6,2	6,8	8,0
Примечание – «д-м-ш» - двигатель –муфта – венцовая шестерня							

Приложение Н
(справочное)

Краткая характеристика спиральных классификаторов КСН

Параметр			1КСН – 3	1КСН – 5	1КСН – 7,5	1КСН – 10	1КСН – 12
Спираль	диаметр, мм		300	500	750	1000	1200
	шаг, мм		160	250	350	600	600
	частота вращения, мин$^{-1}$		25	12	7,8	8,5	4,1; 8,15
	число заходов		1	1	1	1	2
Корыто	длина, мм		3000	4500	5500	6500	6500
	угол наклона, град.		18	18	18	18	18
Уровень звука, дБа			87	87	92	92	100
Двигатель привода спирали		кВт	1,1	1,1	3,0	5,5	3,2
		масса, кг	20,4	20,4	56	56	160
Двигатель привода механизма подъёма		кВт	0,55	0,55	0,55	1,5	1,5
		масса, кг	15,1	15,1	15,1	28,7	
Масса, т	наиболее тяжёлого узла						Спираль 3,0
	без эл. оборудования		0,745	1,23	2,25	5,48	6,335
Габаритные размеры, м		ширина	0,8	1,0	1,28	1,535	1,595
		ширина по верху привода подъёма спирали	0,8	1,0	1,25	1,675	1,595
Габаритная длина, м (без учёта угла наклона корыта)			3,3	5,44	6,64	7,81	8,14
цена , р. (уровень ..года)					1755 (1964)		4310 (1964)

Продолжение 1 приложения Н

Параметр			1КСН – 15	1КСН – 20	1КСН – 24	2КСН – 24
Спираль	диаметр, мм		1500	2000	2400	2400
	шаг, мм		750			
	частота вращения, мин$^{-1}$		2,9; 3,9; 5,8	3,1; 4,1; 6,1	2,6; 3,5; 5,2	2,5; 3,5; 5,2
	число заходов		2	2	2	2
Корыто	длина, мм		8200	8400	9200	10900
	угол наклона, град.		18	17	18	17
Уровень звука, дБа			100	104	104	
Двигатель привода спирали		кВт	5,5; 7,5; 10	7; 11; 14	7,5; 11; 13	14; 20; 28
		масса, кг	110	180	200	
Двигатель привода механизма подъёма		кВт	1,5	3,0	3,0	
		масса, кг				
Масса, т	наиболее тяжёлого узла		спираль 5,84	рама-корыто 6,71	рама-корыто 8,83	рама-корыто 12,3
	без эл. оборудования		12,5	17,83	21,4 (до 33,1)	36,9
Габаритная ширина, м			1,933	2,445	3,04	5,36
Габаритная длина, м (без учёта угла наклона корыта)			9,9	10,5	11,25	11,52
цена , р. (уровень ..года)			6750	8780	9530	15190

	(1964)	(1964)	(1964)	(1964)
Примечание – у классификатора КСН – 24 длина корыта (м) может быть 11,8; 13; 15; 16				

Продолжение 2 приложения Н

Параметр		1КСН – 30	2КСН – 30
Спираль	диаметр, мм	3000	3000
	шаг, мм		
	частота вращения, $мин^{-1}$	1,5; 3,0	1,5; 3,0
	число заходов	2	2
Корыто	длина, мм	12500	15000
	угол наклона, град.	18	18,5
Уровень звука, дБа		104	104
Двигатель привода спирали	кВт	19; 28	28; 40
	масса, кг	500	
Двигатель привода механизма подъёма	кВт	4,0	2х2,8
	масса, кг		
Масса, т	наиболее тяжёлого узла	спираль 17,51	рама-корыто 23,8
	без эл. оборудования	40,27	71,93
Габаритная ширина, м		3,74	6,61
Габаритная длина, м (без учёта угла наклона корыта)		15,02	15,0
цена , р. (уровень ..года)		16890 (1964)	30240 (1964)

Приложение П
(справочное)
Краткая характеристика спиральных классификаторов КСП

Параметр			1КСП–12	2КСП–12	1КСП – 15	2КСП – 15	1КСП – 20
Спираль	диаметр, мм		1200	1200	1500	1500	2000
	шаг, мм		600	600	750	750	1250
	частота вращения, мин$^{-1}$		4,1; 8,3	4,1; 8,15	3,5; 7,0	3,5; 7,0	2,5; 5,0
	число заходов		2	2	2	2	2
Корыто	длина, мм		8400	8400	10100	10100	13000
	угол наклона, град.		15	15	15	15	15
Уровень звука, дБа			100	100	100	100	104
Двигатель привода спирали		кВт	3,2; 6,0	2 х 3,2	3,8; 7,5	6,4; 11,0	6,4; 11,0
		масса, кг					
Двигатель привода механизма подъёма		кВт	1,7	2 х 1,5	3,0	2 х 3,0	4,0
		масса, кг					
Масса, т	наиболее тяжёлого узла		спираль 4,15	рама-корыто 4,9	спираль 8,04	рама-корыто 10,2	
	без эл. оборудования		9,15	15,62	17,72	31,0	30,91
Габаритные размеры, м		ширина	1,824	3,15	2,245	3,715	2,705
		ширина по верху привода подъёма спирали	1,924	3,15	2,245	3,715	2,705
Габаритная длина, м (без учёта угла наклона корыта)			9,98	10,28	12,03	12,88	16,0
цена, р. (уровень ..года)			5140 (1964)	9474 (1964)	9460 (1964)	15540 (1964)	16165 (1964)

Приложение Р
(справочное)
Краткая характеристика гидроциклонов*

Приложение С
(справочное)
Технические данные талей с электродвигателем (тельферов)

Обозначение	ТЭ025	ТЭ050	ТЭ100	ТЭ200	ТЭ320	ТЭ500	ТЭ1013
Грузоподъёмность, т	0,25	0,5	1,0	2,0	3,2	5	10
Высота подъёма, м	6	8	6 – 36	6 – 36	6 – 36	6 – 30	18 – 48
Наименьший радиус закругления пути, м	0,5	1,0	1,0; 1,5; 2,5	1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 3,5	1,5; 2,0; 2,5; 3,5	2; 2,5; 4	2,5; 3; 4

Приложение Т
(справочное)
Характеристика мостовых кранов

Данные по мостовым кранам приведены на рисунке Т.1 и в таблице Т.1.

Таблица Т.1

Размеры в м

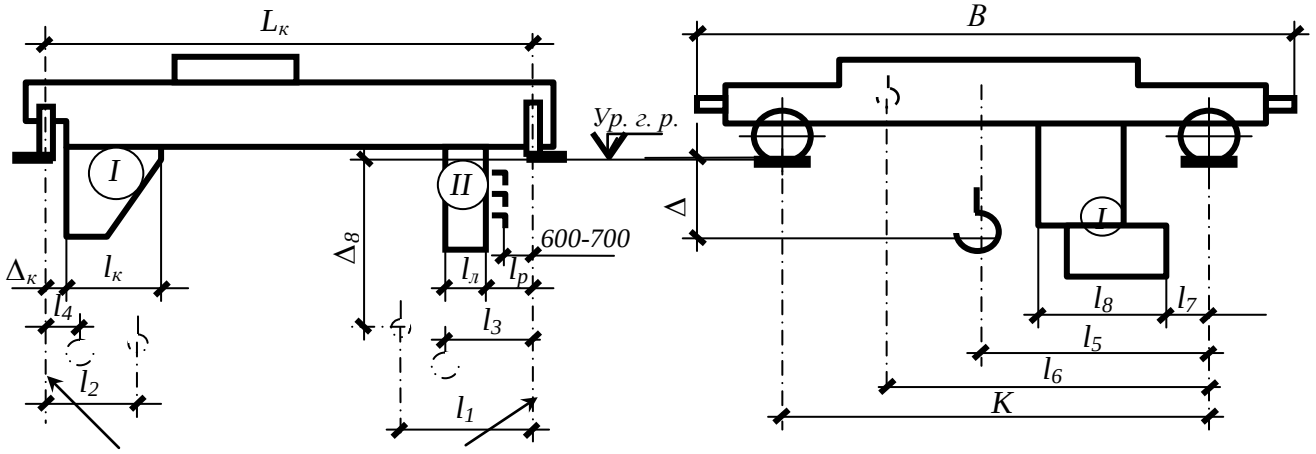
Грузоподъёмность, т	Пролёт крана $L_к$	Высота подъёма	Ширина крана B*	База крана K	кабина				
					высота	длина $l_к$	ширина $l_в$	до оси колеи $\Delta_к$	до оси катка l_7
мостовой кран									
500/80	15,5–33,5	до 32	14 – 15,5	1 – 14	2,6	3-4	2-2,5	1,4	
320/32	9,5 – 33,5		11 – 12,5	9,5 – 10,5	2,5	3-4	2-2,5	1,7	
250/32			10,5 – 11,5	9,5 – 10,5	2,6	3-4	2-2,5	1,4	
200/32			10,5 – 11,5	9,5 – 10,5	2,6	3-4	2-2,5	1,8	
160/32			10 – 11	9,5 – 10,5	2,6	2-2,6	2-2,5	1,4	
125/20	13 – 34		9,5 – 10	6,6 – 8,6	2,5	4,6	1,8	1,4	
100/20			9,3 – 10	6,8 – 8,6	2,5	4,6	1,8	1,4	
80/20	10 – 43		9,1 – 9,6	6,1	2,5	3 – 4	2 – 2,5	1,4	
50/10	10 – 34,5		6,6	5,3	2,2	3 – 4	2 – 2,5	1,1	
32/5	10,5 – 34,5	до 14	6,3 – 6,8	5,1 – 5,6	2,0	2,6	1,6	1,1	
20/5		до 32	5,6 – 6,8	4,4 – 5,6	2,0	2,6	1,6	1,4	
16/3,2	7,5 – 34,5	до 18	5,5 – 5,7	4,4 – 4,6	2,5	3,5	1,6	1,4	
Кран-балка (опорный однобалочный)									
5	4,5 – 22,5		2 – 5,7	1,5 – 5,0	2	2	1,35	1,0	
3,2	4,5 – 22,5		2 – 5,7	1,5 – 5,0	2	2	1,35	1,0	
1	4,5 – 22,5		2 – 4,7	1,5 – 4,0	2	2	1,35	1,0	

Кран однобалочный подвесной однопролётный							
Грузоподъёмность, т	Высота подъёма	Длина крана	Длина консоли	База крана	Ширина крана	Предельное положение крюка	Высота балки крана
5	6 – 18	3,6 – 18,0	0,3 – 1,5	1,5 – 2,7	2 – 3,3	2,0 – 2,2	0,47 – 0,67
3,2				1,0 – 2,4	1,4 – 2,8	1,8 – 2,0	0,44 – 0 84
2						1,3 – 1,5	0,26 – 0,52
1						1,1 – 1,3	0,30 – 0,44

Примечание – на рисунке Т.1 – дано упрощенное изображение мостовых кранов

Продолжение 1 приложения Т

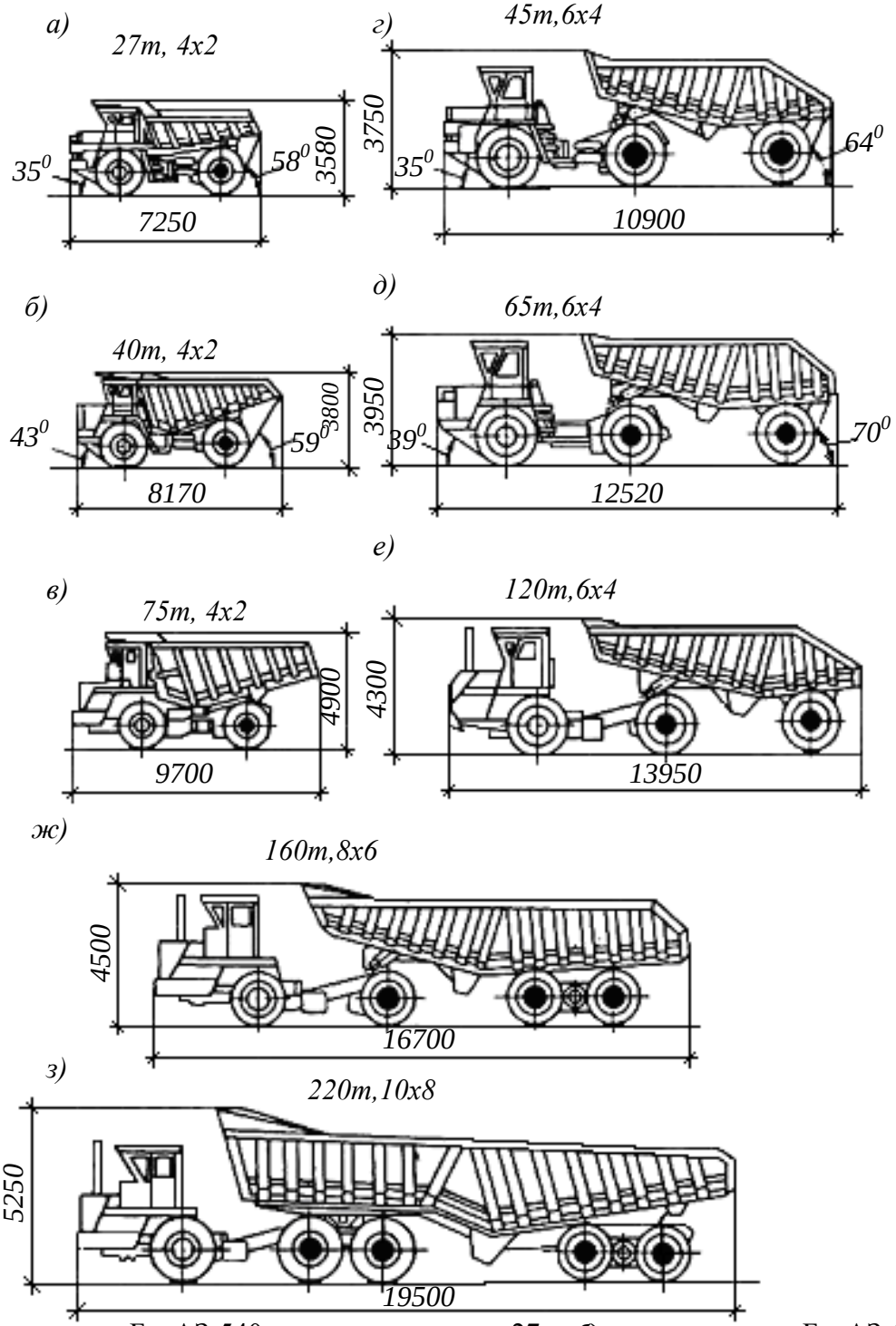
Грузоподъёмность, т	Люлька			Предельное положение крюков							
				главного подъёма				вспомогательного подъёма			
	высота	ширина $l_л$	до оси колеи $l_р$	l_3	l_4	l_5	Δ	l_1	l_2	1_6	$\Delta_в^*$
Мостовой кран											
500/80	1,8	0,735	1,25	3,3	5,2	7 – 7,8	2,7	6,8	2,2		0,7
320/32	1,8	0,735	1,25	3,1	3,3	5,8 – 6,3	2,3	4,6	1,8	4,8 – 5,3	+ 0,5
250/32	1,8	0,735	1,25	2,5	3,2	5,3 – 5,8	1,75	3,9	1,8		+ 0,1
200/32	1,8	0,735	1,25	2,5	3,2	5,5 – 5,8	1,7	3,9	1,8		0,1
160/32	1,8	0,735	1,25	2,5	3,1	5,4 – 5,8	1,95	3,8	1,8		0,65
125/20	2,15	0,75	1,1	2,2	2,0	4,6 – 5,0	1,5	3,6	3,1	4	+ 0,6
100/20	1,9	0,75	1,1	2,0	2,6	4,6 – 5,0	1,5	3,6	1,0	4,3	+ 0,6
80/20	1,8	0,735	1,25	1,9	2,6	4,8	1,4	3,1	1,4	4,5	0,1
50/10	1,9	0,68	1,1	1,9	2,0	3,4	0,65	3,3	0,9	3,4	+ 0,4
32/5	2,0	1,0	1,1	1,6	1,9		0,4	2,6	0,9		0,3
20/5	2,0	1,0	1,1	1,1	2,0		0,9	1,9	1,3		0,05
16/3,2	2,0	0,7	1,1	1,3	1,95		0,6	2,2	1,0		0,1
Примечание -* знак «плюс» означает превышение над уровнем головки кранового рельса											



I – кабина;
II – люлька;
┐ – траллея;
Ур. г. р. – уровень головки рельса

Рисунок Т.1 – Характеристика мостовых кранов

ПРИЛОЖЕНИЕ У
(справочное)
Изображение автосамосвалов



а) – автосамосвал БелАЗ-540, грузоподъёмность 27 т; *б*) – автосамосвал БелАЗ-548, грузоподъёмность 40 т; *в*) – автосамосвал БелАЗ-549, грузоподъёмность 75 т; *г*) – тягач БелАЗ-540В с полуприцепом 5271, грузоподъёмность 45 т; *д*) – тягач БелАЗ-548В с полуприцепом 5272, грузоподъёмность 65 т; *е*) – тягач БелАЗ-549В с полуприцепом 5275, грузоподъёмность 120 т; *ж*) – тягач БелАЗ-549В, грузоподъёмность 160 т; *з*) – тягач БелАЗ-549В, грузоподъёмность 220 т;

Рисунок У.1 – Карьерные самосвалы, выпускаемые Белорусским автомобильным заводом

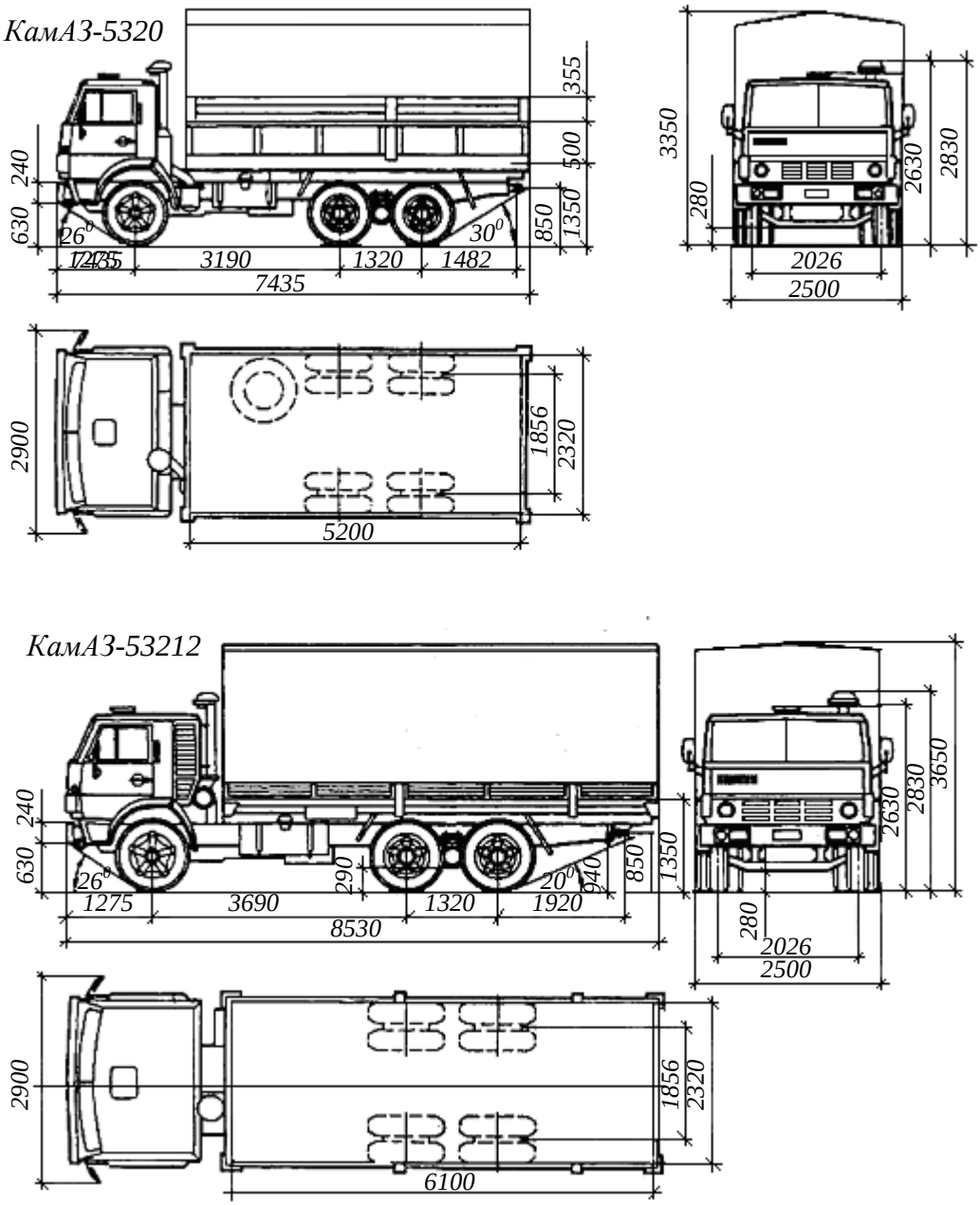
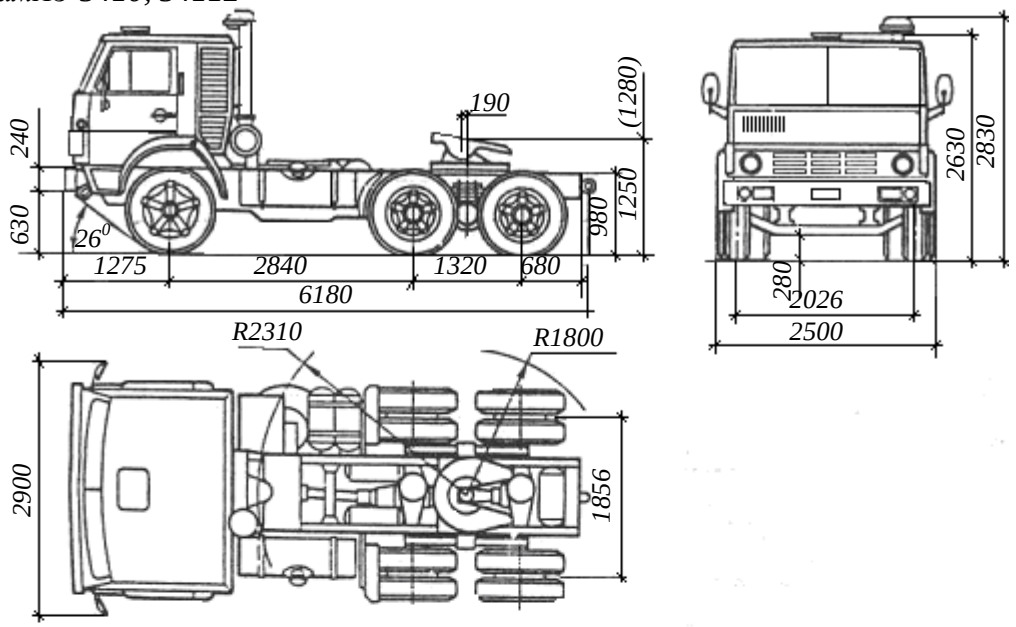


Рисунок У.2 – Габаритные размеры автомобилей КамАЗ-5320 и КамАЗ-53212

КамАЗ-5410, 54112



КамАЗ-5511

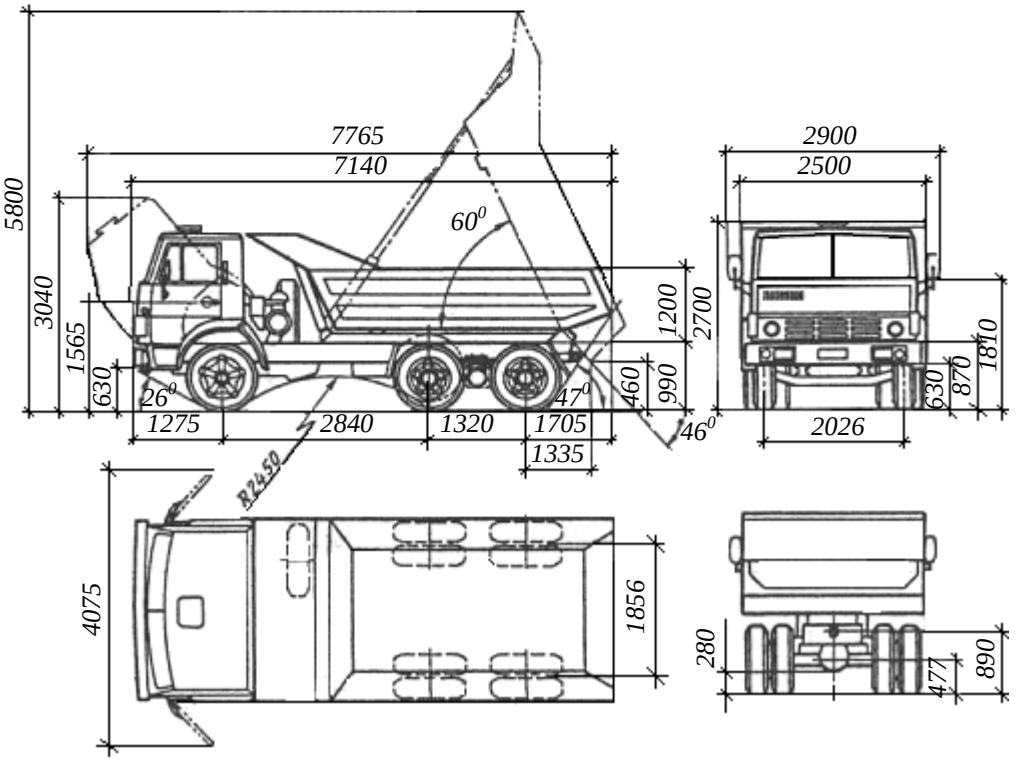


Рисунок У.3 – Габаритные размеры автомобиля КамАЗ-5410,54112 и КамАЗ-5511

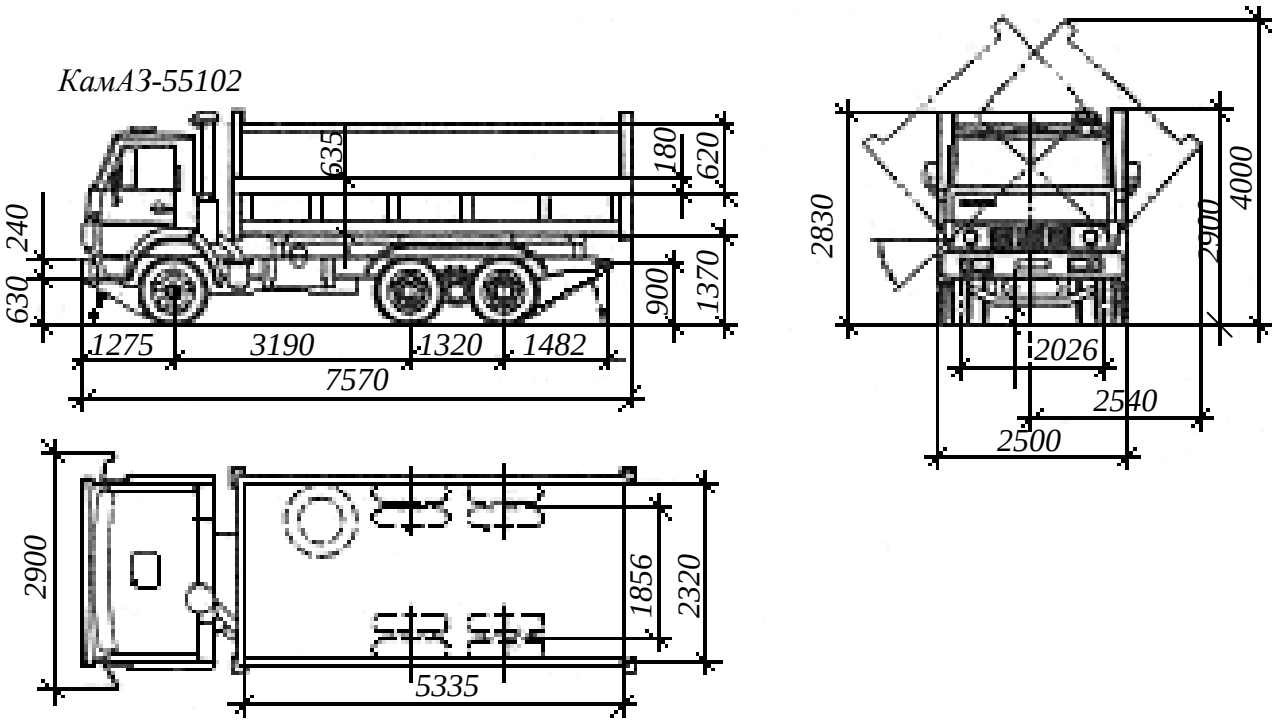
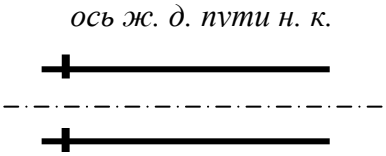
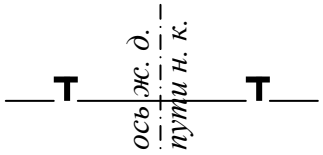
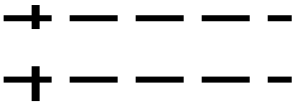
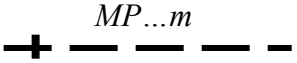
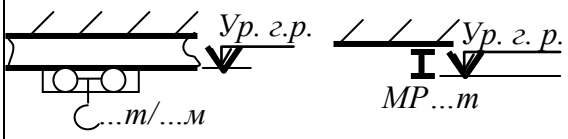
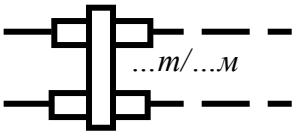
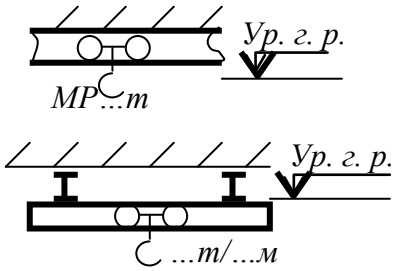
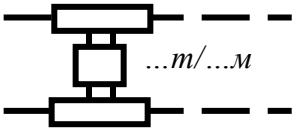
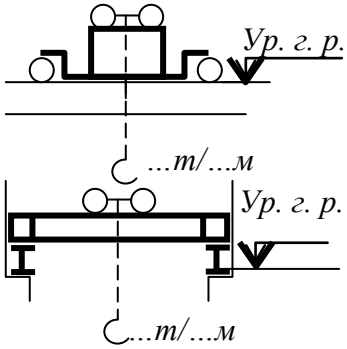
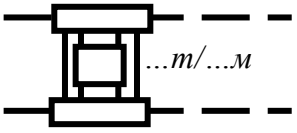
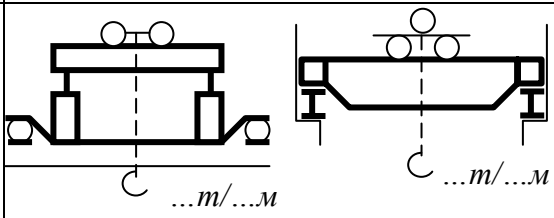


Рисунок У.4 – Габаритные размеры автомобиля КамАЗ-55102

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

(справочное)

Условное изображение грузоподъёмного оборудования на чертежах

Наименование	На плане	На разрезах
Путь рельсовый (н.к. – нормальной колеи 1524 м с.к. – средней колеи 1000 м у.к. – узкой колеи 700 м)		
Путь подкрановый		
Монорельс, тельфер		
Кран подвесной		
Кран-балка (однобалочный мостовой)		
Кран мостовой (двухбалочный)		
Примечание – расстояния между рельсами указываются в масштабе – габариты кранов указываются в масштабе		

Учебное издание

Иванов Эвальд Эдуардович

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ОБОГАЩЕНИЮ

Учебное пособие по выполнению курсового проекта

2-е издание, исправленное

Редактор Ж. И. Пионтик
Компьютерная верстка: М. В. Аксеньюшкина, Н. В. Пермикина

Подписано в печать 22.02.2016 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 9,9 . Уч.-изд. л. 10,5. Тираж 150 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу
_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Б1.В.04 ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 3
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 3
3. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 4
3.1. Введение 4
3.2. Выбор и обоснование схемы обезвоживания 4
3.3. Расчёт водно-шламовой схемы, составление баланса по воде 5
3.4. Обоснование, выбор и расчёт оборудования 7
Расчет сгустителей 7
Расчет вакуум-фильтров 9
3.5. Обоснование и описание схемы цепи аппаратов 10
3.6. Обоснование и описание компоновочного решения. 10
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 10
ПРИЛОЖЕНИЕ А Показатели обезвоживания концентратов и требования к их влажности 11
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Технические характеристики радиальных сгустителей типа СЦ 12
ПРИЛОЖЕНИЕ В Технические характеристики дисковых вакуум-фильтров типа ДОО 13

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект является средством промежуточного контроля, предназначенного для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, источниками справочной литературы, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

Целью курсового проекта является закрепление знаний лекционного курса «Обезвоживание, пылеулавливание, складирование и окомкование», приобретение навыков расчёта оборудования, водно-шламовой схемы и составления баланса по воде, приобретение навыков разработки компоновочных решений.

Задание на курсовой проект заполняется в одном экземпляре, подписывается руководителем и студентом. В бланке задания, выдаваемом студенту, приводятся сведения о производительности корпуса обезвоживания, характеристика обезвоживаемого продукта, сроки выполнения курсового проекта.

Курсовой проект выполняется студентом самостоятельно в течение всего семестра по индивидуальному заданию, выдаваемому в начале семестра.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект должен включать в себя пояснительную записку и графическую часть.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

Введение.

Выбор и обоснование схемы обезвоживания.

Расчёт водно-шламовой схемы, составление баланса по воде.

Обоснование, выбор и расчёт оборудования.

Обоснование и описание схемы цепи аппаратов.

Обоснование и описание компоновочного решения.

Список использованных источников.

Наименования разделов пишутся прописными буквами. Наименования подразделов пишутся строчными буквами, начиная с прописной. Разделы пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами (кроме введения и списка использованных источников).

Пояснительная записка комплектуется в следующем порядке:

Титульный лист.

Задание на курсовой проект.

Содержание.

Разделы пояснительной записки.

В состав графической части курсового проекта включается:

Водно-шламовая схема.

Баланс воды по корпусу обезвоживания.

Схема цепи аппаратов.

Спецификация оборудования.

План и разрез корпуса обезвоживания.

Графическая часть выполняется на листах формата А1. На первом листе приводится водно-шламовая схема, баланс воды по корпусу обезвоживания, схема цепи аппаратов и спецификация оборудования. На втором листе приводится план корпуса обезвоживания. На третьем листе приводится разрез корпуса обезвоживания.

План и разрез корпуса обезвоживания выполняются в масштабе 1:100. Допускается использовать масштаб 1:50 или 1:200 для оптимального заполнения пространства листа. План и разрез корпуса обезвоживания выполняются в одинаковом масштабе.

Пояснительная записка и графическая часть оформляются в электронном виде с последующей распечаткой и сдаются студентом на проверку в электронном и печатном виде.

После проверки руководителем, курсовой проект защищается в присутствии комиссии в устной форме. Оценка выставляется по итогам устной защиты и проверки пояснительной записки и графической части.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Введение

Во введении необходимо отразить:

- цель курсового проекта;
- актуальность темы курсового проекта;
- роль обезвоживания в ряду других технологических процессов переработки полезных ископаемых;
- оценку современного состояния техники и технологий обезвоживания;
- перспективы развития данной отрасли производства;
- области использования концентрата, получаемого на проектируемой обогатительной фабрике;
- технические требования (в т. ч. по влажности), которым должен отвечать обезвоженный концентрат.

3.2. Выбор и обоснование схемы обезвоживания

В курсовом проекте схема обезвоживания принимается согласно заданию. Схема обезвоживания двухстадиальная, включающая операции сгущения и фильтрования (рисунок 3.1).

В пояснительной записке привести:

- описание схемы обезвоживания;
- схему корпуса обезвоживания с указанием номеров и названий продуктов.

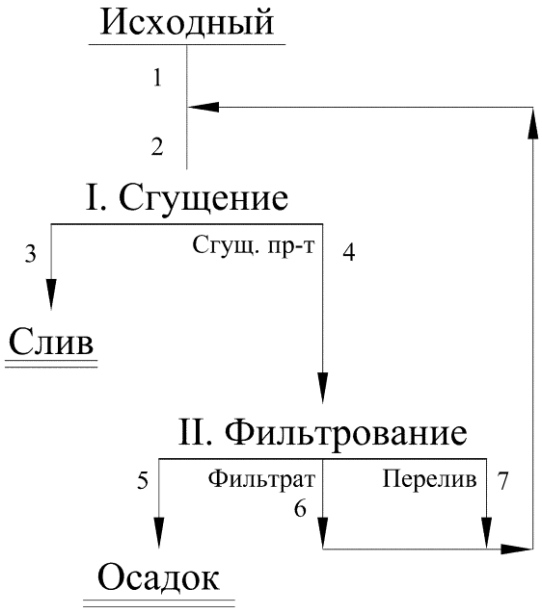


Рисунок 3.1 – Технологическая схема корпуса обезвоживания

В графической части привести водно-шламовую схему с указанием номеров и наименований продуктов и операций, легенду для каждого продукта в формате $Q_т$:R:$Q_ж$, расшифровку обозначений легенды.

3.3. Расчёт водно-шламовой схемы, составление баланса по воде

При расчете водно-шламовой схемы используются следующие формулы:
Влажность продукта:

$$W_i = \frac{Q_{жi}}{Q_{жi} + Q_{тi}} 100, \%, \quad (1)$$

где i – номер продукта или операции;
$Q_{жi}$ – производительность по жидкому, т/ч;
$Q_{тi}$ – производительность по твердому, т/ч.

Массовая доля твердого:

$$\beta_{тi} = \frac{Q_{жi}}{Q_{жi} + Q_{тi}} 100, \%. \quad (2)$$

Показатели W_i и $\beta_{ті}$ связаны уравнением:

$$\beta_{тi} + W_i = 100\ \%. \quad (3)$$

Отношение массы жидкого к массе твердого:

$$R_i = \frac{Q_{жi}}{Q_{тi}}, \quad (4)$$

или

$$R_i = \frac{W}{\beta_{тi}}. \quad (5)$$

При расчете водно-шламовой схемы в рамках данного курсового проекта введены следующие допущения и упрощения:

- при сгущении и фильтровании вся твёрдая фаза переходит в сгущенный продукт и осадок, соответственно слив и фильтрат не содержат твердой фазы;
- производительность по переливу вакуум-фильтра не учитывается.

Исходными данными для расчета являются (приведено в задании):

- производительность по по исходному продукту;
- наименование обезвоживаемого концентрата;
- массовая доля класса -0,071 мм в обезвоживаемом концентрате;
- отношение массы жидкого к массе твердого в операции сгущения.

Расчет производится по сухому твердому и оформляется в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта водно-шламовой схемы корпуса обезвоживания

ПОСТУПАЕТ					ВЫХОДИТ				
Продукт	$Q_т$, т/ч	R	$Q_ж$, т/ч	Всего, т/ч	Продукт	$Q_т$, т/ч	R	$Q_ж$, т/ч	Всего, т/ч
I. Сгущение									
1. Исходный	9,0	6,58	59,2	68,2	3. Слив	-	-	58,1	58,1
6. Фильтрат	-	-	3,8	3,8	4. Сгущённый продукт	9,0	0,54	4,9	13,9
7. Перелив	-	-	-	-					
Всего	9,0	7,00	63,0	72,0	Всего	9,0	7,00	63,0	72,0
II. Фильтрование									
4. Сгущённый продукт	9,0	0,54	4,9	13,9	5. Осадок	9,0	0,12	1,1	10,1
					6. Фильтрат	-	-	3,8	3,8
					7. Перелив	-	-	-	-
Всего	9,0	0,54	4,9	13,9	Всего	9,0	0,54	4,9	13,9

Примечание: результаты расчета приведены для $Q_{т1}$ = 9 т/ч; R_I = 7,0; $\beta_{т4}$ = 65 %; W_5 = 11 %.

Расчет водно-шламовой схемы производится в следующем порядке:

1. В таблицу 1 заносятся значения, указанные в задании:
   - отношение массы жидкого к массе твердого в операции сгущения R_I, значение заносится в строку «Всего» операции сгущения;
   - производительность по исходному продукту $Q_{т1}$.
2. Учитывая допущение, что при сгущении и фильтровании вся твёрдая фаза переходит в сгущенный продукт и осадок, принимается: $Q_{т1} = Q_{т4} = Q_{т5}$.
3. На основании практических данных (Приложение А, Таблица А.1) принимается содержание твердого в сгущенном продукте $\beta_{т4}$. По формуле (5) с учетом формулы (3) производится расчет значения R_4.
4. На основании практических данных (Приложение А, Таблица А.2) с учетом требований к обезвоженному концентрату (Приложение А, Таблица А.3) принимается влажность осадка W_5. По формуле (5) с учетом формулы (3) производится расчет значения R_5.

5. Выразив из формулы (4) величину $Q_{жi}$, рассчитываются значения массы воды в продуктах с известными значениями $Q_{тi}$ и R_i.
6. По балансу рассчитываются значения $Q_{жi}$ в остальных продуктах.
7. По формуле (4) рассчитывается значение R_1.
8. Рассчитываются значения «Всего» в столбцах и строках.

По результатам расчета водно-шламовой схемы составляется баланс по воде в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Баланс воды по корпусу обезвоживания

ПОСТУПАЕТ		ВЫХОДИТ	
Продукт	$м^3/ч$	Продукт	$м^3/ч$
1. Исходный	59,2	3. Слив	58,1
		5. Осадок	1,1
Всего	59,2	Всего	59,2

В пояснительной записке привести:

- исходные данные для расчета водно-шламовой схемы;
- порядок расчета водно-шламовой схемы;
- расчет водно-шламовой схемы полностью**,** со ссылками на формулы и обоснованием значений, принятых по практическим данным.

В графической части привести баланс воды по корпусу обезвоживания в виде таблицы.

3.4. Обоснование, выбор и расчёт оборудования

Расчет сгустителей

В данном курсовом проекте к установке принимаются радиальные сгустители с центральным приводом.

Расчет сгустителей производится в следующей последовательности:

Удельная площадь осаждения:

$$S_{уд} = \frac{R_и - R_к}{v \cdot \Delta}, \frac{м^2}{т \cdot ч}, \quad (6)$$

где $R_и$ – отношение Ж:Т в операции сгущения (R_I);

$R_к$ – отношение Ж:Т в сгущённом продукте (R_4);

v – скорость осаждения твердой фазы, м/ч (v = 0,23 м/ч);

Δ – плотность жидкой фазы, $т/м^3$ (Δ = 1 $т/м^3$).

Расчетная площадь осаждения:

$$S_{расч} = Q_т \cdot S_{уд}, м^2, \quad (7)$$

где $Q_т$ – производительность по исходному твердому, т/ч.

Расчетное количество сгустителей:

$$n_{расч} = \frac{S_{расч}}{k \cdot S_{кат}}, м^2, \quad (8)$$

где k – коэффициент использования площади сгустителя (k = 0,7-0,8);

$S_{кат}$ – площадь осаждения по каталогу, $м^2$ (Приложение Б).

К дальнейшему расчету принимается ближайшее целое число ($n_{прин}$).

Коэффициент загрузки сгустителя:

$$k_{\text{загр}} = \frac{n_{\text{расч}}}{n_{\text{прин}}}. \qquad (9)$$

Значение $k_{\text{загр}}$ не должно превышать значения 1,10. Если значение $k_{\text{загр}}$ превышает 1,10, то необходимо значение $n_{\text{прин}}$ увеличить на единицу.

По формулам (6)-(9) производится расчет вариантов установки сгустителей. Все оборудование корпуса обезвоживания располагается в помещении, поэтому к рассмотрению принимаются сгустители диаметром не более 25 метров. Результаты расчета оформляются в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Техническое сравнение вариантов установки радиальных сгустителей

Обозначение	$S_{\text{кат}}$, м^2	$S_{\text{уд}}$, м^2/(т·ч)	$S_{\text{расч}}$, м^2	$n_{\text{расч}}$	$n_{\text{прин}}$	$k_{\text{загр}}$	Потребляемая мощность, кВт		Масса, т	
							одного	всех	одного	всех
СЦ-2,5	5	27,00	243,00	64,80	65	1,00	0,8	52,0	5,9	383,5
СЦ-4	12	27,00	243,00	27,00	27	1,00	1,1	29,7	8,1	218,7
СЦ-6	28	27,00	243,00	11,57	12	0,96	2,2	26,4	16,6	199,2
СЦ-9	63	27,00	243,00	5,14	6	0,86	3,0	18,0	31,2	187,2
СЦ-12	110	27,00	243,00	2,95	3	0,98	3,0	9,0	57,0	171,0
СЦ-15	175	27,00	243,00	1,85	2	0,93	4,0	8,0	78,2	156,4
СЦ-18	250	27,00	243,00	1,30	2	0,65	4,0	8,0	131,4	262,8
СЦ-25	490	27,00	243,00	0,66	1	0,66	7,5	7,5	209,2	209,2

Примечание: результаты расчета приведены для $Q_{\text{т}}$ = 9 т/ч; $R_{\text{и}}$ =7; $R_{\text{к}}$ =0,54; v = 0,23 м/ч; k = 0,75.

На основании технического сравнения конкурирующих вариантов выбирается оптимальный вариант, удовлетворяющий требованиям:

- коэффициент загрузки в интервале 0,80-0,90;
- минимальное количество аппаратов;
- минимальная общая масса;
- минимальная общая занимаемая площадь;
- минимальная общая потребляемая мощность.

В пояснительной записке привести:

- последовательность расчета сгустителей;
- исходные данные для расчета сгустителей;
- пример расчета одного из вариантов;
- технико-экономическое сравнение вариантов с обоснованием выбора оптимального варианта.

Расчет вакуум-фильтров

Расчет вакуум-фильтров производится в следующей последовательности:
Необходимая площадь фильтрования:

$$F_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{т}}}{q}, \text{ м}^2, \quad (10)$$

где q – удельная производительность вакуум-фильтра, т/(м^2·ч) (Приложение А, Таблица А.2).

Расчетное (необходимое) количество фильтров:

$$n_{\text{расч}} = \frac{F_{\text{расч}}}{F_{\text{кат}}}, \text{ м}^2, \quad (11)$$

где $F_{\text{кат}}$ – площадь фильтрования по каталогу, м^2 (Приложение В).

К дальнейшему расчету принимается ближайшее целое число ($n_{\text{прин}}$).

Коэффициент загрузки фильтра определяется по формуле (9).

По формулам (10) и (11) производится расчет нескольких вариантов. К расчету принять барабанные и дисковые вакуум-фильтры. Результаты расчета оформляются в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Техническое сравнение вариантов установки вакуум-фильтров

Обозначение	$F_{\text{кат}}$, м^2	$F_{\text{расч}}$, м^2	$n_{\text{расч}}$	$n_{\text{прин}}$	$k_{\text{загр}}$	Потребляемая мощность, кВт		Масса, т	
						одного	всех	одного	всех
ДОО16	16	81,82	5,11	5	1,02	1,5	7,5	4,6	23,0
ДОО32	32	81,82	2,56	3	0,85	3,5	10,5	6,3	18,9
ДОО50	50	81,82	1,64	2	0,82	5,3	10,6	8,5	17,0
ДОО63	63	81,82	1,30	2	0,65	6,9	13,8	10,1	20,2
ДОО80	80	81,82	1,02	1	1,02	7,5	7,5	12,4	12,4
ДОО100	100	81,82	0,82	1	0,82	8,0	8,0	15,4	15,4
ДОО125	125	81,82	0,65	1	0,65	9,0	9,0	21,3	21,3
ДОО160	160	81,82	0,51	1	0,51	11,0	11,0	23,9	23,9
ДОО250	250	81,82	0,33	1	0,33	13,0	13,0	30,0	30,0
ДОО400	400	81,82	0,20	1	0,20	15,0	15,0	58,0	58,0

Примечание: результаты расчета приведены для $Q_{\text{т}}$ = 9 т/ч; q = 0,11 т/(м^2·ч).

На основании технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов выбирается оптимальный вариант, удовлетворяющий требованиям:

- коэффициент загрузки в интервале 0,80-0,90;
- минимальное количество аппаратов;
- минимальная общая масса;
- минимальная общая занимаемая площадь;
- минимальная общая потребляемая мощность.

На каждые 3-4 работающих фильтра предусматривается один резервный.

В пояснительной записке привести:

- последовательность расчета вакуум;
- исходные данные для расчета вакуум-фильтров;

- пример расчета одного варианта;
- технико-экономическое сравнение вариантов с обоснованием выбора оптимального варианта.

3.5. Обоснование и описание схемы цепи аппаратов

На основании проведенных расчетов разработать схему цепи аппаратов.

Все насосное оборудование должно быть дублировано. На каждые 3-4 работающих вакуум-фильтра предусмотреть один резервный. Схему вакуум-фильтровальной установки принять самостоятельно исходя из рекомендаций /1/ с. 70-72. Привести описание составленной схемы цепи аппаратов. Составить спецификацию оборудования. Разработку схемы цепи аппаратов вести параллельно с разработкой компоновочных решений.

3.6. Обоснование и описание компоновочного решения.

Требования и примеры компоновки оборудования приведены в /2/ с. 454-463.

Все оборудование расположить в закрытом помещении. Предусмотреть установку грузоподъемного оборудования. Привести описание корпуса обезвоживания и расположения в нем оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чуянов Г. Г. Вспомогательные процессы обогащения. Обезвоживание и пылеулавливание: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 204 с.
2. Разумов, К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик. Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 518 с.
3. Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики / Под ред. О. С. Богданова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 381 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Показатели обезвоживания концентратов и требования к их влажности

Таблица А.1 – Показатели при сгущении концентратов

Наименование концентрата	Массовая доля класса -0,071 мм в концентрате, %	Массовая доля твердого в сгущенном продукте, %
Медный	65-80	65-70
	80-85	60-65
	90-95	55-60
Цинковый	75-80	60-75
	85-90	60-70
Свинцовый	55-65	50-60
	90-95	65-70

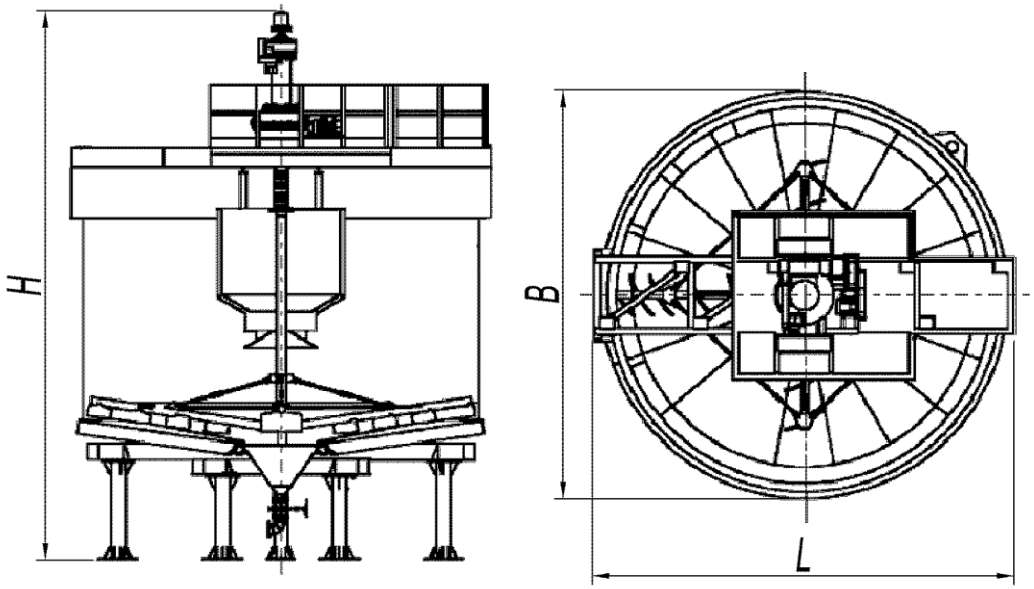
Таблица А.2 – Показатели при фильтровании концентратов

Наименование концентрата	Массовая доля класса -0,071 мм в концентрате, %	Влажность осадка, %	Удельная производительность, т/(м^2·ч)
Медный	65-80	12-14	0,10-0,20
	80-85	10-11	0,05-0,10
	90-95	12-14	0,10-0,28
Цинковый	75-80	11-12,5	0,23
	85-90	14-16	0,10-0,15
Свинцовый	55-65	9-12	0,12-0,15
	90-95	10-12	0,15-0,20

Таблица А.3 – Требования к влажности несушеных концентратов

Наименование концентрата	Массовая доля класса -0,071 мм в концентрате, %	Влажность, не более, %
Медный	не более 80 %	13
	более 80 %	14
Цинковый	менее 70 %	12
	от 70 до 80 %	14
	от 80 до 90 %	16
	более 90 %	18
Свинцовый	не более 80 %	12
	более 80 %	16

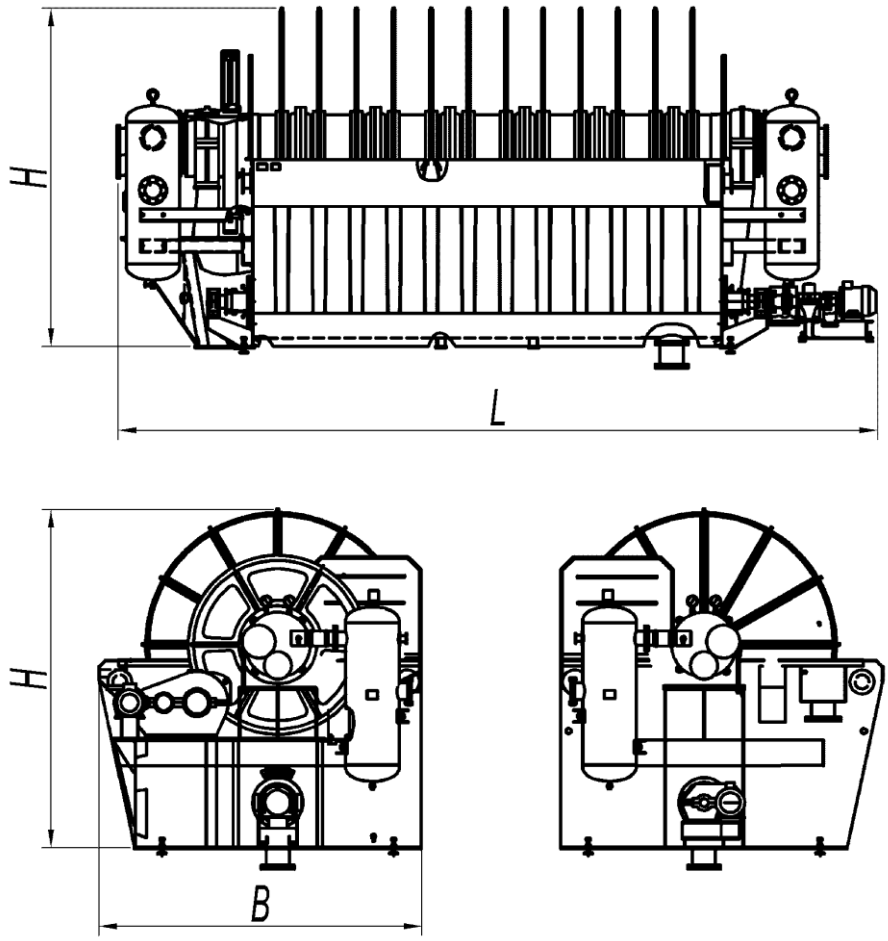
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Технические характеристики радиальных сгустителей типа СЦ



Обозначение	Внутренний диаметр чана, м	Площадь осаждения, м^2	Потребляемая мощность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, *L*x*B*x*H**, мм
СЦ-2,5	2,5	5	0,8	5,9	2790x2600x5920
СЦ-4	4	12	1,1	8,1	4170x4110x6460
СЦ-6	6	28	2,2	16,6	6400x6170x9160
СЦ-9	9	63	3,0	31,2	9430x9170x9520
СЦ-12	12	110	3,0	57,0	12520x12170x11220
СЦ-15	15	175	4,0	78,2	15600x15170x11420
СЦ-18	18	250	4,0	131,4	18530x18170x11940
СЦ-25	25	490	7,5	209,2	27140x25170x11600

*Размер *H* указан с учетом высоты подъема граблин (400 мм).

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Технические характеристики дисковых вакуум-фильтров типа ДОО



Обозначение	Площадь фильтро-вания, м²	Диаметр диска, м	Потребляемая мощность, кВт	Масса, кг	Габаритные размеры, *L*x*B*x*H*, мм
ДОО 16	16	2,5	1,49	4540	2800x3200x3300
ДОО 32	32	2,5	3,46	6300	3600x3200x3300
ДОО 50	50	2,5	5,3	8500	4400x3200x3300
ДОО 63	63	2,5	6,9	10100	5500x3200x3300
ДОО 80 «Украина»	80	2,7	3,9	10710	6640x3230x2950
ДОО 100	100	2,5	8,0	15180	7400x4000x4100
ДОО 160	160	3,2	13,0	24000	7400x4400x4500
ДОО 160 «Донбасс»	160	3,75	11,0	24890	7200x4300x4100
ДОО 200	195	3,72	11,0	27900	7910x4320x4550
ДОО 250	250	3,75	13,0	32500	9500x4400x4600



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

К. А. Водовозов

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург
2023

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горномеханического
факультета

Председатель комиссии
_____ П. А. Осипов

К. А. Водовозов

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2023

Р е ц е н з е н т ы: д. т. н., профессор *Е. Ф. Цыпин*;
д. т. н., профессор *А. Е. Пелевин;*
к. т. н., доцент *А. В. Колтунов.*

Практикум рассмотрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» от «30» ноября 2015 г. (протокол № 2) и рекомендован для издания в УГГУ.

Водовозов К. А. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ: Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / К. А. Водовозов; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. 18 с.

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ содержит постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений данной дисциплины. Пособие составлено в соответствии с учебной программой дисциплины.

Для студентов специальности 21.05.04. - «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

© Водовозов К. А., 2023
© Уральский государственный горный университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ СГУЩЕНИЯ……..……4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ……..7

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ ……...8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСАДКА И ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ТКАНИ ..10

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ……...……...13

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА СУШКИ ……...15

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……18

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ СГУЩЕНИЯ

Цель работы: освоение методики определения удельной площади сгущения тонкоизмельченных и шламистых продуктов различной плотности и крупности.

Пояснения к работе

Сгущение – это метод разделения твердой и жидкой фаз, основанный на различии плотностей воды и твердого материала. Это одна из основных операций обезвоживания, позволяющих удалить максимально возможное количество воды из обезвоживаемых продуктов при минимальных затратах. Целью сгущения является получение сгущенного продукта с содержанием твердого 50-70 % и слива, обычно не содержащего твердой фазы. Скорость осаждения твердой фазы зависит от крупности и плотности частиц, их формы, содержания твердого в исходном и сгущенном продуктах, вязкости пульпы и наличия в пульпе реагентов.

Для определения удельной площади сгущения необходимо знать отношение Ж:Т до и после сгущения, а также скорость осаждения твердой фазы. Скорость осаждения частиц, рассчитанная по формуле Стокса, значительно выше, чем скорость осаждения частиц в стесненных условиях. Поэтому для получения достоверных результатов при заданных значениях Ж:Т, крупности и плотности частиц необходимо провести лабораторные эксперименты и вычислить реальную скорость осаждения частиц в стесненных условиях.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный и шламистый материал различной крупности и плотности (дается преподавателем).
2. Весы с разновесами.
3. Стеклянные цилиндры емкостью 500 или 1000 мл.
4. Стержни с перфорированными дисками для перемешивания пульпы.
5. Клей канцелярский.
6. Миллиметровая бумага.

Выполнение работы

По заданным преподавателем значениям Ж:Т (R) и плотности твердой фазы δ, г/см^3, рассчитывается масса твердого (G) и масса жидкого (Q) для каждого опыта по уравнениям:

$$G = \frac{V \cdot \delta}{1 + R\delta}; \qquad Q = R \cdot G,$$

где V – объем пульпы, V = 500 см^3.

Определив массы твердого и жидкого, приготавливают пульпу в цилиндрах емкостью 500 мл с объемной и линейной градуировкой, выполненной с помощью миллиметровой бумаги. Навеска твердого помещается в цилиндр, куда предварительно заливается 200-250 мл воды. Полученную пульпу перемешивают, и затем вода доливается до отметки 500 мл. Все тщательно перемешивают еще раз стержнями с перфорированными дисками в каждом цилиндре. Цилиндры с пульпой ставят на ровную, хорошо освещенную поверхность стола и фиксируют время начала опыта по часам или по секундомеру.

Через некоторое время проявляется ясная граница осаждающегося твердого, выше которой находится слой осветленной жидкости. Через каждую минуту, а затем (по мере уменьшения скорости осаждения интервалы замеров увеличивают) – через большие промежутки времени, замеряют высоту осветленного слоя $\boldsymbol{h}$ (мм) и объем сгущенной пульпы $\boldsymbol{W}_{\text{сг}}$ (мл) и заносят в табл. 1.

Наблюдения за увеличивающимся слоем осветленной жидкости производят до тех пор, пока высота слоя сгущенного продукта не станет постоянной, т. е. примерно в течение 1 часа.

Обработка результатов опытов

1. Скорость осаждения твердого составит:

$$\upsilon = \frac{h}{t}, \text{ мм/мин}, \qquad \upsilon = \frac{60h}{1000t}, \text{ м/ч}.$$

2. Ж:Т ($R_{\text{сг}}$) сгущенной пульпы определяется расчетным путем

$$R_{\text{сг}} = \frac{Q - (500 - W_{\text{сг}})}{G},$$

где $W_{сг}$ – объем сгущенной пульпы.

3. Удельная площадь сгущения определяется по формуле:

$$S_{уд} = \frac{R - R_{сг}}{\upsilon}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч/т}$$

где υ - скорость осаждения твердого, м/ч.

Результаты наблюдений и расчетов заносятся в табл.1.

Таблица 1

Результаты опытов

Время осаждения *t*, мин.	Высота осветленного слоя *h*, мм	Объем сгущенной пульпы, мл	Скорость осаждения твердого, м/ч	Ж:Т в сгущенной пульпе	Удельная площадь сгущения *S*, м^2·ч/т

На основании полученных данных строится график, отображающий характер осаждения твердого, рис. 1.1. По оси абсцисс откладывается время отстаивания, мин.; по оси ординат – высота осветленного слоя, мм. Значение ординаты «*h*» должно соответствовать высоте пульпы в цилиндре.

Если опыты проводятся при различных значениях Ж:Т, то на график наносятся кривые для каждого экспериментального значения Ж:Т.

Сделать выводы о проделанной работе.

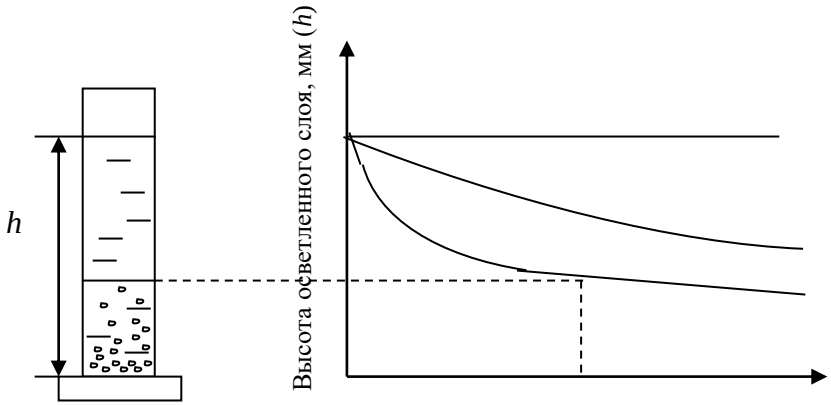


Рис. 1.1. Кривые процесса сгущения

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ

Цель работы: изучение влияния расхода полиакриламида (ПАА) на скорость осаждения твердой фазы пульпы.

Пояснения к работе

Сгущение тонкоизмельченных и шламистых продуктов является малоэффективной операцией в силу крайне малой скорости осаждения твердой фазы в стесненных условиях. Тонкие частицы из-за малой массы оседают с низкой скоростью, в результате чего резко снижается производительность сгустительных аппаратов и увеличивается содержание твердого в сливе.

Для увеличения скорости осаждения применяются синтетические водорастворимые полимерные флокулянты: полиакриламид, полиокс, праестол, суперфлок и др.

Флокулянты представляют собой линейные полимеры с большим количеством активных групп, расположенных вдоль цепочки молекулы. Полиакриламид перед подачей в процесс подвергается гидролизу – растворению в воде при температуре 323-353 ^{o}К. Цель гидролиза – разорвать длинные цепочки молекулы полимера на отдельные функционально активные звенья.

При этом резко возрастает флокулирующая способность полимера. Процесс флокуляции твердых частиц суспензии при подаче флокулянта основан на адсорбции его активных звеньев на минеральных поверхностях. При этом функционально активное звено, закрепляясь на двух частицах, образует между ними «мостик», связывающий эти частицы в агрегат, скорость осаждения которого значительно выше, чем отдельных частиц.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный материал.
2. Весы с разновесами.
3. Стеклянные цилиндры емкостью 500 мл.
4. Стержни с дисками для перемешивания пульпы.

5. Растворы полимерных флокулянтов.

Выполнение работы

Как и в работе № 1, рассчитывается необходимая масса твердого и жидкого для проведения опытов по заданным значениям Ж:Т.

Расход флокулянта (г/т) и его рабочая концентрация (%) задается преподавателем. Опыты проводятся в трех цилиндрах при различных расходах и концентрациях флокулянта. Один из цилиндров является контрольным, в него флокулянты не подаются. После приготовления пульпы и тщательного её перемешивания, в цилиндры подают рассчитанный объем флокулянта и снова пульпу перемешивают с флокулянтом, фиксируют время и ведут отсчет перемещения границы твердое-жидкое. Порядок оформления работы такой же, как в работе № 1.

Эффективность действия флокулянтов (E) можно оценить по формуле:

$$E = \frac{\upsilon_ф - \upsilon_o}{\upsilon_ф} \cdot 100, \%,$$

где $\upsilon_ф$ – скорость осаждения твердого при подаче флокулянта, м/мин; υ_o - скорость осаждения твердого без флокулянта, м/мин;

Описать механизм наблюдаемых явлений. Сделать вывод по проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ

Цель работы: определение влагоудерживающей способности материала (χ), скорости фильтрации воды (υ) и удельного сопротивления материала движению воды (ρ).

Пояснения к работе

Естественная фильтрация или дренирование основаны на перемещении воды внутри материала под действием сил тяжести. При дренировании воды по промежуткам между частицами режим движения - ламинарный. Основной характеристикой эффективности обезвоживания материала является скорость фильтрации воды, это объем

фильтрата, прошедшего через единицу площади фильтрующей перегородки в единицу времени. Влагоудерживающая способность материала – это свойство твердых тел удерживать на своей поверхности влагу, зависящее от крупности и смачиваемости материала.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Материал различной крупности.
2. Весы с разновесами.
3. Перколятор.
4. Стеклянные цилиндры емкостью 500 мл.

Выполнение работы

1. Взвешивается перколятор.
2. Перколятор заполняется исследуемым материалом и снова взвешивается.
3. Материал смачивается определенным количеством воды.
4. Воды выпускается из перколятора, и замеряется её объем.
5. Перколятор заполняется водой.
6. Вода выпускается из перколятора и замеряется время её истечения, а также объем отфильтрованной воды.

Результаты записываются в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Результаты опытов

Крупность материала, мм	Влагоудерживающая способность, %	Скорость фильтрации, м/с	Удельное сопротивление

Обработка результатов опытов

1. Влагоудерживающая способность (χ) материала определяется по формуле:

$$\chi = \frac{P_1 - P_2}{(P_1 - P_2) + P_м} 100 \text{ , \%}$$

где P_1 – масса воды до смачивания, г; P_2 – масса воды до смачивания, г; $P_м$ – масса материала, г.

2. Рассчитывается скорость фильтрации.

$$\upsilon = \frac{W}{S \cdot t}, \text{ м/с},$$

где W – объем отфильтрованной воды, м^3; S – площадь поперечного сечения перколятора, м^2; t – время фильрования, с.

3. Удельное сопротивление материала движению воды равно:

$$\rho = \frac{\Delta}{\upsilon \cdot \mu},$$

где Δ – плотность воды, г/см^3(кг/м^3); υ – скорость фильтрации, м/с; μ – вязкость жидкости, 0,00179 Па·с.

Сделать выводы о проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСАДКА И ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ТКАНИ

Цель работы: определение удельного сопротивления осадка (ρ) и фильтровальной ткани (ρ_0) при вакуумном фильтровании тонкоизмельченных продуктов обогащения.

Пояснения к работе

Удельное сопротивление осадка и фильтровальной ткани являются одними из важнейших характеристик процесса фильтрования. В общем виде под удельным сопротивлением понимается сопротивление, которое оказывает осадок или ткань при движении жидкости через единицу площади фильтрования. Удельное сопротивление оказывает решающее влияние на скорость фильтрации, которая для мелкозернистых продуктов невелика, в силу очень малых расстояний между частицами. Поэтому для увеличения скорости фильтрации на фильтрующей перегородке искусственно создается избыточное давление или вакуум, что позволяет значительно интенсифицировать процесс фильтрования. Фильтрование под вакуумом или под избыточным давлением применяется для обезвоживаемого материала крупностью менее 0,2-0,1 мм.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный материал.
2. Весы с разновесами.
3. Вакуум-фильтровальная установка.
4. Секундомер.

Выполнение работы

1. По заданному преподавателем Ж:Т пульпы и объему фильтровальной воронки рассчитывается масса твердого и жидкого для опытов.

2. Приготавливается пульпа расчетной консистенции.

3. Пульпа переносится в фильтровальную воронку.

4. Открывается вакуумный кран, включается секундомер и через 10 с замеряется объем полученного фильтрата.

5. Опыт продолжается до видимого удаления воды. Величина вакуума во время опыта поддерживается на постоянном заданном значении.

Результаты записываются в табл. 4.1.

Обработка результатов опытов

Уравнение фильтрования несжимаемых осадков имеет вид:

$$\frac{t}{V} = KV + b; \qquad (4.1)$$

где

$$K = \frac{\mu \cdot \rho \cdot \chi}{2\Delta P \cdot F^2}; \qquad b = \frac{\mu \cdot \rho_0}{\Delta P \cdot F}, \qquad (4.2)$$

где F – площадь фильтрования, м^2; ρ - удельное сопротивление осадка,; χ – удельный объем осадка; μ – вязкость жидкости, Па·с; ρ_0 – удельное сопротивление фильтроткани; ΔP – перепад давления, Па; t – время фильтрования, с.

Уравнение (4.1) является уравнением прямой линии, наклоненной к оси абсцисс под углом φ, тангенс которого равен K и отсекает по оси ординат отрезок b.

$$K = \mathrm{tg}\varphi.$$

Величину χ находят опытным путем.

$$\chi = \frac{V_0}{V_ф},$$

где V_0 – объем осадка, м^3; $V_ф$ – объем фильтрата, м^3.

Таблица 4.1.

Результаты опытов

t_1	t_2	t_3	…	t_n
V_1	V_2	V_3	…	V_n
t_1/V_1	t_2/V_2	t_3/V_3	…	t_n/V_n

По результатам опыта строится график фильтрации, рис 4.1.

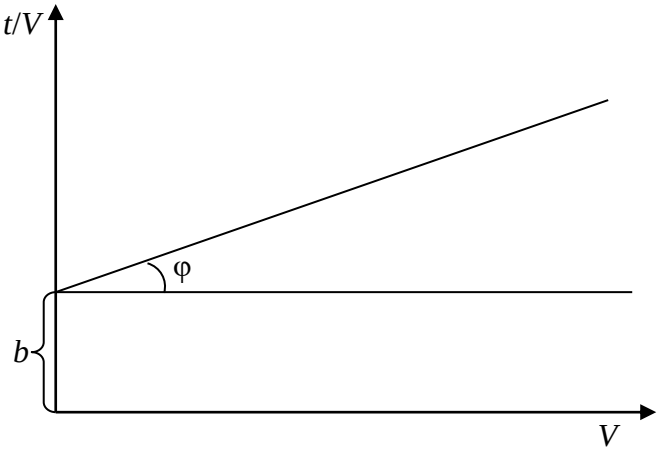


Рис. 4.1. График фильтрации

На графике фильтрации измеряются величины угла φ, значение b и по формулам (4.2) рассчитывается удельное сопротивление осадка (ρ) и фильтровальной ткани (ρ_0) для каждого опыта.

Сделать выводы по проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ

Цель работы: изучение влияния величины центробежных сил на скорость осаждения твердой фазы и влажность осадка.

Пояснения к работе

Центробежные аппараты – центрифуги широко применяются для обезвоживания продуктов обогащения, основной характеристикой которых является фактор разделения, определяемый как отношение ускорения, развиваемого в центробежном аппарате, к ускорению свободного падения. Фактор разделения обуславливает скорость фильтрации жидкости в фильтрующих центрифугах и скорость осаждения частиц - в осадительных. Поэтому, чем больше абсолютная величина фактора разделения, тем выше эффективность обезвоживания материала в центрифуге. Фильтрующие центрифуги применяются для обезвоживания материала крупностью более 0,25 мм, а осадительные центрифуги – для сгущения тонкоизмельченных продуктов крупностью менее 0,1 мм и осветления шламовых вод.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный материал.
2. Весы с разновесами.
3. Лабораторная центрифуга.
4. Стержни с мешалками.

Выполнение работы

1. По заданному преподавателем Ж:Т пульпы и объему стаканов центрифуги рассчитывается масса твердого и жидкого для опыта.
2. В стаканах приготавливается пульпа расчетной консистенции, и стаканы вставляются в гнезда центрифуги.
3. Включается центрифуга, и засекается время центрифугирования, заданное преподавателем.
4. Опыты проводятся с различной частотой вращения ротора при постоянном времени центрифугирования, или с различным временем при постоянной частоте вращения.

5. После остановки ротора центрифуги стаканы с пульпой извлекаются из гнезд, и замеряется высота осветленного слоя жидкости.

Результаты записываются в табл. 5.1.

Обработка результатов опытов

1. Фактор разделения рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{р}} = \frac{D \cdot n^2}{1800},$$

где D – диаметр ротора центрифуги, м; n – частота вращения ротора, мин $^{-1}$.

2. Вычисляется скорость осаждения ($\upsilon_{\text{ц}}$) твердой фазы в центробежном поле:

$$\upsilon_{\text{ц}} = \frac{H}{t},$$

где H – высота осветленного слоя, м; t – время фильтрования, с.

3. Вычисляется влажность осадка ($W_{\text{о}}$)

$$W_{\text{о}} = \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{в}} + M_{\text{т}}} \cdot 100 \text{ , \%}$$

Таблица 5.1.

Результаты опытов

Номер опыта	Частота вращения, м$^{-1}$	Время центрифугирования, с	Фактор разделения	Скорость осаждения частиц, м/с	Влажность осадка, %

4. По результатам опыта строится график, рис 5.1.

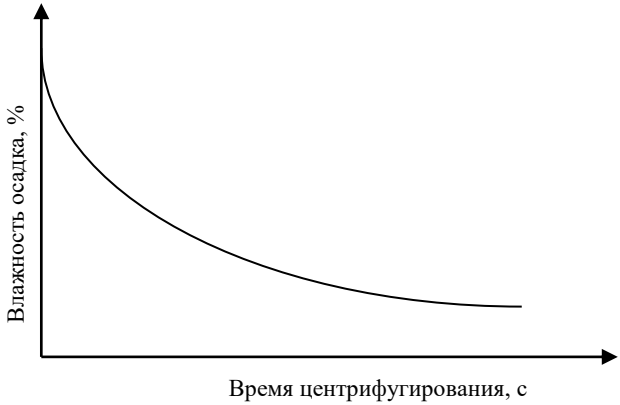


Рис. 5.1. Зависимость влажности осадка от времени центрифугирования

Сделать выводы по проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА СУШКИ

Цель работы: экспериментальное определение скорости сушки (Z) и влагонапряжения сушильного аппарата (A) для материалов различной крупности.

Пояснения к работе

Термическая сушка является конечной стадией обезвоживания тонкоизмельченного материала, после которой получают продукты с заданной влажностью. При сушке одновременно протекают 2 процесса - тепло- и массообмен, интенсивность которых определяют основные показатели процесса сушки: скорость сушки и влагонапряжение сушильного аппарата. Скоростью сушки называется отношение массы испаряемой влаги к единице поверхности в единицу времени. Влагонапряжение сушильного аппарата – это отношение массы испаряемой влаги к единице объема сушилки в единицу времени. Сушке может подвергаться материал любой крупности.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Материал различной крупности.
2. Весы с разновесами.
3. Фарфоровые чашки.
4. Сушильный шкаф.
5. Бюретки

Выполнение работы

1. По заданной преподавателем крупности и влажности рассчитывается массы твердого и жидкого для каждого опыта.
2. Взвешивается чашка.
3. Взвешивается чашка с расчетной массой материала.
4. В чашку с материалом подается расчетное количество воды, и все тщательно перемешивается.
5. Взвешивается чашка с материалом и водой.
6. Чашка с сырым материалом ставится в сушильный шкаф с заданной температурой, и засекается время.
7. Через определенное время сушки (5-10 мин.) чашка взвешивается и снова помещается в сушильный шкаф.
8. Взвешивание производится до получения постоянной массы.

Результаты записываются в табл. 6.1.

Обработка результатов опытов

1.Рассчитывается скорость сушки (Z)

$$Z = \frac{M_{и.в.}}{F \cdot t}, \text{ (кг·ч)/м}^2,$$

где $M_{и.в.}$ – масса испаренной воды, кг; F – площадь сушки, м^2; t – время сушки, ч.

2. Вычисляется влагонапряжение (A) сушильного аппарата

$$A = \frac{M_{и.в.}}{V \cdot t}, \text{ (кг·ч)/м}^3,$$

где V – объем сушильного шкафа, м^3; t – время фильтрования, с.

Таблица 6.1.

Результаты опытов

Время сушки, час	Масса чашки, кг	Масса испаренной влаги, кг	Влажность материала, %	Скорость сушки, (кг·ч)/м^2	Влагонапряжение, (кг·ч)/м^3

3. По результатам опыта строится график: рис 6.1 и 6.2.

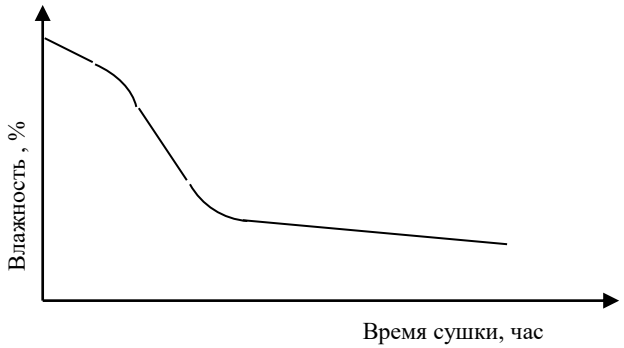


Рис. 6.1. Зависимость влажности материала от времени сушки

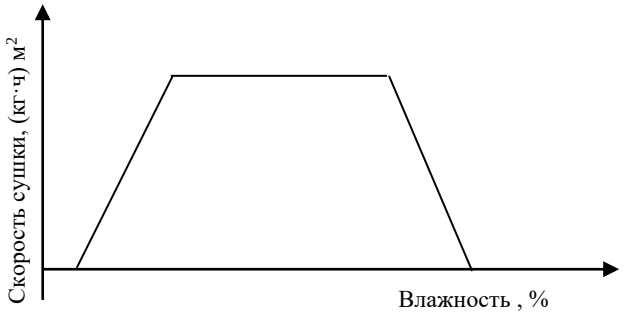


Рис. 6.2. Зависимость скорости сушки от влажности материала

4. Сделать выводы по проделанной работе

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Чуянов Г. Г. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды. М.:Недра, 1987. 259 с.

Руденко К. Г., Шемаханов М. М. Обезвоживание и пылеулавливание. М.: Недра, 1981. 350 с.

Учебное издание

Константин Александрович Водовозов

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ,

СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 18.01.2023 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,2.Уч.-изд. л. 0,93. Тираж 100 экз. Заказ № _____

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.04 ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.05 ИССЛЕДОВАНИЕ НА ОБОГАТИМОСТЬ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Козин В. З., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

В. З. Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«11» марта 2019 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

В. З. Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

К 59

Р е ц е н з е н т ы : *Цыпин Е. Ф.*, д.т.н., профессор
Морозов Ю. П., д.т.н., профессор
Пелевин А. Е., д.т.н., профессор
Колтунов А. В., к.т.н., доцент

Руководство рассмотрено на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых «28» февраля 2019 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Козин В. З.
К 59 ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ: руководство по выполнению лабораторных работ. 2-е изд. исправл., доп. / В. З. Козин; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. 17 с.

Выполнение лабораторных работ закрепляет теоретические знания по исследованию руд на обогатимость. В руководстве приводятся общие пояснения к работам, порядок их выполнения, формулы для расчетов. Заканчиваются лабораторные работы выводами студентов.

Руководство составлено для студентов специальности «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

© Козин В. З., 2015, 2019
© Уральский государственный горный университет, 2015, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 ИНДЕКС ЧИСТОЙ РАБОТЫ 4

Лабораторная работа № 2 ПРИБЛИЖЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ 6

Лабораторная работа № 3 ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСКРЫТИЯ РУДЫ 8

Лабораторная работа № 4 КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ ПРОБ 10

Лабораторная работа № 5 ПОГРЕШНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЫТОВ 12

Лабораторная работа № 6 ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ РУДЫ 14

Лабораторная работа № 7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ 16

Лабораторная работа № 1
ИНДЕКС ЧИСТОЙ РАБОТЫ

Цель работы: изучение методики определения индекса чистой работы.

Пояснения к работе

Одной из основных оценок физико-механических свойств руды является индекс чистой работы. Эта величина обозначается W_i и имеет размерность кВт·ч/т. Предполагается, что такую работу необходимо выполнить, чтобы изменить размер кусков руды от бесконечного до 0,1 мм (100 мкм).

Для расчета W_i необходимо выполнить опыт, в котором измеряются начальный и конечный при дроблении размер кусков руды D_{80} и d_{80} (в формулу подставляют размер в мкм), массу переработанной пробы M в тоннах, расход энергии в кВт·ч при дроблении ΔP и на холостом ходу ΔP_{xx} за тот же промежуток времени, что и при дроблении.

Связь между ними:

$$\frac{\Delta P - \Delta P_{xx}}{M} = 10 \cdot W_i \cdot \frac{\sqrt{D_{80}} - \sqrt{d_{80}}}{\sqrt{D_{80}} \cdot \sqrt{d_{80}}}.$$

Коэффициент 10-размерный. Его размерность $\sqrt{\text{мкм}}$. Тогда размерность W_i будет кВт·ч/т.

Для выполнения работы необходимы:

1. Щековая и валковая дробилки.
2. Проба массой 2 кг, крупностью 25 мм.
3. Набор сит: 25; 13; 6; 3; 1,5; 0,5 мм.
4. Счетчик расхода электроэнергии.
5. Секундомер.
6. Весы.

Выполнение работы

1. Получить пробу массой $M \cong 2$ кг и крупностью $d_{max} = 25$ мм (или додробить ее до $d_{max} \cong 25$ мм).
2. Взвесить пробу M (кг) и рассеять ее на классы крупности.
3. Построить гранулометрическую характеристику и определить крупность исходной пробы D_{80}, мм, по гранулометрической характеристике.
4. Настроить щековую дробилку для дробления пробы до крупности 6 мм.
5. Записать начальные показания счетчика $P_{нач}$, Вт·ч.
6. Включить дробилку и секундомер.
7. Загружая равномерно дробилку, пропустить через нее пробу.
8. Выключить дробилку и секундомер.
9. Записать конечные показания счетчика $P_{кон}$, Вт·ч, и продолжительность дробления $t_{др}$, с.
10. Определить $\Delta P = P_{кон} - P_{нач}$.

11. Включить дробилку на холостом ходу на время $t_{др}$ и найти $\Delta P_{хх} = P_{кон\ хх} - P_{нач\ хх}$.

12. Выполнить ситовой анализ дробленой пробы и построить гранулометрическую характеристику и определить крупность дробленой пробы d_{80} (мм) по гранулометрической характеристике.

13. Рассчитать W_i, подставляя ΔP в кВт·ч, M в тоннах, D_{80} и d_{80} в мкм.

14. Повторить работу по позициям 1-13 на валковой дробилке, приняв дробленую на щековой дробилке пробу за исходную и настроив валковую дробилку для дробления до крупности 1-2 мм.

В процессе выполнения работы получаемые величины записываются в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений и расчетов

Показатели	Размерность	Дробилки	
		щековая	валковая
1. Масса пробы, M	кг		
2. Исходная крупность, D_{80}	мм		
3. Расход электроэнергии $P_{нач}$ $P_{кон}$	Вт·ч		
4. Продолжительность дробления, $t_{др}$	с		
5. Расход электроэнергии $P_{нач\ хх}$ $P_{кон\ хх}$	Вт·ч		
6. Крупность дробленого продукта, d_{80}	мм		
7. Индекс чистой работы, W_i	кВт·ч/т		

На основании работы студент делает вывод:

Соответствие полученных значений W_i известным в литературе.

Лабораторная работа № 2
ПРИБЛИЖЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Цель работы: изучение методики приближенно-количественного минералогического анализа и его погрешностей.

Пояснения к работе

Один из основных и экспрессных способов количественной оценки минерального состава руды или продуктов обогащения – приближенно-количественный минералогический анализ.

В основе лежит оптический метод распознавания минералов с привлечением в отдельных случаях простейших вспомогательных приемов (микрохимические реакции, люминесценция и т. п.). Метод получает большое распространение с развитием техники (Видео - мастер, Минерал С7 и др.) для распознавания минералов и расчета массовых долей.

Классический (ручной) вариант состоит в том, что отбирают 500 зерен подготовленного (раскрытого) материала, выделяют зерна искомого минерала, после чего находят массовую долю минерала. Анализ проводится в узком классе крупности.

Выполнение работы

Работу выполняют на модельном материале – кварцевой крупке с внесенными в нее маркерами из цветного стекла, играющими роль определяемого материала.

В пакет с кварцевой крупкой массой 100 граммов крупностью –3+1,5 мм помещаем 2 грамма маркеров. Массовая доля маркеров составляет 2 %.

Отбирают от пакета сокращением на желобчатом делителе навеску примерно 500 зерен (степень сокращения 16), взвешивают ее, подсчитывают реальное число зерен в навеске *n*, подсчитывают число маркеров в ней и взвешивают их. Возвращают навеску в пакет и отбирают новую навеску, взвешивают ее, подсчитывают число маркеров и взвешивают их. Работу выполняют N = 30-50 раз. Полученные результаты заносят в табл. 2.1.

Массовую долю маркеров определяют по отношению масс:

$$\alpha = \frac{q_{\text{м}}}{q_{\text{н}}} \cdot 100, \%.$$

По данным табл. 2.1 подсчитывают среднеквадратичную погрешность оценки массовой доли:

$$S_{\alpha} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (\alpha_i - \overline{\alpha})^2}{N-1}}$$

и относительную погрешность:

$$P_{\alpha} = \frac{2 \cdot S_{\alpha}}{\overline{\alpha}} \cdot 100, \%.$$

Таблица 2.1

Результаты отбора навесок и определения массовой доли

№	Масса навески $q_н$	Число маркеров $n_м$	Масса маркеров $q_м$	Массовая доля маркеров α
1 2 3 4 5 … *N*				
Среднее				

Теоретическая погрешность приближенно-количественного минералогического анализа:

$$P_{\alpha} = 9 \cdot \sqrt{\frac{100 - \overline{\alpha}}{\overline{\alpha}} \cdot \frac{500}{n}}, \%.$$

Здесь $\overline{\alpha}$ – средняя массовая доля маркеров;

n – реальное число зерен в навесках.

На рисунке изображаем распределение массовой доли α в навесках.

На основании работы студент делает выводы:

1. Как соответствуют средние массовые доли и погрешности в эксперименте теоретическим?
2. Как можно добиться меньшей погрешности?

Лабораторная работа № 3
ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСКРЫТИЯ РУДЫ

Цель работы: экспериментально получить характеристики раскрытия руды.

Пояснения к работе

Раскрытие руды – важнейший показатель, определяемый при исследованиях на обогатимость. Обычно раскрытие руды определяется для узких классов с последующим изображением зависимостей раскрытия от крупности.

Количественно раскрытие оценивается долей раскрытого компонента по числу зерен: $P_м = n_{рм} / n_м$; $P_п = n_{рп} / n_п$; $P_{ср} = n_{ср} / n$.

Так, для ситуации  $n = 9$; $n_м = 2 + 2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,25 = 3,25$; $n_п = 4 + 2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,75 = 5,75$.

$$P_м = \frac{n_{рм}}{n_м} = \frac{2}{3,25} = 0,62;$$

$$P_п = \frac{n_{рп}}{n_п} = \frac{4}{5,75} = 0,70;$$

$$P_{ср} = \frac{n_{ср}}{n} = \frac{3}{9} = 0,33.$$

Здесь $P_м$ – доля раскрытых зерен минерала; $P_п$ – доля раскрытых зерен породы; $P_{ср}$ – доля сростков; $n_м$ – число зерен минерала; $n_{рм}$ – число раскрытых зерен минерала; $n_{рп}$ – число раскрытых зерен породы; $n_{ср}$ – число сростков; n – общее число зерен.

Для выполнения работы необходимы:

1. Проба руды массой 1 кг, крупностью 25+0 мм.
2. Набор сит.
3. Видео - мастер.

Выполнение работы

Пробу делят на классы в соответствии с набором сит. Рассеянный материал нужно взвесить и построить ситовую характеристику, результаты в табл. 3.1. Отобрать в каждом классе 100-200 кусков. Каждый из кусков осматривают, определяют раскрытый ли это кусок минерала или породы, или сросток и его вид (богатый, рядовой или бедный), занося значок, соответствующий одному куску, в табл. 3.1.

По формулам:

$$P_м = \frac{n_{рм}}{n_{рм} + 0,75n_{бог} + 0,5n_{ряд} + 0,25n_{бед}};$$

$$P_п = \frac{n_{рп}}{n_{рп} + 0,25n_{бог} + 0,5n_{ряд} + 0,75n_{бед}};$$

$$P_{ср} = \frac{n_{бог} + n_{р} + n_{бед}}{n_{рм} + n_{бог} + n_{р} + n_{бед} + n_{рп}}$$

находят доли раскрытого минерала $P_м$, породы $P_п$ и сростков $P_{ср}$.

Таблица 3.1

Результаты осмотра кусков

№	Класс, мм	Доля класса r	Раскрытые зерна минерала	Сростки богатые (0,75) $n_{бог}$	Сростки рядовые (0,5) $n_{ряд}$	Сростки бедные (0,25) $n_{бед}$	Раскрытые зерна породы $n_{рп}$
1	–25+12		х	–	ххх	хххххх	ххххх
2	–12+6		ххх	–	хххх	хххх	ххх
3	–6+3		и т. д.				
4	–3+1,5						
5	–1,5+1,0						
6	–1,0+0,5						
7	–0,5	Необогатимый класс					

На рисунке строят диаграмму раскрытия и выделяют технологические классы крупности.

Доли технологических классов $r_{тi}$ находят по кумулятивной характеристике гранулометрического состава.

Относительное количество выделяемой породы и минерала (выходы) находят в долях единицы по формулам:

$$\gamma_{мi} = P_{мi} \cdot r_{тi};$$

$$\gamma_{пi} = P_{пi} \cdot r_{тi}.$$

Расчет сводим в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Технологический класс	Доли технологических классов $r_т$	$P_м$	Выход минерала $\gamma_м$	$P_п$	Выход породы $\gamma_п$
i = 1					
2					
3					
4					

На основании работы студент делает вывод:

Как установлены границы технологических классов?

Лабораторная работа № 4
КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ ПРОБ

Цель работы: оценка качества подготовки проб к технологическим опытам.

Пояснения к работе

Технологические опыты обычно выполняют на небольших навесках. Для этого начальную пробу делят на несколько порций – навесок. Эта работа – сокращение пробы – связана с погрешностями:

- теоретическая погрешность сокращения $S_с$;
- погрешность исполнителя $S_и$.

Общая погрешность подготовки пробы $S_п$:

$$S_п^2 = S_с^2 + S_и^2.$$

Теоретическая погрешность сокращения:

$$S_с^2 = 2f \cdot S_к^2 \cdot \rho(\bar{d})^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{нав}} - \frac{1}{q_{пр}} \right).$$

Здесь f – коэффициент формы; $f \approx 0{,}5$; ρ – плотность пробы, $\rho = 2650$ кг/м^3; $\bar{d}$ – средний размер частиц пробы, м; $q_{пр}$, $q_{нав}$ – масса пробы и навески, кг; $S_к^2$ – покусковая дисперсия; для бедных продуктов:

$$S_к^2 = \frac{\rho_м}{\rho_п} \cdot \alpha \cdot \beta_м,$$

где $\alpha = \bar{\alpha}$ – массовая доля ценного компонента – магнетита в пробе; $\beta_м = 100$ %; $\rho_м$, $\rho_п$ – плотность магнетита и породы, $\rho_м = 5000$ кг/м^3; $\rho_п = 2650$ кг/м^3.

Погрешность подготовки пробы:

$$S_п^2 = \frac{\sum_i (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n_о - 1}.$$

Здесь α_i – массовая доля магнетита в навеске; $n_о$ – число параллельных навесок.

Погрешность исполнителя:

$$S_и^2 = S_п^2 - S_с^2.$$

Относительные погрешности:

$$P_п = \frac{2S_п}{\alpha} \cdot 100,\ \%;$$

$$P_с = \frac{2S_с}{\alpha} \cdot 100,\ \%;$$

$$P_и = \frac{2S_и}{\alpha} \cdot 100,\ \%.$$

Отношение $S_п^2 / S_с^2 = K$ показывает качество работы исполнителя.

Выполнение работы

Студент получает пакет с кварцем массой около 0,5 кг и пакет с магнетитом массой около 10 г. Крупности кварца и магнетита одинаковы – 1+0,5 мм. Студент взвешивает их и смешивает.

С помощью желобчатого сократителя делит смесь на 8 навесок. Взвешивает навески, получая $q_{i\text{нав}}$. С помощью ручного магнита в чехле РМЧ-1 выделяет магнетит и взвешивает его, получая $q_{i\text{маг}}$. Рассчитывает массовую долю магнетита в навеске α_i. Результаты записывают в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты опытов

n_o	Масса навески $q_{i\text{нав}}$	Масса магнетита $q_{i\text{маг}}$	Массовая доля магнетита α_i
1 2 … 8			
Среднее			

Находим сумму масс магнетита в навесках: $q_{\text{маг}} = \sum_i q_{i\text{маг}}$. Эта масса $q_{\text{маг}}$ должна совпасть с массой полученного магнетита.

При необходимости повторить извлечение магнетита из навесок с помощью РМЧ-1 и исправить результаты в табл. 4.1.

Выполняем расчеты погрешностей. Результаты расчетов заносим в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Погрешности подготовки проб

	Подготовки	Сокращения	Исполнителя
Погрешности (дисперсии)	$S_{\text{п}}^2 =$	$S_{\text{с}}^2 =$	$S_{\text{и}}^2 =$
Относительные погрешности	$P_{\text{п}} =$	$P_{\text{с}} =$	$P_{\text{и}} =$

Находим качество работы исполнителя *K*.

На основании работы студент делает выводы:

1. Как можно уменьшить погрешность сокращения?
2. Каково качество работы исполнителя по подготовке навесок?

Лабораторная работа № 5
ПОГРЕШНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЫТОВ

Цель работы: оценка величины погрешностей технологических опытов.

Пояснения к работе

Результаты параллельных технологических опытов обычно различны в связи с погрешностями выполнения отдельных операций опытов, а также в связи с отличиями отдельных навесок друг от друга.

Если выполнить $n_о$ параллельных опытов и найти такие показатели, как качество концентрата β, хвостов ϑ, то можно найти абсолютные среднеквадратичные и относительные погрешности результатов опытов:

$$S_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_о}(\beta_i - \overline{\beta})^2}{n_о - 1}};$$

$$P_\beta = \frac{2S_\beta}{\overline{\beta}} \cdot 100,\ \%.$$

Здесь $\overline{\beta}$ – среднее значение качества концентрата для $n_о$ опытов; S_ϑ,и P_ϑ определяются по аналогичным формулам.

Погрешности результатов S_β, S_ϑ складываются из погрешности технологических опытов $S_{то}$ и погрешности анализа $S_{ан}$ величин β, ϑ:

$$S_\beta^2 = S_{то_\beta}^2 + S_{ан_\beta}^2;$$

$$S_\vartheta^2 = S_{то_\vartheta}^2 + S_{ан_\vartheta}^2.$$

Из этих уравнений можно найти $S_{то}$ и $P_{то}$.

Погрешности анализа одной i-й навески

$$S_{ан_{\beta i}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{ан}}(\beta_{ij} - \overline{\beta}_i)^2}{n_{ан} - 1};$$

$$S_{ан_{\vartheta i}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{ан}}(\vartheta_{ij} - \overline{\vartheta}_i)^2}{n_{ан} - 1}.$$

Здесь $n_{ан}$ – число параллельных анализов на рентгенофлюоресцентном анализаторе. Рекомендуется $n_{ан} = 6$ на каждой из 4-х навесок.

Находим среднюю погрешность анализа:

$$\left(\overline{S}_{ан_\beta}\right)^2 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^{4} S_{ан\beta i}^2;$$

$$\left(\overline{S}_{ан_\vartheta}\right)^2 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^{4} S_{ан\vartheta i}^2.$$

Относительная погрешность анализа

$$P_{\text{ан}\beta} = \frac{2\bar{S}_{\text{ан}\beta}}{\bar{\beta}} \cdot 100,\ \%$$

$$P_{\text{ан}\vartheta} = \frac{2\bar{S}_{\text{ан}\vartheta}}{\bar{\vartheta}} \cdot 100,\%$$

Здесь $\bar{\beta}$ и $\bar{\vartheta}$ - средние значения β и ϑ.

Находим погрешности технологических опытов по формулам

$$P^2_{\text{то}_\beta} = P^2_\beta - P^2_{\text{ан}_\beta};$$

$$P^2_{\text{то}_\vartheta} = P^2_\vartheta - P^2_{\text{ан}_\vartheta}.$$

Выполнение работы

Студент получает пакет Cu-содержащей руды массой около 1 кг, крупностью –3+0 мм и с помощью желобчатого сократителя делит руду на 8 частей. Четыре части после третьей ступени сокращения возвращает в пакет, а четыре части становятся параллельными навесками.

Работа выполняется с каждой навеской последовательно: измельчение – флотация – сушка – обработка пробы – анализ.

Измельчение проводят в стержневой мельнице в течение 10 минут. Т : Ж = 1 : 1; масса стержней – примерно 1,3 кг.

Флотацию проводят в лабораторной флотомашине с камерой емкостью 0,75 л в течение 5 минут при режимах:

- расход вспенивателя – 80 г/т;
- расход собирателя – 100 г/т;
- расход CaO – 1,5 г в навеску руды в измельчение.

Концентрат и хвосты фильтруют, сушат, взвешивают и анализируют на медь. Результаты записывают в табл. 5.1. По балансу находят массовую долю меди в руде.

Таблица 5.1

Результаты параллельных опытов флотации медной руды

Номер опыта	Масса, г			Массовые доли меди, %	
	навески	в концентрате	в хвостах	в концентрате β	в хвостах ϑ
1				6 анализов	6 анализов
2				— // —	— // —
3				— // —	— // —
4				— // —	— // —
Среднее					

Относительные погрешности сводим в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Относительные погрешности массовых долей

Величины	Относительные погрешности		
	параллельных опытов	анализа	технологических операций
Массовая доля в концентрате	P_{β} =	$P_{ан\beta}$ =	$P_{то\beta}$ =
Массовая доля в хвостах	P_{ϑ} =	$P_{ан\vartheta}$ =	$P_{то\vartheta}$ =

На основании работы студент делает вывод:

Каково соотношение погрешностей технологических операций и анализа продуктов?

Лабораторная работа № 6
ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ РУДЫ

Цель работы: определение ценности руды.

Пояснения к работе

Любая руда или техногенное сырье состоит из различных минералов. Каждый из минералов и составляющих их элементов может быть использован и поэтому имеет свою цену.

Природная ценность руды (стоимость возможных продуктов) в рублях на тонну:

$$С_{пр} = \sum_{i} \gamma_i \cdot Ц_i .$$

Здесь γ_i – выход концентрата, элемента или какого-то другого компонента руды, д. е.; $Ц_i$ – цена соответствующего компонента, получаемого из руды, руб./т.

Выполнение работы

Студент получает таблицу с минералогическим и элементным составом руды.

Ориентируясь на состав руды и представления о возможных полезных продуктах, которые могут быть получены из руды, студент составляет варианты ее использования с оценкой ценности руды (табл. 6.1), полагая извлечение минералов в концентраты 100 %.

Варианты использования назначаются по опыту работы предприятий, излагаемому в специальных дисциплинах.

Студент составляет два варианта схем обогащения и таблиц по форме табл. 6.1:

1) традиционные концентраты и хвосты;
2) безотходная технология.

Таблица 6.1

Полезные продукты и ценность продуктов, получаемых из 1 тонны руды
Вариант № _____

№	Полезные продукты	Выход γ_i, %	Масса ценного компонента в 1 т руды, $M_{i\text{т}}$	Цена Ц$_i$, руб./т	Ценность (стоимость) $C_i = M_i \cdot$ Ц$_i$, руб.
	Всего:	100 %		–	$C_{\text{пр}}$ =

Пример для асбестовой руды

1) асбест, хвосты;
2) асбест, железо, золото, магний, кварц, стройматериалы.

Пример для медно-цинковой руды

1) Cu и Zn концентраты, хвосты;
2) Cu и Zn концентраты, золото, серебро, сера, железо, стройматериалы.

Пример для золотосодержащей руды

1) пиритный золотосодержащий концентрат, хвосты;
2) золото, кварцевый концентрат, полевошпатовый и слюдяной концентрат, стройматериалы.

Выходы полезных продуктов, получаемых из одной тонны руды, следует рассчитать, руководствуясь составом руды.

Выходы строительных материалов назначаем в соответствии с возможной крупностью удаляемой в хвосты породы.

Цены на металлы, неметаллы и стройматериалы берем по текущим сведениям в Интернете.

Цена хвостов – отрицательная, по стоимости затрат на складирование и величины экологического ущерба.

На основании работы студент делает вывод:

Доля извлекаемой ценности по традиционной технологии по сравнению с безотходной.

Лабораторная работа № 7
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

Цель работы: критическое изучение фактических технологических регламентов обогатительных предприятий.

Пояснения к работе

С целью строительства или реконструкции обогатительных предприятий постоянно разрабатываются технологические регламенты. Разработка регламента связана с возможностями разрабатывающей организации, требованиями заказчика, общим уровнем требований к современным фабрикам, традиционностью мышления и опытом разработчиков регламента. В итоге любой технологический регламент является документом, в котором не использованы многие возможности переработки руды.

Студент 5-го курса обладает современными знаниями о технологиях обогащения, он не ограничен требованиями заказчика и может увидеть дополнительные возможности переработки рассматриваемой руды.

Выполнение работы

Получив технологический регламент обогатительной фабрики, студент изучает его, оценивает полноту исследований обогатимости руды и предлагает схему обогащения **на основе оценки потенциальной ценности руды.**

В отчете о работе он представляет:

1. Критические замечания по всему регламенту – недостатки.
2. Технологическую схему, дополняющую разработанную.

На основе выполненной работы студент делает вывод:

Уровень технологического регламента по сравнению с уровнем переработки аналогичных руд.

Учебное издание

Владимир Зиновьевич Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 25.03.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 50 экз. Заказ № 13

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«____» _____ 2017 г.
Председатель комиссии

_____ проф. В. П. Барановский

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

УДК 622.7: 622.342
М 80

Рецензент: *Колтунов А. В.*, канд. техн. наук, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 09 февраля 2017 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Морозов Ю. П., Пеньков П. М., Бекчурина Е. А.
М 80 **Проектирование обогатительных фабрик**. Компоновка оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик: учебно-методическое пособие / Ю. П. Морозов, П. М. Пеньков, Е. А. Бекчурина; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2017. – 30 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в отделениях измельчения в шаровых и стержневых мельницах, в отделениях измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления, приведены примеры компоновочных решений отделений измельчения обогатительных фабрик.

Для студентов всех форм обучения специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 21.05.04 – «Горное дело».

УДК 622.7: 622.342

© Уральский государственный горный университет, 2017
© Морозов Ю. П., Пеньков П. М., Бекчурина Е. А., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах 5
2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения 14
3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления 17
4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики 25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 29

ВВЕДЕНИЕ

Компоновка оборудования в отделениях измельчения является важным этапом разработки компоновочных решений цехов обогатительной фабрики. Обычно оборудование для измельчения размещается в отделениях измельчения и доизмельчения главного корпуса обогатительной фабрики. Возможно для сухих методов измельчения компоновочное решение с размещением оборудования в отдельном цехе измельчения.

В учебной литературе по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» приводятся сведения по компоновке оборудования в отделениях измельчения, которые дают только общее представление о компоновочных решениях, не раскрывают правил и условий разработки компоновочных решений.

Настоящее учебно-методическое пособие направлено на упорядочение и углубление знаний по размещению оборудования в отделениях измельчения. Оно включает компоновку оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах, в мельницах само- и полусамоизмельчения, в измельчающих валках высокого давления.

Для отделений измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами рассмотрены правила размещения оборудования в бункерном пролете и в пролетах измельчения. Рассмотрены условия самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором, условия расположения гидроциклонов в отделениях измельчения, условия размещения ремонтно-монтажных площадок, кранов и других грузоподъемных средств.

Для отделений измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения рассмотрены варианты компоновки оборудования при совмещении мельниц само- и полусамоизмельчения с дробилками для додрабливания трудных классов крупности и с шаровыми мельницами во второй стадии измельчения.

Для отделений измельчения в измельчающих валках высокого давления (ИВВД) рассмотрены варианты совместного использования мельниц самоизмельчения с ИВВД, варианты размещения ИВВД в отдельном цехе.

Компоновочные решения отделений измельчения иллюстрируются примерами возможных вариантов компоновки с анализом особенностей, достоинств и недостатков.

1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах

Отделения измельчения в стержневых и шаровых мельницах на обогатительных фабриках обычно включены в состав главного корпуса вместе с отделениями обогащения и отделениями, реализующими вспомогательные процессы.

Отделение измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами включает бункерный пролёт и, в зависимости от количества мельниц, один или два пролёта измельчения.

В бункерном пролёте располагаются распределительный бункер и системы конвейеров для подачи руды в распределительный бункер и для подачи руды из распределительного бункера в мельницы.

Распределение руды по ячейкам распределительного бункера осуществляется чаще всего с помощью конвейера со сбрасывающей тележкой.

Наиболее широко на обогатительных фабриках в отделениях измельчения предусматриваются подвесные параболические бункеры, разгрузка руды из которых осуществляется через выпускные отверстия, расположенные на расстоянии друг от друга 3 или 6 м. Разгрузка руды из бункеров осуществляется на горизонтальные или наклонные ленточные конвейеры, подающие руду в мельницы.

Пример компоновки оборудования в бункерном пролёте отделения измельчения приведён на рисунке 1.1.

Компоновочное решение включает магистральный конвейер 1, конвейер со сбрасывающей тележкой 2, распределительный бункер 3 с питателями 4, сборные конвейеры 5, конвейеры 6, кран-балку 7. Исходная руда магистральным конвейером 1 подаётся на конвейер 2 со сбрасывающей тележкой, который распределяет руду по ячейкам распределительного бункера 3. Руда из ячеек бункера 3 с помощью питателя 4 разгружается на сборные конвейеры 5, далее направляется на конвейеры 6, которые подают руду в мельницы. Количество конвейеров 5 и 6 определяется количеством ячеек в распределительном бункере и мельниц в первой стадии измельчения.

В пролётах измельчения располагаются мельницы, классифицирующее оборудование, зумпфы с насосами, мостовые краны. Мельницы в пролёте измельчения располагаются в один или два ряда перпендикулярно или параллельно оси бункеров.

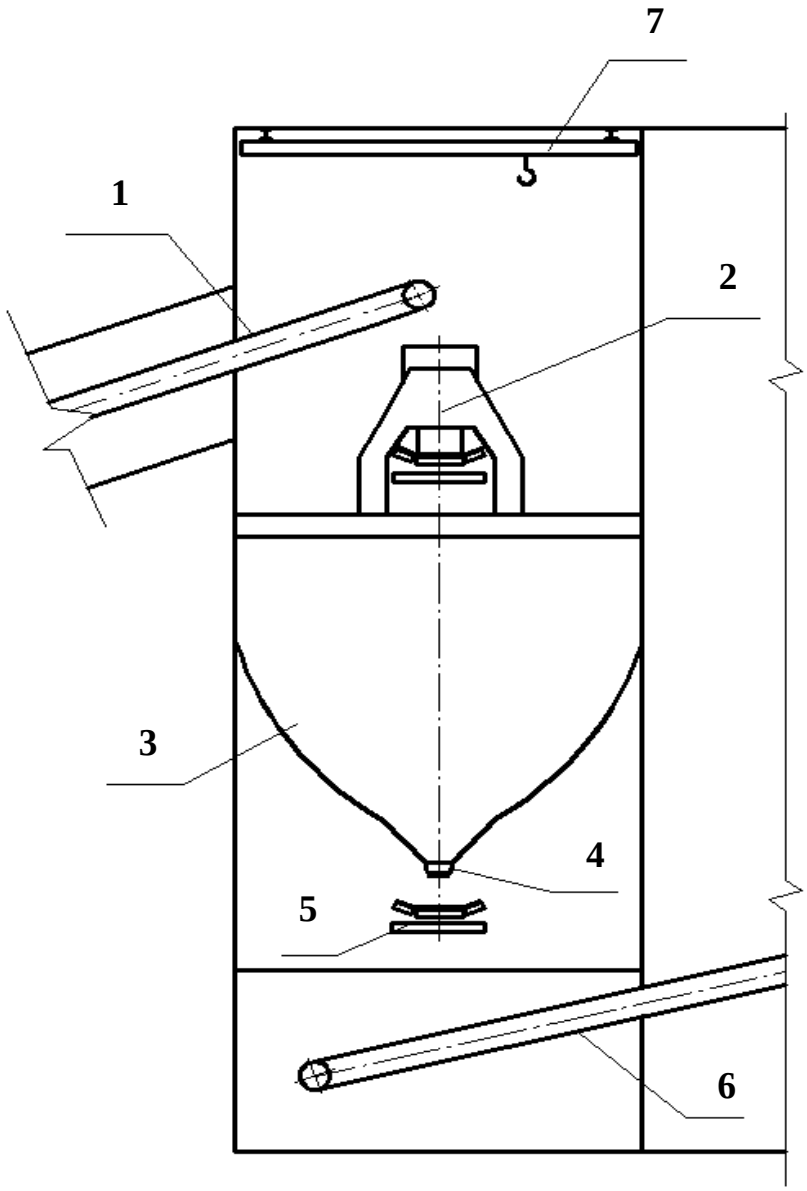


Рисунок 1.1 – Компоновочное решение бункерного пролёта отделения измельчения:
1 – магистральный конвейер; 2 – конвейер со сбрасывающей тележкой;
3 – распределительный бункер; 4 – питатель; 5, 6 – конвейеры; 7 – кран-балка

При размещении стержневых мельниц со стороны разгрузки измельченного материала должно быть предусмотрено свободное пространство для обеспечения загрузки стержней в мельницу. Классифицирующее оборудование располагается по отношению к мельницам таким образом, чтобы обеспечивался самотёк песков в мельницу. Спиральные классификаторы, обеспечивающие самотечный замкнутый цикл измельчения, размещаются параллельно мельнице таким образом, чтобы обеспечить самотёк слива мельницы в спиральный классификатор и песков спирального классификатора в мельницу.

Пример компоновочного узла мельницы со спиральным классификатором при самотёчном замкнутом цикле приведён на рисунке 1.2.

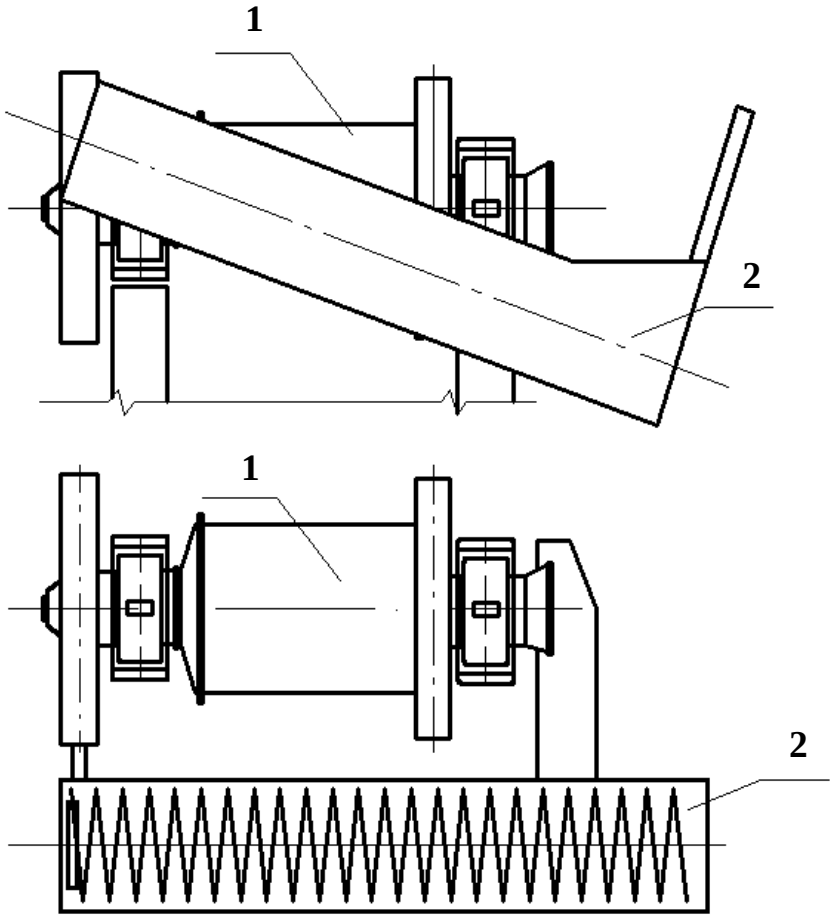


Рисунок 1.2 – Компоновочное решение самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором:
1 – мельница; 2 – спиральный классификатор

Если мельницу и классификатор невозможно замкнуть самотёком, то применяют компоновочные решения с реализацией принудительной подачи слива мельницы в спиральный классификатор, например, с помощью улиткового подъёмника на мельнице, насоса или элеватора.

В узких пролётах измельчения возможна компоновка с размещением мельницы и спирального классификатора на одной оси с самотёчной подачей песков классификатора в мельницу. Пример такого решения приведён на рисунке 1.3.

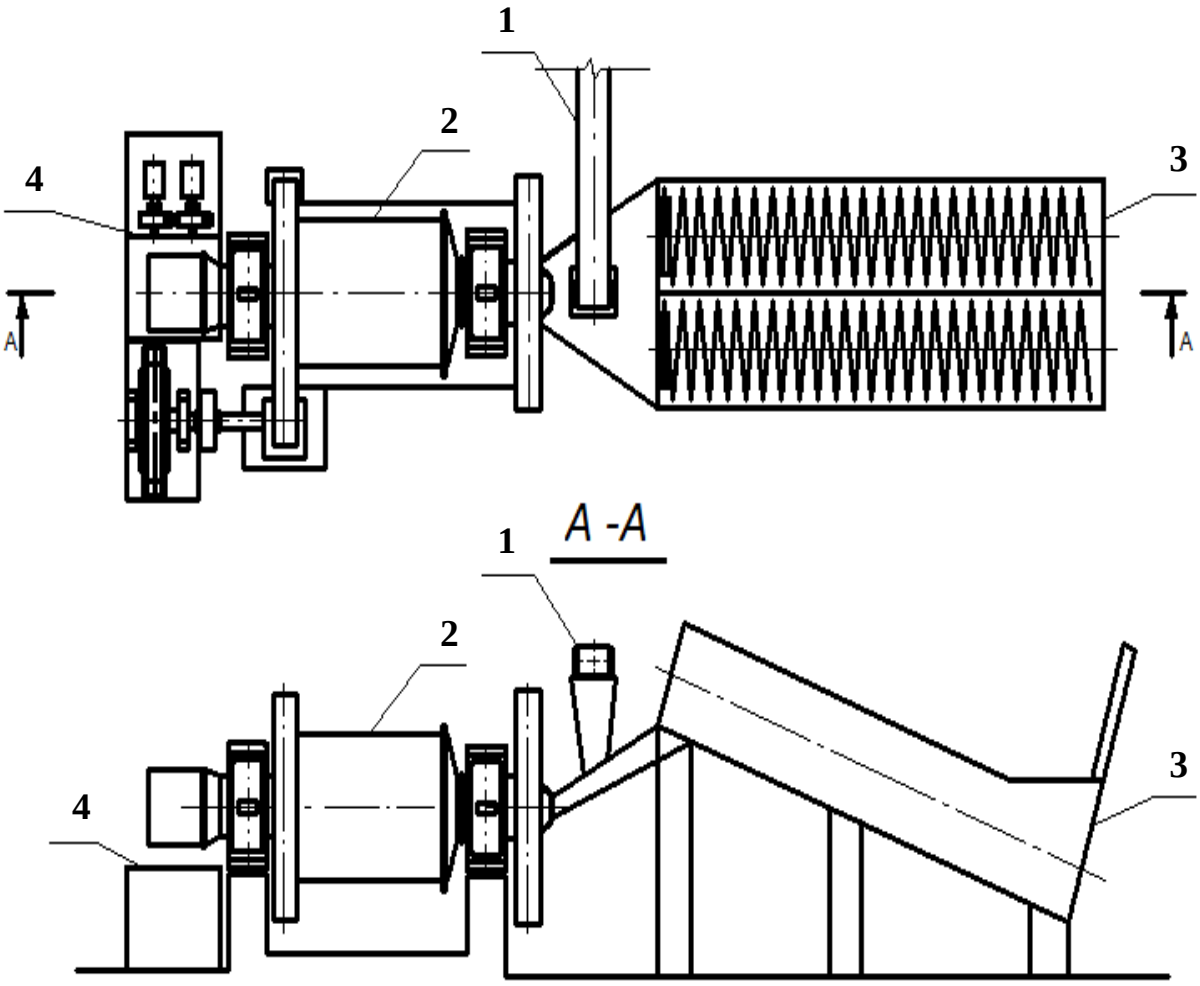


Рисунок 1.3 – Компоновочное решение отделения измельчения с соосным размещением мельницы и спирального классификатора:
1 – конвейер; 2 – мельница; 3 – спиральный классификатор; 4 – зумпф с насосами

Компоновочное решение включает конвейер 1, мельницу 2, спиральный классификатор 3, зумпф 4 с насосами. Руда конвейером 1 подаётся в мельницу 2. Слив мельницы 2 поступает в зумпф 4 и насосами направляется в спиральный классификатор 3, пески которого поступают в мельницу 2.

Гидроциклоны для обеспечения самотёка песков в мельницу размещаются в измельчительном пролёте на площадке сверху загрузочного торца мельницы. Гидроциклоны на площадке могут размещаться в ряд (ёлочкой) или по кругу (звездой). Подача пульпы в гидроциклоны осуществляется насосами через питающую трубу. Примеры расположения гидроциклонов на площадке показаны на рисунке 1.4.

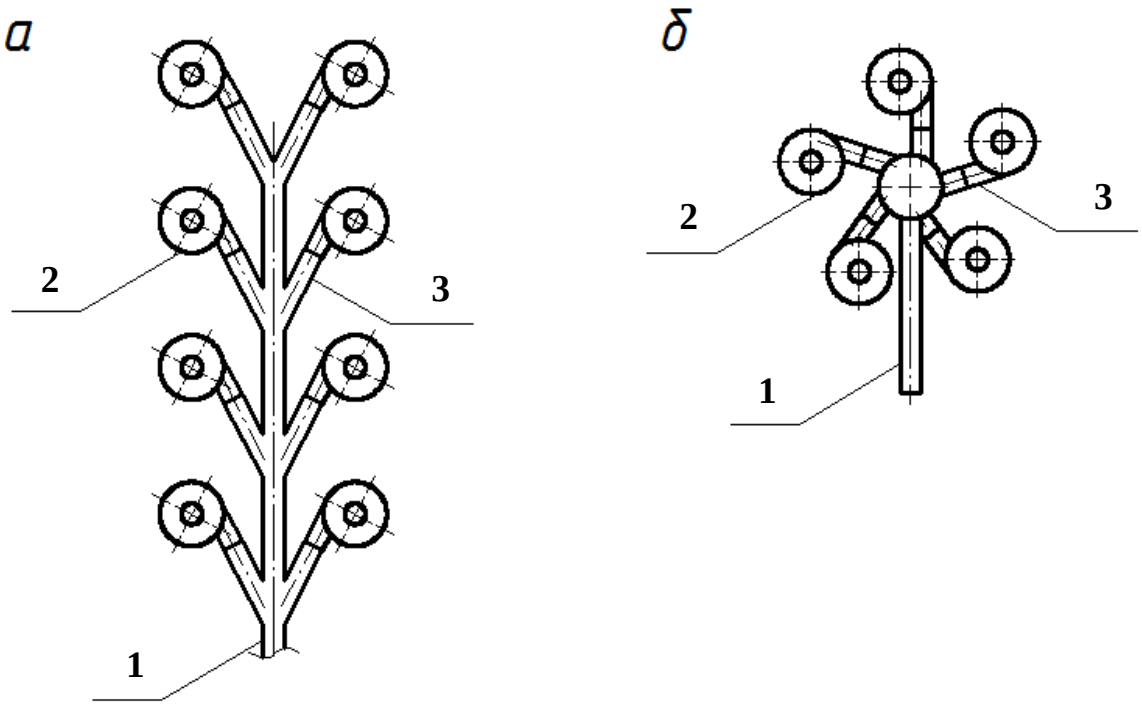


Рисунок 1.4 – Примеры расположения гидроциклонов «ёлочкой» (а) и «звездой» (б):
1 – питающая труба; 2 – гидроциклоны; 3 – подводящие патрубки

При расположении «ёлочкой» (рисунок 1.4,а) гидроциклоны размещаются в один или два ряда, для сбора и транспортирования песков в мельницу снизу гидроциклонов предусматриваются наклонные желоба. При большом количестве гидроциклонов их размещение «ёлочкой» приводит к существенному повышению уровня установки гидроциклонов и, следовательно, к увеличению высоты здания.

При расположении «звездой» гидроциклоны размещаются вокруг вертикальной подающей трубы. При этом гидроциклоны устанавливаются наклонно по отношению к вертикальной оси песковыми насадками к центру приёмной воронки песков (рисунок 1.5).

Такое расположение гидроциклонов обеспечивает более компактную компоновку оборудования в отделении измельчения.

Зумпфы с насосами в отделениях измельчения рекомендуется устанавливать в пролёте измельчения около разгрузки мельницы. При наличии электротехнического пролёта между отделениями измельчения и обогащения зумпфы с насосами могут быть установлены на нижней отметке этого пролёта.



Рисунок 1.5 – Расположение гидроциклонов «звездой»

Для ремонта оборудования в отделении измельчения предусматриваются ремонтно-монтажные площадки (РМП), которые располагаются в торце пролёта измельчения. На РМП располагаются стенды для перефутеровки, для хранения мельниц, для ремонта и хранения гидроциклонов, бункеры для измельчающих тел, стенд для ремонта насосов, контейнеры для шаров, футеровки и металлолома.

На РМП предусматривается раздельное хранение шаров по крупности, наличие контейнеров для их транспортировки к мельницам, магнитных шайб для разгрузки контейнеров, дозирующих устройств для подачи шаров в мельницы, специальная дозирующая машина для загрузки стержней. Для сортировки изношенных шаров предусматривается установка барабанного грохота с заданными размерами отверстий и контейнера для шаров.

Расходные бункеры для измельчающих тел должны иметь десятисуточный запас и вместимость по массе не более 1000 т.

Площади ремонтно-монтажных площадок зависят от типоразмеров и количества мельниц, от способа их ремонта. Применение того или иного способа ремонта мельниц зависит от числа мельниц, срока службы футеровки, времени, необходимого на замену вращающейся части и футеровки мельницы.

Используют следующие способы ремонта мельниц: 1 – ремонт на месте установки (индивидуальный); 2 – стендовый ремонт вра-

щающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мелющих тел и пульпы на месте установки; 3 – стендовый ремонт вращающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мелющих тел и пульпы на ремонтной площадке.

Ориентировочно площадь ремонтно-монтажных площадок в пролёте измельчения может быть определена из таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Площадь ремонтно-монтажных площадок пролётов измельчения, м^2

Диаметр мельницы, мм	Число мельниц в пролёте					
	6	12	18	24	30	36
2700	311	432	540	648	756	864
3200	432	576	720	864	1008	1152
3600	576	720	864	1008	1152	1296
4000	720	900	1080	1260	1440	1728
4500	900	1080	1260	1440	1728	2016
5500	900	1080	1260	1448	1728	2016

Применяемый в проекте способ ремонта мельниц влияет на выбор грузоподъёмных средств и организацию ремонтной службы. При количестве однотипных мельниц менее 6 обычно осуществляется ремонт мельниц на месте (способ 1), грузоподъёмность крана определяется массой наиболее тяжёлого узла мельницы. При количестве мельниц 6-12 рекомендуется метод ремонта на стенде РМП (способ 2), при котором грузоподъёмность крана определяется массой вращающейся части мельницы без шаров и пульпы. При количестве мельниц более 12 применяется метод ремонта на стенде по способу 3, при котором грузоподъёмность крана определяется по массе вращающейся части мельницы с шарами и пульпой.

В таблице 1.2 приведены значения рекомендуемой грузоподъёмности мостовых кранов для указанных выше способов ремонта мельниц.

При общем числе мельниц в пролёте измельчения более 8 необходимо принимать к установке кроме крана наибольшей грузоподъёмности один или два крана меньшей грузоподъёмности для текущего обслуживания работающих мельниц. Если краны устанавливаются на одних подкрановых путях, то кран наибольшей грузоподъёмности устанавливается между вспомогательными кранами. Если краны устанавливаются в два яруса, то кран меньшей грузоподъёмности устанавливается выше основного крана. Недостатком такого решения является увеличение высоты здания.

Таблица 1.2 – Рекомендуемая грузоподъёмность кранов в пролётах измельчения

Типоразмер мельницы	Рекомендуемая грузоподъёмность крана, т, при способах ремонта		
	1	2	3
МСЦ-900 × 1800	5	5	10
МСЦ-1500 × 3000	5	20	32
МСЦ-2100 × 2200	5	50	80
МСЦ-2100 × 3000	5	50	80
МСЦ-2700 × 3600	10	80	100
МСЦ-3200 × 4500	20	120	200
МСЦ-3600 × 4500	32	160	250
МСЦ-3600 × 5500	32	160	250
МСЦ-4000 × 5500	50	200	320
МСЦ-4500 × 6000	80	200	500
МШР-1500 × 1600	5	16	20
МШР-2100 × 1500	5	32	50
МШР-2100 × 2200	5	32	50
МШР-2100 × 3000	5	50	80
МШР-2700 × 2100	10	80	80
МШР-2700 × 3600	10	80	120
МШР-3200 × 3100	32	100	160
МШР-3600 × 4000	50	120	250
МШР-3600 × 5000	50	160	250
МШР-4000 × 5000	80	200	320
МШР-4500 × 5000	80	250	2 × 250
МШЦ-900 × 1800	5	5	5
МШЦ-1500 × 3000	5	20	35
МШЦ-2100 × 2200	5	32	50
МШЦ-2100 × 3000	5	32	50
МШЦ-2700 × 3600	10	80	120
МШЦ-3200 × 3100	32	100	160
МШЦ-3200 × 4500	32	120	200
МШЦ-3600 × 4000	32	120	200
МШЦ-3600 × 5500	32	160	250
МШЦ-4000 × 5500	50	200	320
МШЦ-4500 × 6000	80	250	2 × 250
МШЦ-5500 × 6500	120	2 × 320	-

При разработке компоновочного решения отделения измельчения с целью облегчения перекрытия здания и снижения стоимости мостовых кранов необходимо стремиться к минимальной ширине пролёта измельчения. Общая длина отделения измельчения должна быть увязана с длиной отделения обогащения.

Для ремонта оборудования в отделениях измельчения вместо стационарных мостовых кранов могут применяться автомобильные или железнодорожные краны. Преимуществом автомобильных кра-

нов перед железнодорожными является мобильность, маневренность, малые габариты, возможность проезда без монтажа рельсов.

Примеры компоновочных решений отделения измельчения со стрежневыми и шаровыми мельницами приведены ниже.

На рисунке 1.6 приведён пример компоновочного решения отделения измельчения при использовании в первой стадии измельчения стержневой мельницы, работающей в открытом цикле, а во второй стадии – шаровых мельниц, работающих в замкнутом цикле с гидроциклонами.

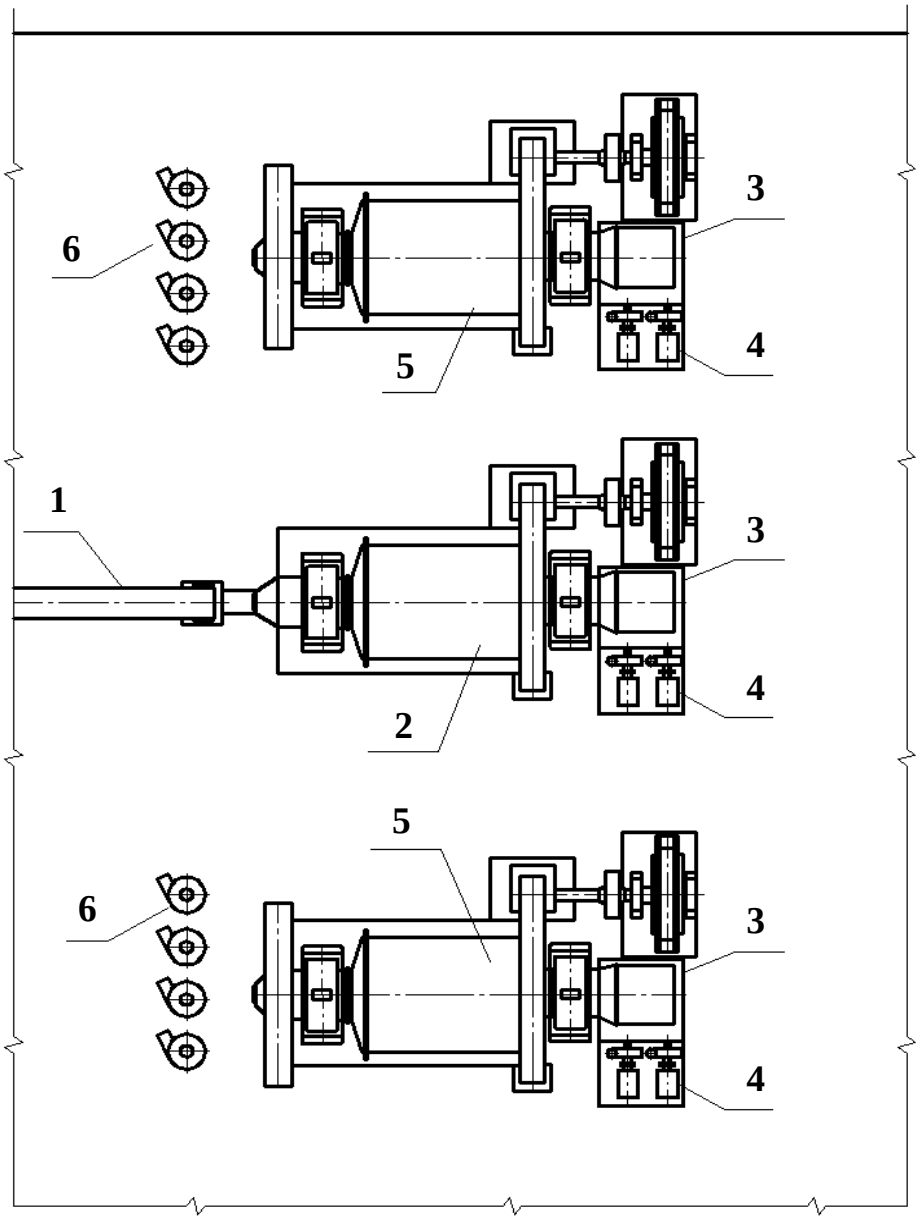


Рисунок 1.6 – Компоновочное решение отделения измельчения с использованием в первой стадии измельчения стержневой и во второй стадии – шаровых мельниц: 1 – конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – зумпфы; 4 – песковые насосы; 5 – шаровые мельницы; 6 – гидроциклоны

2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения

Компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамоизмельчения отличаются тем, что не предусматриваются бункеры или склады мелкодроблёной руды, а крупнодроблёная руда в мельницы подаётся со склада крупнодроблёной руды. Мельницы само- и полусамоизмельчения компонуются в одном пролёте по однорядной схеме при расположении мельниц перпендикулярно продольной оси отделения измельчения.

Пример компоновочного решения отделения измельчения с установкой мельниц самоизмельчения приведён на рисунке 2.1.

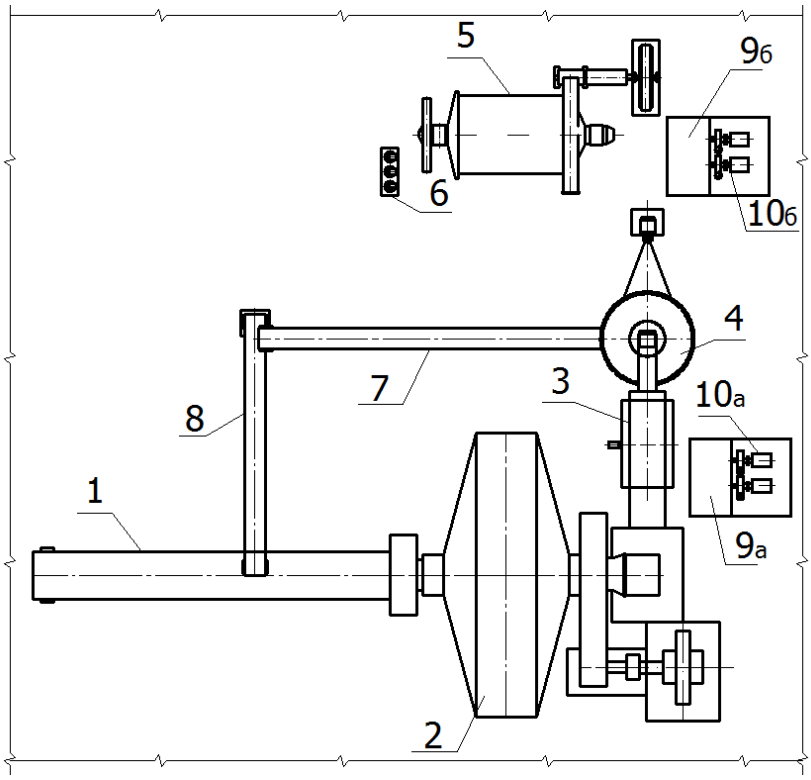


Рисунок 2.1 – Компоновочное решение отделения измельчения с установкой мельницы самоизмельчения и шаровой мельницы:
1, 7, 8 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 –грохот самобалансный; 4 – дробилка конусная; 5 –мельница шаровая; 6 – гидроциклоны; 9 – зумпфы; 10 – насосы

Руда ленточным конвейером 1 подаётся в мельницу самоизмельчения 2. На выходе из мельницы самоизмельчённая руда поступает в бутару, из которой верхний продукт самотёком поступает на самобалансный грохот 3, а нижний продукт бутары через зумпф 9а насосами 10а перекачивается в шаровую мельницу 5. Измельчённая руда подаётся в гидроциклоны 6. Пески гидроциклонов 6 поступают

на доизмельчение в шаровую мельницу, а слив в зумпф 9б и насосами 10 б на дальнейшую переработку. Верхний продукт самобалансного грохота 3 поступает в конусную дробилку 4. Дроблёная руда и нижний продукт самобалансного грохота 3 объединяются и системой конвейеров 7, 8 подаются в мельницу самоизмельчения.

При двухстадиальной схеме с измельчением разгрузки мельниц самоизмельчения в шаровых мельницах используется двухрядное расположение мельниц в одном пролёте либо расположение мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением во второй стадии при расположении мельниц в одном пролёте приведён на рисунке 2.2.

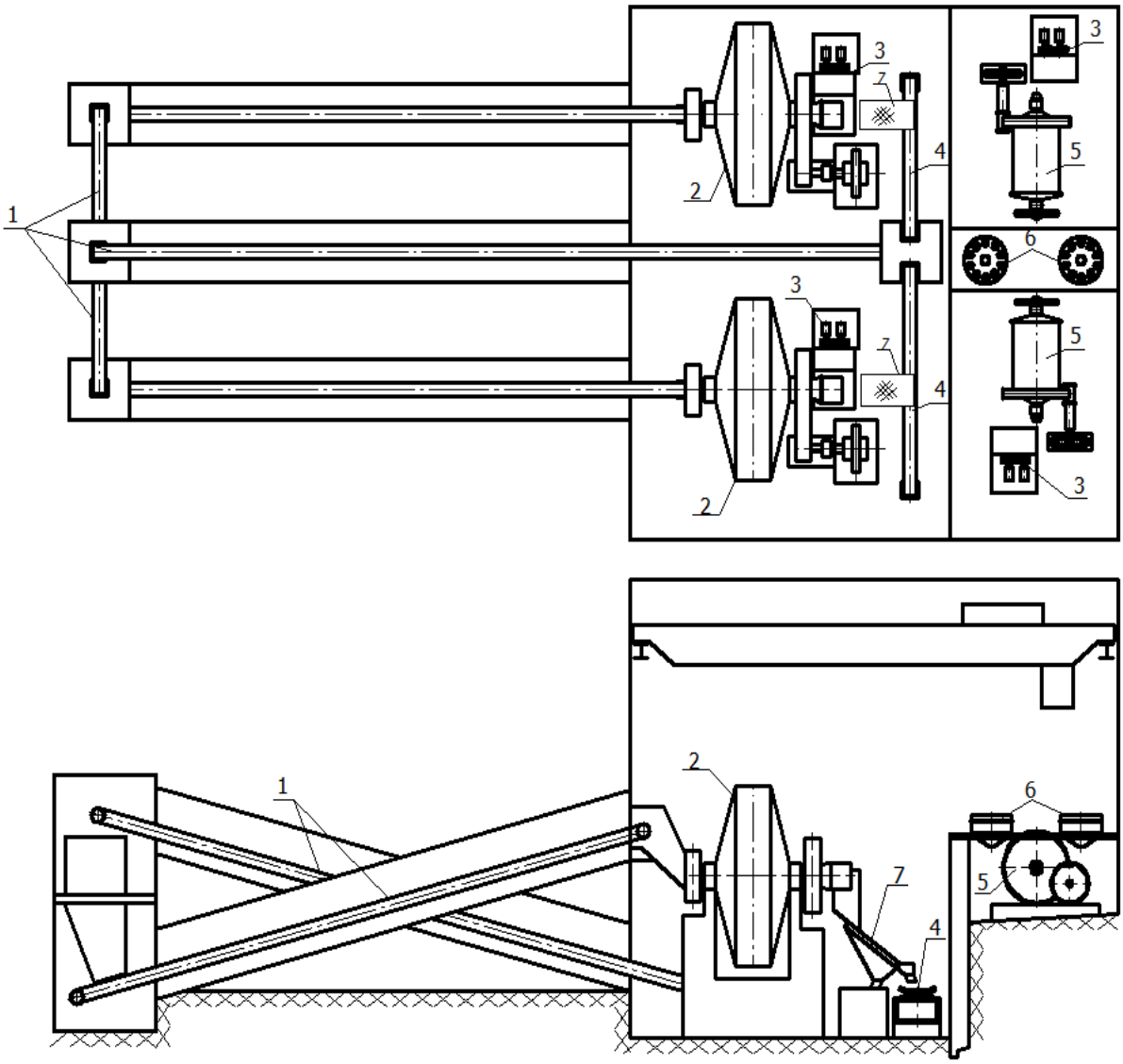


Рисунок 2.2 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения при расположении мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролетах:
1, 4 – конвейеры ленточные; 2 – мельницы самоизмельчения; 3 – зумпфы с насосами; 5 –мельницы шаровые; 6 – гидроциклоны; 7 – грохоты самобалансные

Такая компоновка позволяет мельницам самоизмельчения работать с любой из шаровых мельниц.

Двухрядная компоновка мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах рекомендуется в случае крутонаклонных промплощадок при самотёчной подаче измельчённого продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые мельницы.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые приведён на рисунке 2.3.

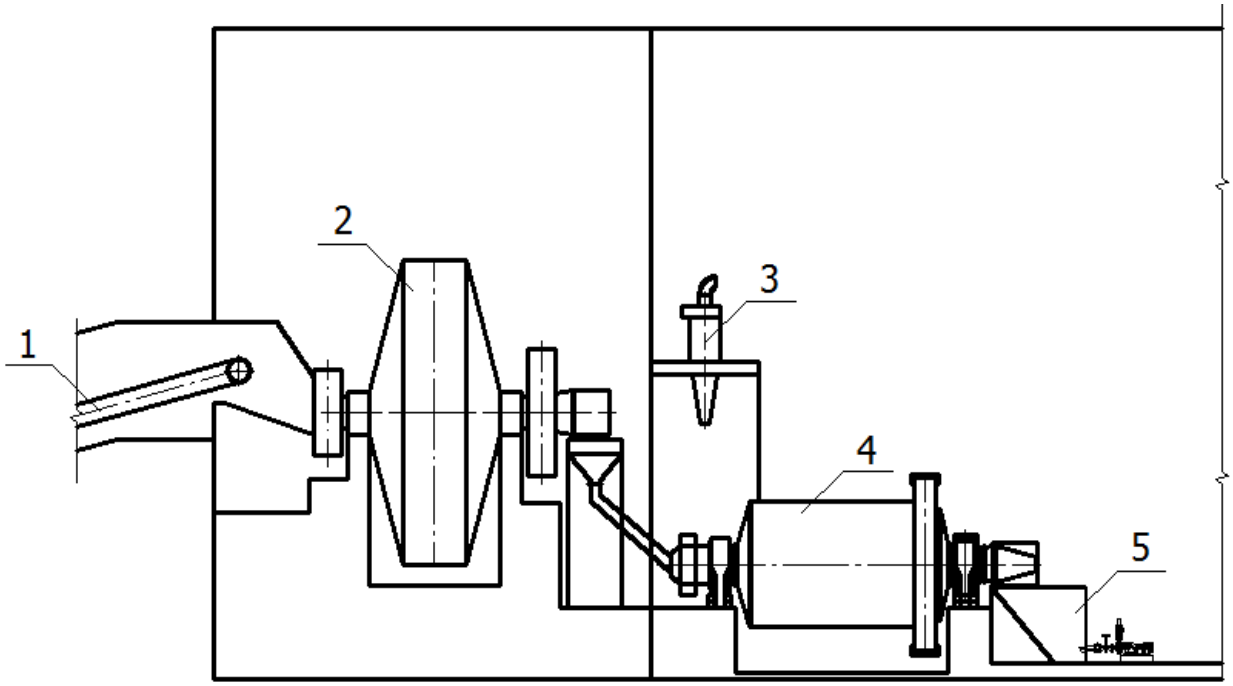


Рисунок 2.3 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного материала из мельницы самоизмельчения в шаровую мельницу:
1 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 – гидроциклоны; 4 –мельница шаровая; 5 – зумпф с насосами

В компоновочном решении, когда в схемах самоизмельчения предусматривается додрабливание фракций критической крупности, конусные дробилки располагаются непосредственно у разгрузки мельницы самоизмельчения, отдельно стоящие в следующем пролёте или в отдельном цехе додрабливания.

Для ремонта мельниц самоизмельчения применяется метод ремонта на месте. Грузоподъёмность крана даже при индивидуальном методе ремонта может достигать 100 т. Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения

Метод ремонта	Грузоподъёмность крана, т	
	мельница ММС 70×23А	мельница ММС 20×30А
Индивидуальный	50	100
Машиносменный	500	–

Таким образом, компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамоизмельчения характеризуются отсутствием бункерных пролётов и подачей руды в мельницы.

3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления

Измельчающие валки высокого давления (ИВВД), в зарубежной практике называемые «роллер-прессами», находят всё более широкое применение в сфере обогащения минерального сырья для измельчения кимберлитов, железной руды, известняка, медных и золотосодержащих руд, для тонкого измельчения, например цемента.

Так, количество ИВВД к 2005 году достигло в алмазной промышленности 25, в железорудной – 20 штук. ИВВД могут быть использованы в схемах само- и полусамоизмельчения, дробления и шарового измельчения.

В схемах дробления и измельчения материалов в ИВВД для обеспечения равномерности питания предусматривается использование приёмного устройства в виде питающего бункера с питателем. В схемах само- и полусамоизмельчения ИВВД используются для измельчения трудных классов крупности.

Пример схемы цепей аппаратов рудоподготовки с додрабливанием и измельчением в ИВВД трудных классов крупности приведён на рисунке 3.1. Схема цепей аппаратов включает саморазгружающиеся вагоны 1, приёмный бункер 2, пластинчатый питатель 3, конусную дробилку 4, магистральный конвейер 5, мельницу самоизмельчения 6, конвейеры 7, 9, 11, конусную дробилку среднего дробления 8, измельчающие валки высокого давления 10, шаровую мельницу 12, зумпф 13 с насосами, гидроциклоны 14.

Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого пластинчатым питателем 3 подаётся в конусную дробилку крупного дробления 4. Дроблёный продукт из конусной дробилки 4 с помощью магистрального

конвейера 5 подается в мельницу самоизмельчения 6. Трудные классы крупности (верхний продукт бутары мельницы полусамоизмельчения) конвейером 7 подаётся в конусную дробилку среднего дробления 8, дроблёный продукт которой конвейером 9 подаётся в измельчающие валки высокого давления 10. Измельчённый продукт мельницы самоизмельчения 6 самотёком направляется в шаровую мельницу 12, работающую через зумпфы 13 с гидроциклонами 14.

Использование ИВВД в такой схеме позволяет увеличить производительность цикла рудоподготовки на 30-50 % и снизить количество шаровых мельниц.

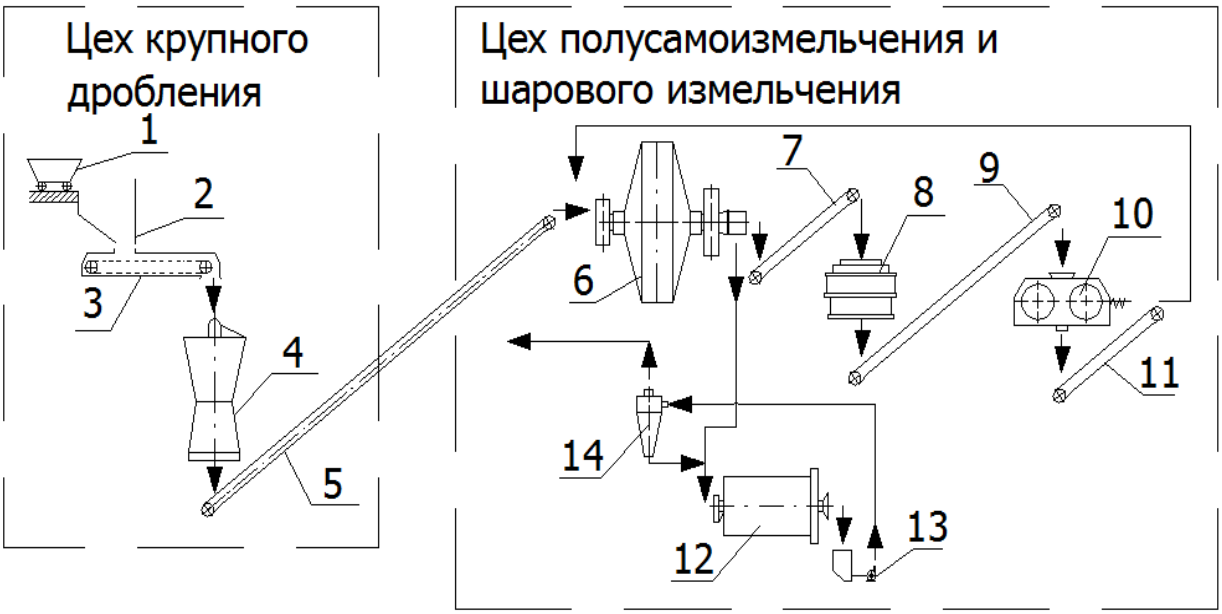


Рисунок 3.1 – Схема цепей аппаратов рудоподготовки с додрабливанием и измельчением в ИВВД трудных классов крупности мельниц самоизмельчения: 1 – саморазгружающийся вагон; 2 – приёмный бункер; 3 – пластинчатый питатель; 4 – конусная дробилка крупного дробления; 5 – магистральный конвейер; 6 – мельница самоизмельчения; 7, 9, 11 – конвейер; 8 – конусная дробилка среднего дробления; 10 – измельчающие валки высокого давления; 12 – шаровая мельница; 13 – зумпф с насосами; 14 – гидроциклоны

При наличии в схеме нескольких мельниц самоизмельчения между цехами дробления и самоизмельчения предусматривается использование склада крупнодроблёной руды, с подачей из которого руды на каждую мельницу самоизмельчения своим конвейером. При большом количестве мелких классов крупности в исходном питании перед конусной дробилкой крупного дробления при специальном обосновании могут быть применены грохоты, нижний продукт которых направляется непосредственно в мельницы самоизмельчения ли-

бо конвейерным транспортом, либо при большом уклоне местности самотёком.

В схемах дробления ИВВД находят применение в третьей или четвёртой стадии дробления. Использование ИВВД в третьей стадии дробления параллельно мельнице полусамоизмельчения позволяет увеличить производительности цикла по готовому классу и снизить количество используемых после дробления и полусамоизмельчения шаровых мельниц. Пример схемы цепей аппаратов рудоподготовки с использованием ИВВД параллельно мельнице полусамоизмельчения приведён на рисунке 3.2. Схема цепей аппаратов включает саморазгружающиеся вагоны 1, приёмный бункер 2, конусную дробилку крупного дробления 3, конусную дробилку среднего дробления 4, магистральный конвейер 5, склад среднедроблёной руды 6, магистральные конвейеры 7, 8, мельницу мокрого полусамоизмельчения 9, ИВВД 10, зумпфы 11, 15 с насосами, гидроциклоны 12, 16, конвейер 13, шаровую мельницу 14.

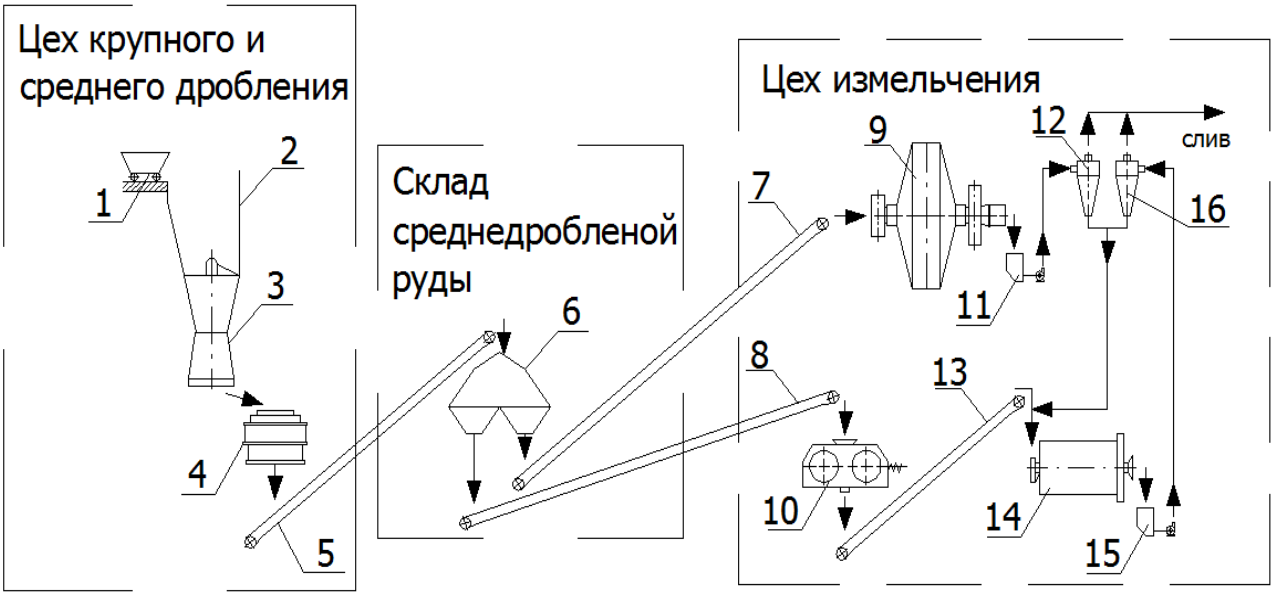


Рисунок 3.2 – Схема цепей аппаратов рудоподготовки с использованием ИВВД параллельно мельнице полусамоизмельчения: 1 – саморазгружающиеся вагоны; 2 – приёмный бункер; 3 – конусная дробилка крупного дробления; 4 – конусная дробилка среднего дробления; 5 – магистральный конвейер; 6 – склад среднедроблёной руды; 7, 8, 13 – конвейеры; 9 – мельница полусамоизмельчения; 10 – ИВВД; 11, 15 – зумпфы с насосами; 12, 16 – гидроциклоны; 14 – шаровая мельница

Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого попадает в конусную дробилку крупного дробления 3. Дроблёный продукт дробилки 3 самотёком направляется в конусную дробилку среднего дробления 4.

Среднедроблёная руда из дробилки 4 с помощью магистрального конвейера 5 направляется в склад среднедроблёной руды 6. Из склада 6 руда параллельно конвейерами 7 и 8 подаётся соответственно в мельницу мокрого полусамоизмельчения 9 и в ИВВД 10. Из мельницы полусамоизмельчения 9 измельчённый продукт с помощью зумпфа 11 с насосами направляется в гидроциклоны 12, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Из ИВВД 10 доизмельчённый продукт с помощью конвейера 13 также направляется в шаровую мельницу 14, работающую через зумпф 15 с насосами в замкнутом цикле с гидроциклонами 16, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Сливы гидроциклонов 12 и 16 направляются в операции обогащения.

ИВВД при большом их количестве могут быть выделены в отдельный цех.

В схемах тонкого измельчения материалов ИВВД могут использоваться как в качестве самостоятельной стадии измельчения, так и в качестве предварительной стадии измельчения перед измельчением в шаровых мельницах. Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию приведён на рисунке 3.3. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер 1 с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7.

Исходное питание из питающего бункера 1 с помощью питателя 2 подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого подаётся в дезинтегратор. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 за счёт разряжения, создаваемого вентилятором 7, транспортируется в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух. Песковая фракция воздушного сепаратора возвращается в ИВВД. Такая схема может быть использована при измельчении мягких пород, отличается пониженным расходом электроэнергии.

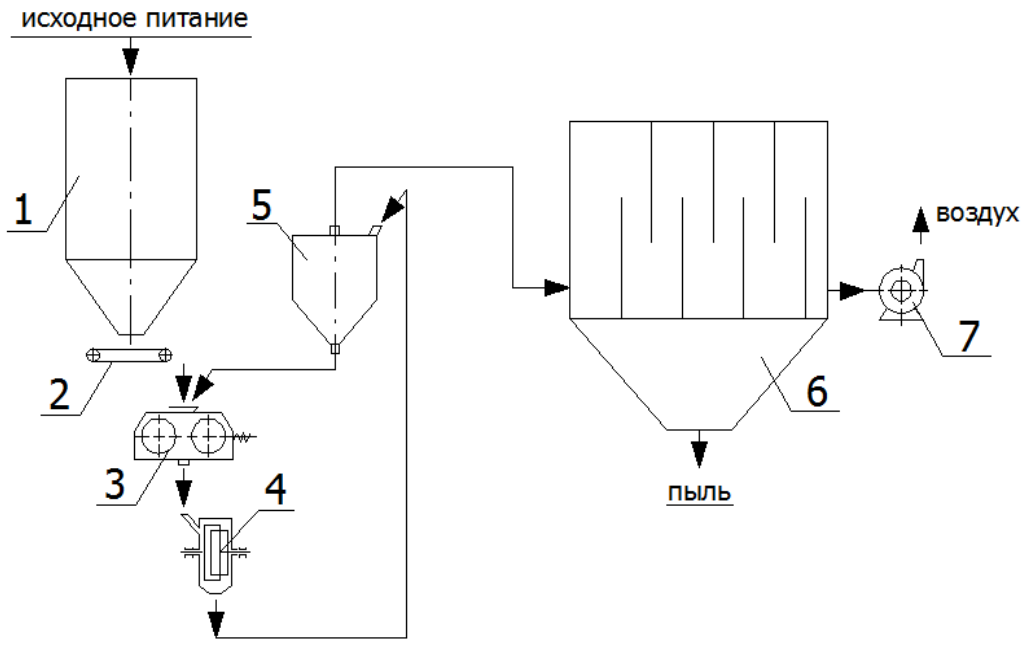


Рисунок 3.3 – Схема цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию: 1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – дезинтегратор; 5 – воздушный сепаратор; 6 – пылеуловитель; 7 – вентилятор

Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов с предварительным измельчением в ИВВД приведён на рисунке 3.4. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7, шаровую мельницу 8. Исходное питание из питающего бункера 1 питателями подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого направляется в дезинтегратор 4. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 направляется в воздушный сепаратор 5.

Песковая фракция сепаратора 5 направляется в шаровую мельницу 8, измельчённый продукт которой возвращается в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух.

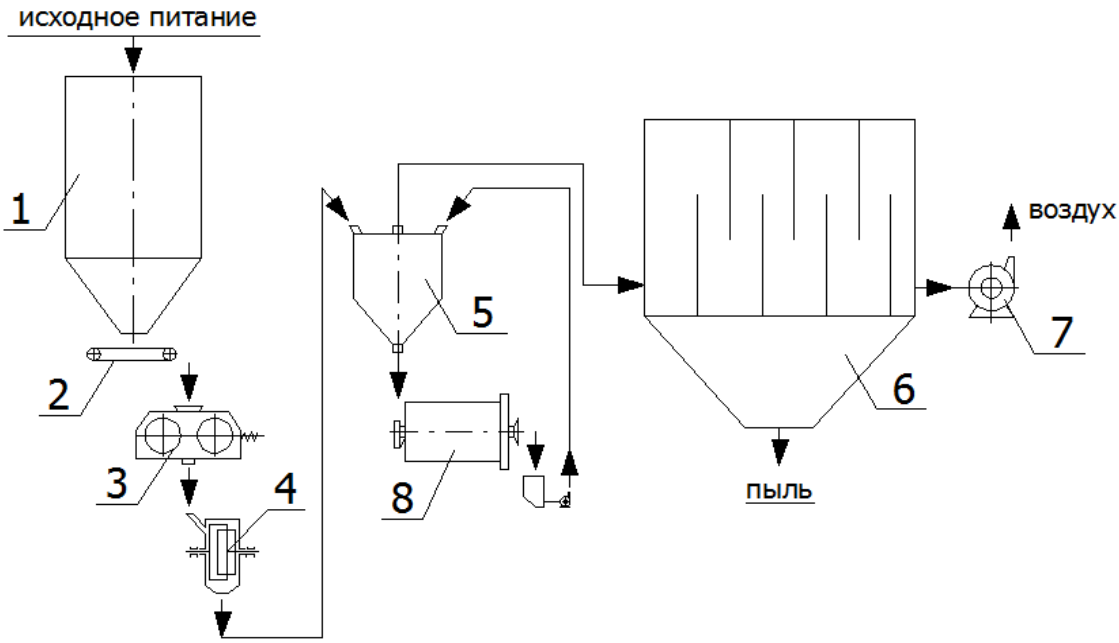


Рисунок 3.4 – Схема цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов
с предварительным измельчением в ИВВД:
1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – дезинтегратор;
5 – воздушный сепаратор; 6 – пылеуловитель; 7 – вентилятор; 8 – шаровая мельница

Пример схемы цепей аппаратов для тонкого двухстадиального измельчения с использованием ИВВД параллельно шаровой мельнице приведён на рисунке 3.5. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер 1 с питателем 2, ИВВД 3, воздушный сепаратор 4, пылеуловитель 5, вентилятор 6, шаровую мельницу 7. Исходное питание из питающего бункера 1 питателем 2 подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого направляется в шаровую мельницу 7. Измельчённый продукт мельницы 7 направляется в воздушный сепаратор 4. Тонкие фракции воздушного сепаратора 4 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 5, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух. Песковая фракция воздушного сепаратора 4 направляется параллельно в ИВВД 3 и в шаровую мельницу 7. Достоинством данной схемы является исключение дезинтегратора, поскольку агломераты, образующиеся в ИВВД, диспергируются в шаровой мельнице.

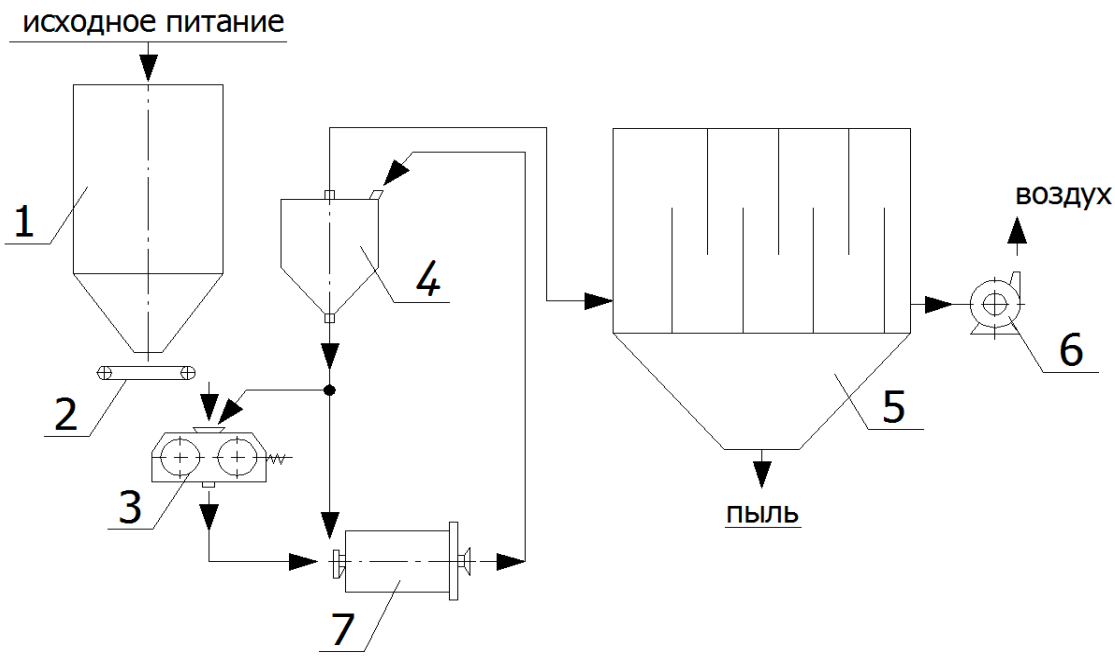


Рисунок 3.5 – Схема цепей аппаратов для тонкого двухстадиального измельчения материалов с использованием ИВВД параллельно шаровой мельнице:
1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД: 4 – воздушный циклон;
5 – пылеуловитель; 6 – вентилятор; 7 – шаровая мельница

Однолинейная схема компоновки ИВВД предусматривает расположение ИВВД по одну сторону питающих бункеров с последовательным чередованием измельчающих валков и двигателей (рисунок 3.6). Схема с чередованием модулей предусматривает размещение машин поочерёдно по обеим сторонам питательных бункеров (рисунок 3.7).

Предпочтительной является компоновка ИВВД с чередованием модулей, которая отличается простотой обслуживания, более простой конвейерной системой.

Компоновочные решения по размещению в цехе ИВВД зависят от количества аппаратов. При компоновке одного аппарата ИВВД обычно измельчающие валки размещают в одном помещении, а двигатели – в смежном помещении.

При большом количестве ИВВД предусматриваются однолинейная схема компоновки и схема с чередованием модулей.

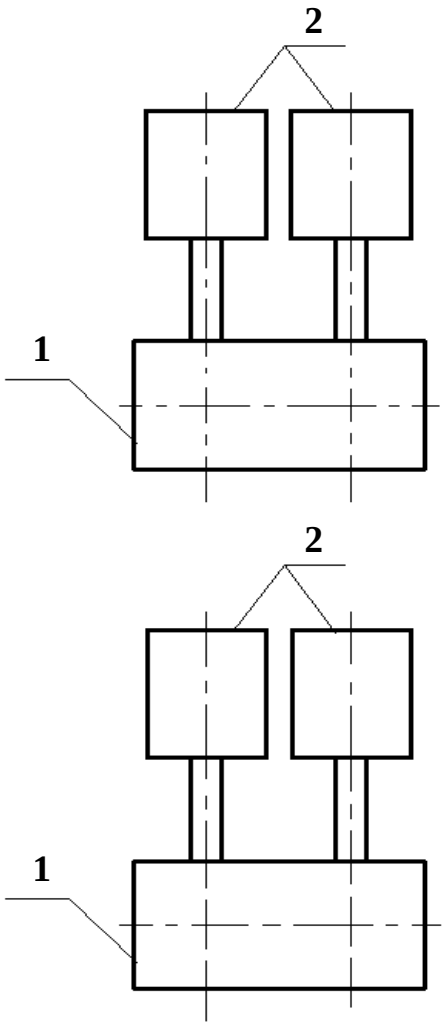


Рисунок 3.6 – Однолинейная схема компоновки ИВВД:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

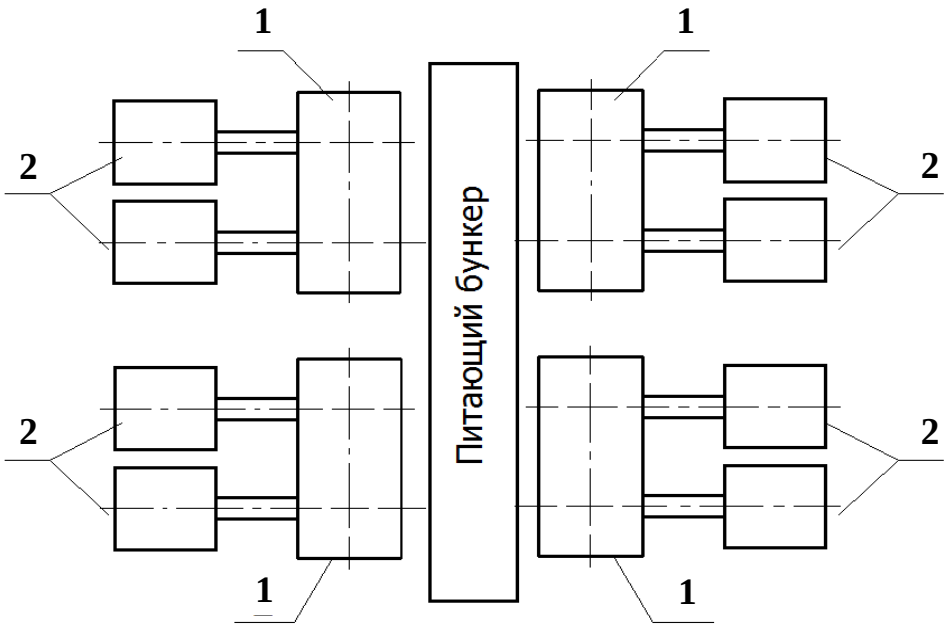


Рисунок 3.7 – Схема компоновки ИВВД с чередованием модулей:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики

Пример 1. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в одном пролете на разных уровнях.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.1. Оно включает магистральный конвейер 1, шаровую мельницу 2, гидроциклоны 3, стержневую мельницу 4, зумпф с насосами 5 и мостовой кран 6. Мелкодробленая руда подаётся в шаровую мельницу 2 магистральным конвейером 1. Руда из шаровой мельницы 2 попадает в стержневую мельницу 4 самотеком, измельченная руда поступает в зумпф 5 и с помощью насосов подается в гидроциклоны 3, пески которых самотеком подаются на доизмельчение в стержневую мельницу 4, а слив – на обогащение.

Достоинствами предлагаемого компоновочного решения является компактное размещение оборудования в цехе измельчения, возможность обслуживания оборудования одним краном, возможность реализации данного решения при любом количестве мельниц.

Пример 2. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением работающих в открытом цикле стержневых и шаровых мельниц в разных пролетах.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.2. Оно включает конвейер со сбрасывающей тележкой 1, распределительный бункер 2, ленточные питатели 3, ленточные конвейеры 4, 10, 11, стержневые мельницы 5, шаровые мельницы 6, зумпфы с насосами 7, мостовые краны 8, 9 и кран-балку 12. Мелкодробленая руда подаётся в распределительный бункер 2 при помощи ленточных конвейеров 10, 11 и конвейера со сбрасывающей тележкой 1. Руда из распределительного бункера 2 направляется в стержневые мельницы 5 при помощи ленточных питателей 3 и ленточных конвейеров 4. Измельчённая руда из стержневой мельницы 5 самотёком поступает на измельчение в шаровую мельницу 6, из которой при помощи зумпфа с насосами подается на обогащение.

Данное компоновочное решение может быть эффективно использовано при наличии уклона местности, когда мельницы первой и второй стадий измельчения можно располагать каскадно. При работе шаровых мельниц в замкнутом цикле предусматривается установка гидроциклонов.

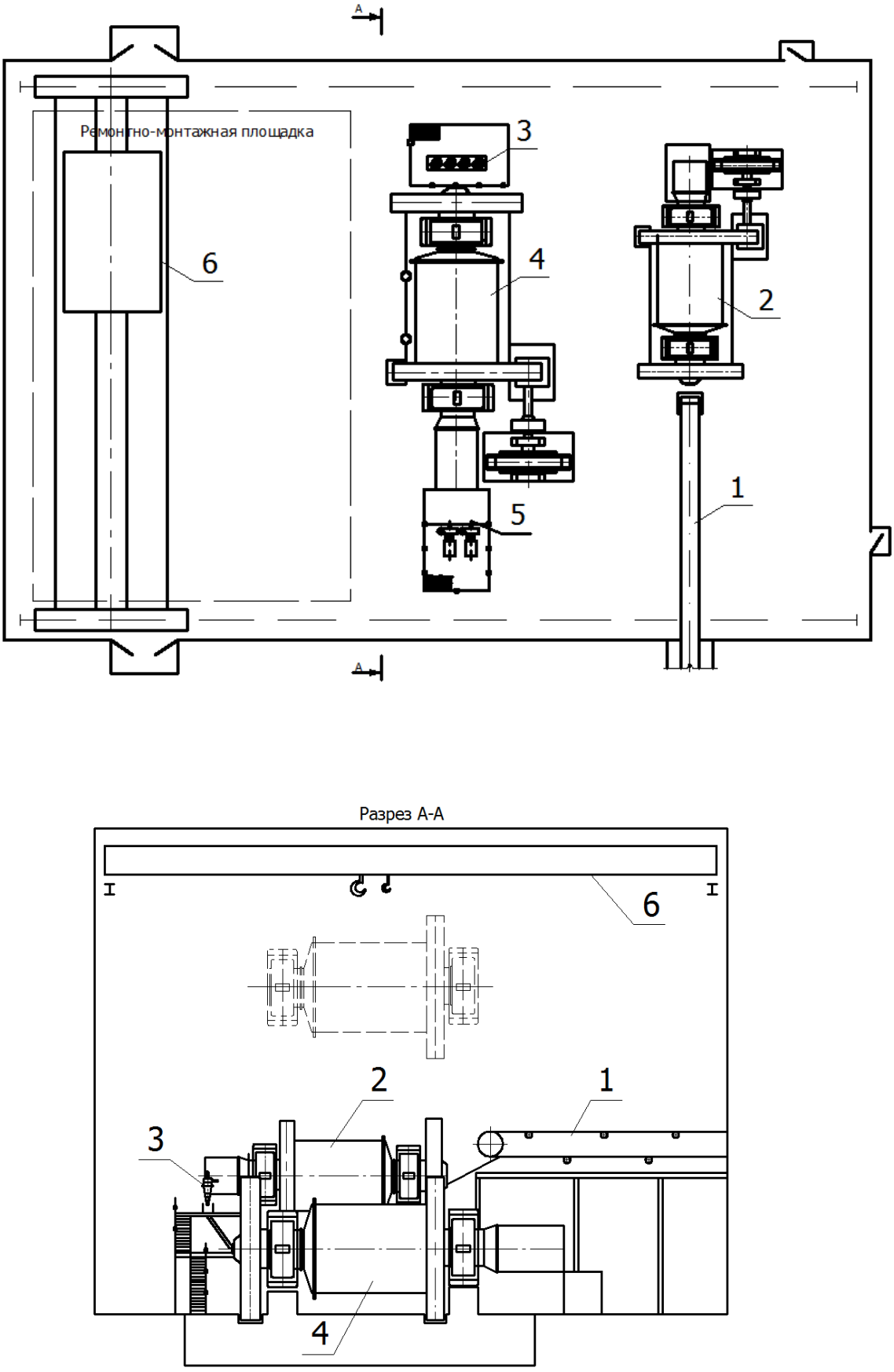


Рисунок 4.1 – Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельницы в одном пролете на разных уровнях:
1 – магистральный конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – гидроциклон;
4 – шаровая мельница; 5 – зумпф с насосами; 6 – мостовой кран

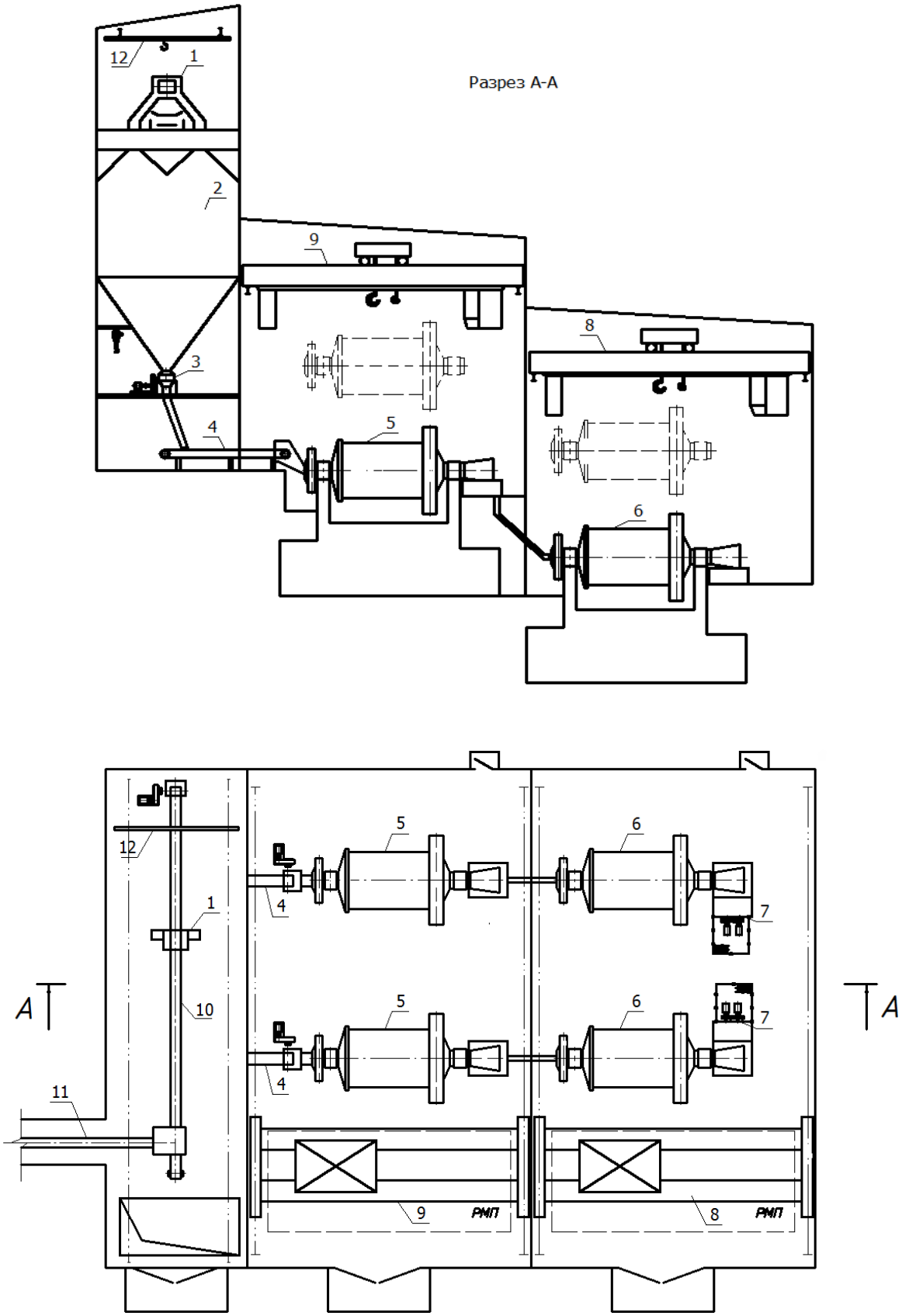


Рисунок 4.2 – Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в разных пролетах:
1 – конвейер со сбрасывающей тележкой; 2 – распределительный бункер;
3 – ленточный питатель; 4, 10, 11 – ленточный конвейер; 5 – стержневые мельницы;
6 – шаровые мельницы; 7 – зумпфы с насосами; 8, 9 – мостовой кран; 12 – кран-балка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик.

На основе рассмотрения общих принципов компоновки оборудования на обогатительных фабриках рассмотрены особенности размещения оборудования в бункерных пролетах и пролетах измельчения.

Рассмотрены варианты компоновочных решений отделений измельчения стержневых и шаровых мельницах, отделения измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления.

Все варианты компоновочных решений сопровождаются примерами с рассмотрением их достоинств и недостатков, областей применения.

Для вариантов компоновки оборудования в отделения двухстадиального измельчения в стержневых и шаровых мельницах приведены примеры компоновочных решений с размещением стержневых и шаровых мельниц в одном и разных пролетах измельчения.

Достоинством учебно-методического пособия является широкое рассмотрение вариантов компоновочных решений.

Материалы, изложенные в учебно-методическом пособии, позволяют студентам получить необходимые знания в области компоновки оборудования в цехах измельчения на современном уровне, освоить необходимые компетенции, справиться с задачами компоновки оборудования при выполнении практических работ, курсовых и дипломных проектов и работ.

Учебно-методическое пособие может быть использовано работниками проектных организаций и промышленных предприятий в их производственной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Адамов Э. В. Основы проектирования обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 647 с.

Иванов Э. Э. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. – 157 с.

Морозов Ю. П., Водовозов К. А., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик: методические указания и задания для практических занятий по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения / Ю. П. Морозов, К. А. Водовозов, М. Ю. Киселёв; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 68 с.

Морозов Ю. П., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик. Компоновка оборудования в цехах дробления обогатительных фабрик: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 56 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 1. Состав проекта и порядок проектирования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 304 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 2. Выбор и расчет технологического оборудования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 266 с.

Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 518 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова, Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 1. – М.: Недра, 1988. – 374 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 2. – М.: Недра, 1988. – 341 с.

Федотов К. В., Никольская Н. И. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – 536 с.

Учебное издание

Юрий Петрович Морозов

Павел Михайлович Пеньков

Екатерина Александровна Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 05.04.2017 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 $^{1}/_{16}$.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,875. Уч.-изд. л. 2,2. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.06 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хамидулин И. Х., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«____» _____ 2017 г.
Председатель комиссии

_____ проф. В. П. Барановский

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

УДК 622.7: 622.342
М 80

Рецензент: *Колтунов А. В.*, канд. техн. наук, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 09 февраля 2017 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Морозов Ю. П., Пеньков П. М., Бекчурина Е. А.
М 80 **Проектирование обогатительных фабрик**. Компоновка оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик: учебно-методическое пособие / Ю. П. Морозов, П. М. Пеньков, Е. А. Бекчурина; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2017. – 30 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в отделениях измельчения в шаровых и стержневых мельницах, в отделениях измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления, приведены примеры компоновочных решений отделений измельчения обогатительных фабрик.

Для студентов всех форм обучения специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 21.05.04 – «Горное дело».

УДК 622.7: 622.342

© Уральский государственный горный университет, 2017
© Морозов Ю. П., Пеньков П. М., Бекчурина Е. А., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах 5
2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения 14
3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления 17
4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики 25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 29

ВВЕДЕНИЕ

Компоновка оборудования в отделениях измельчения является важным этапом разработки компоновочных решений цехов обогатительной фабрики. Обычно оборудование для измельчения размещается в отделениях измельчения и доизмельчения главного корпуса обогатительной фабрики. Возможно для сухих методов измельчения компоновочное решение с размещением оборудования в отдельном цехе измельчения.

В учебной литературе по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» приводятся сведения по компоновке оборудования в отделениях измельчения, которые дают только общее представление о компоновочных решениях, не раскрывают правил и условий разработки компоновочных решений.

Настоящее учебно-методическое пособие направлено на упорядочение и углубление знаний по размещению оборудования в отделениях измельчения. Оно включает компоновку оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах, в мельницах само- и полусамоизмельчения, в измельчающих валках высокого давления.

Для отделений измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами рассмотрены правила размещения оборудования в бункерном пролете и в пролетах измельчения. Рассмотрены условия самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором, условия расположения гидроциклонов в отделениях измельчения, условия размещения ремонтно-монтажных площадок, кранов и других грузоподъемных средств.

Для отделений измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения рассмотрены варианты компоновки оборудования при совмещении мельниц само- и полусамоизмельчения с дробилками для додрабливания трудных классов крупности и с шаровыми мельницами во второй стадии измельчения.

Для отделений измельчения в измельчающих валках высокого давления (ИВВД) рассмотрены варианты совместного использования мельниц самоизмельчения с ИВВД, варианты размещения ИВВД в отдельном цехе.

Компоновочные решения отделений измельчения иллюстрируются примерами возможных вариантов компоновки с анализом особенностей, достоинств и недостатков.

1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах

Отделения измельчения в стержневых и шаровых мельницах на обогатительных фабриках обычно включены в состав главного корпуса вместе с отделениями обогащения и отделениями, реализующими вспомогательные процессы.

Отделение измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами включает бункерный пролёт и, в зависимости от количества мельниц, один или два пролёта измельчения.

В бункерном пролёте располагаются распределительный бункер и системы конвейеров для подачи руды в распределительный бункер и для подачи руды из распределительного бункера в мельницы.

Распределение руды по ячейкам распределительного бункера осуществляется чаще всего с помощью конвейера со сбрасывающей тележкой.

Наиболее широко на обогатительных фабриках в отделениях измельчения предусматриваются подвесные параболические бункеры, разгрузка руды из которых осуществляется через выпускные отверстия, расположенные на расстоянии друг от друга 3 или 6 м. Разгрузка руды из бункеров осуществляется на горизонтальные или наклонные ленточные конвейеры, подающие руду в мельницы.

Пример компоновки оборудования в бункерном пролёте отделения измельчения приведён на рисунке 1.1.

Компоновочное решение включает магистральный конвейер 1, конвейер со сбрасывающей тележкой 2, распределительный бункер 3 с питателями 4, сборные конвейеры 5, конвейеры 6, кран-балку 7. Исходная руда магистральным конвейером 1 подаётся на конвейер 2 со сбрасывающей тележкой, который распределяет руду по ячейкам распределительного бункера 3. Руда из ячеек бункера 3 с помощью питателя 4 разгружается на сборные конвейеры 5, далее направляется на конвейеры 6, которые подают руду в мельницы. Количество конвейеров 5 и 6 определяется количеством ячеек в распределительном бункере и мельниц в первой стадии измельчения.

В пролётах измельчения располагаются мельницы, классифицирующее оборудование, зумпфы с насосами, мостовые краны. Мельницы в пролёте измельчения располагаются в один или два ряда перпендикулярно или параллельно оси бункеров.

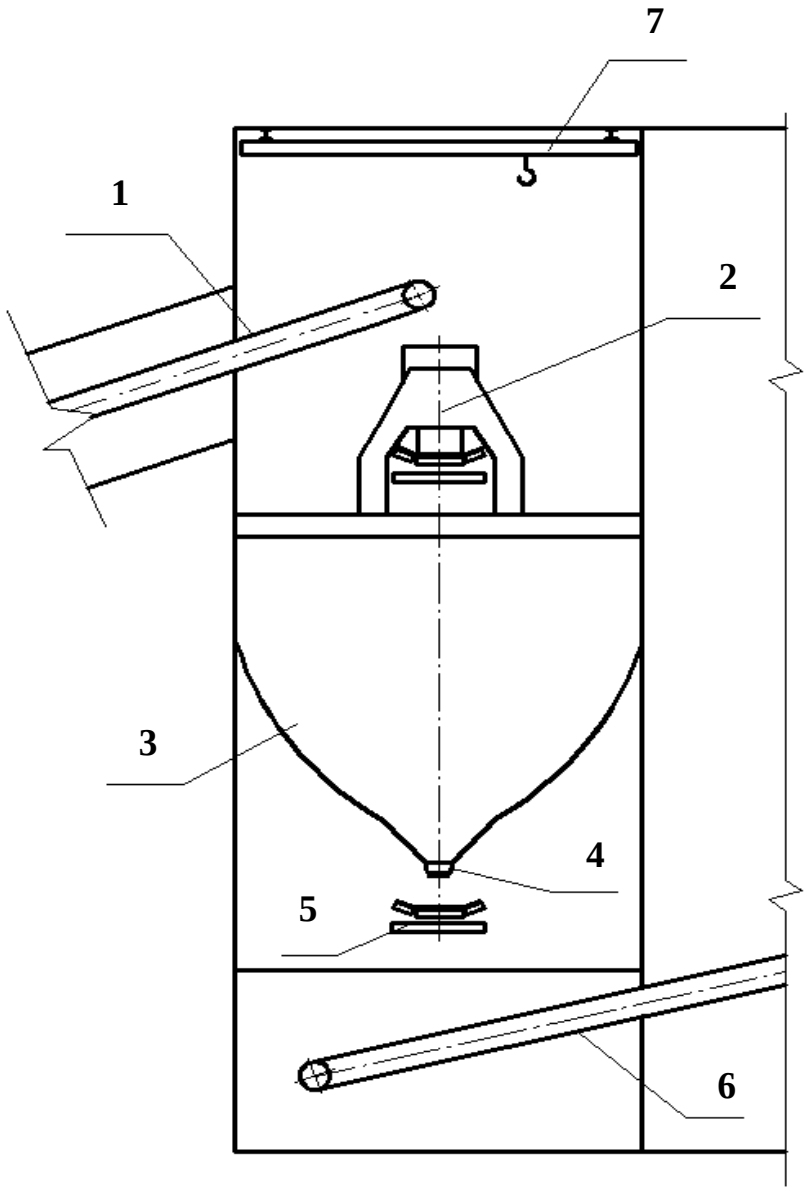


Рисунок 1.1 – Компоновочное решение бункерного пролёта отделения измельчения:
1 – магистральный конвейер; 2 – конвейер со сбрасывающей тележкой;
3 – распределительный бункер; 4 – питатель; 5, 6 – конвейеры; 7 – кран-балка

При размещении стержневых мельниц со стороны разгрузки измельченного материала должно быть предусмотрено свободное пространство для обеспечения загрузки стержней в мельницу. Классифицирующее оборудование располагается по отношению к мельницам таким образом, чтобы обеспечивался самотёк песков в мельницу. Спиральные классификаторы, обеспечивающие самотечный замкнутый цикл измельчения, размещаются параллельно мельнице таким образом, чтобы обеспечить самотёк слива мельницы в спиральный классификатор и песков спирального классификатора в мельницу.

Пример компоновочного узла мельницы со спиральным классификатором при самотёчном замкнутом цикле приведён на рисунке 1.2.

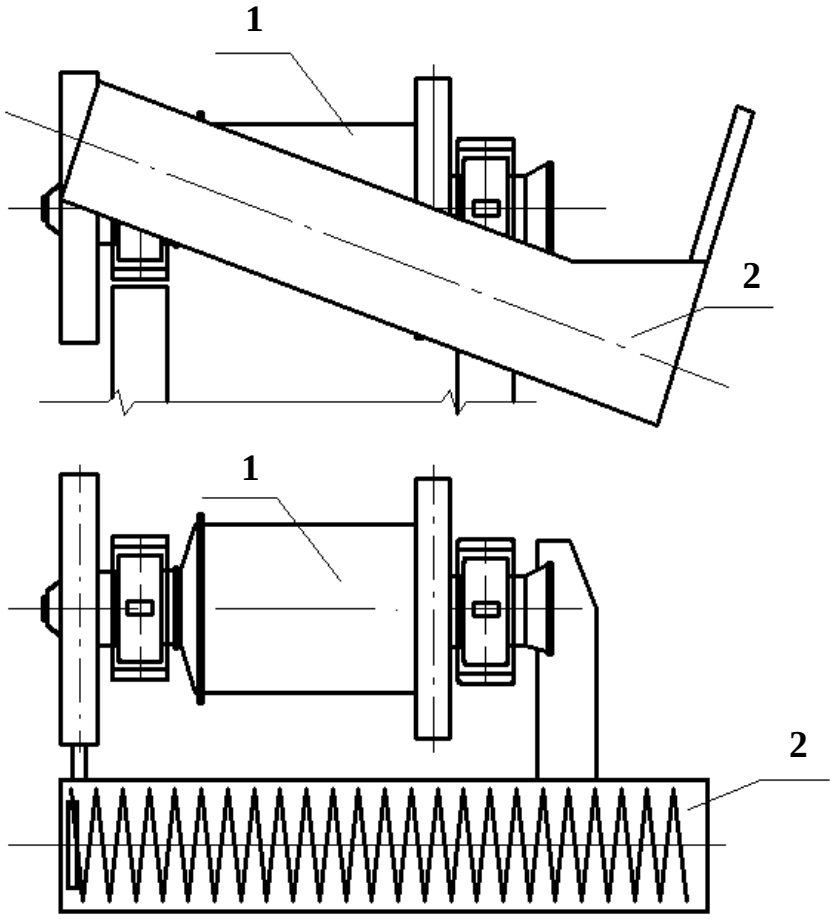


Рисунок 1.2 – Компоновочное решение самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором:
1 – мельница; 2 – спиральный классификатор

Если мельницу и классификатор невозможно замкнуть самотёком, то применяют компоновочные решения с реализацией принудительной подачи слива мельницы в спиральный классификатор, например, с помощью улиткового подъёмника на мельнице, насоса или элеватора.

В узких пролётах измельчения возможна компоновка с размещением мельницы и спирального классификатора на одной оси с самотёчной подачей песков классификатора в мельницу. Пример такого решения приведён на рисунке 1.3.

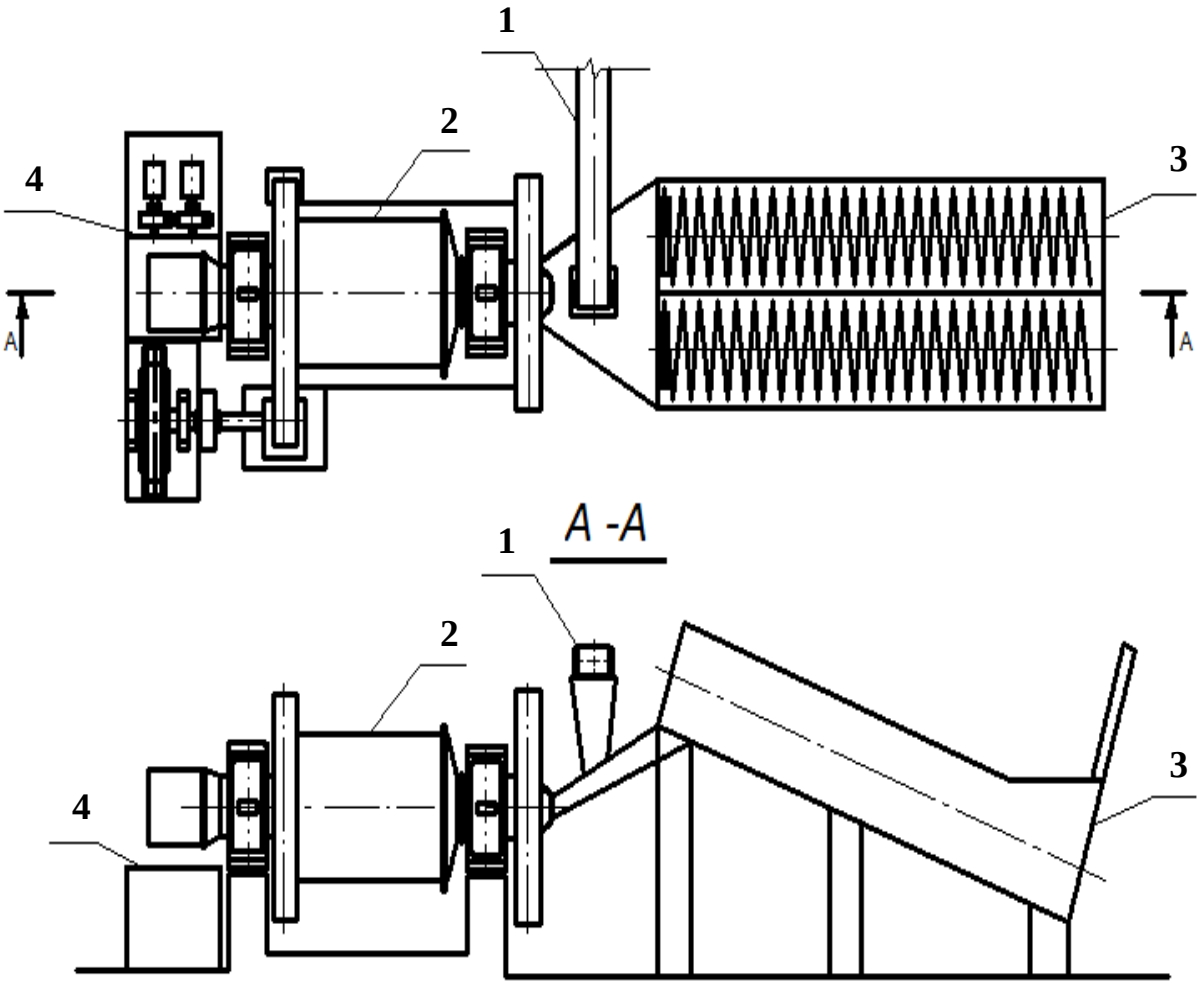


Рисунок 1.3 – Компоновочное решение отделения измельчения с соосным размещением мельницы и спирального классификатора:
1 – конвейер; 2 – мельница; 3 – спиральный классификатор; 4 – зумпф с насосами

Компоновочное решение включает конвейер 1, мельницу 2, спиральный классификатор 3, зумпф 4 с насосами. Руда конвейером 1 подаётся в мельницу 2. Слив мельницы 2 поступает в зумпф 4 и насосами направляется в спиральный классификатор 3, пески которого поступают в мельницу 2.

Гидроциклоны для обеспечения самотёка песков в мельницу размещаются в измельчительном пролёте на площадке сверху загрузочного торца мельницы. Гидроциклоны на площадке могут размещаться в ряд (ёлочкой) или по кругу (звездой). Подача пульпы в гидроциклоны осуществляется насосами через питающую трубу. Примеры расположения гидроциклонов на площадке показаны на рисунке 1.4.

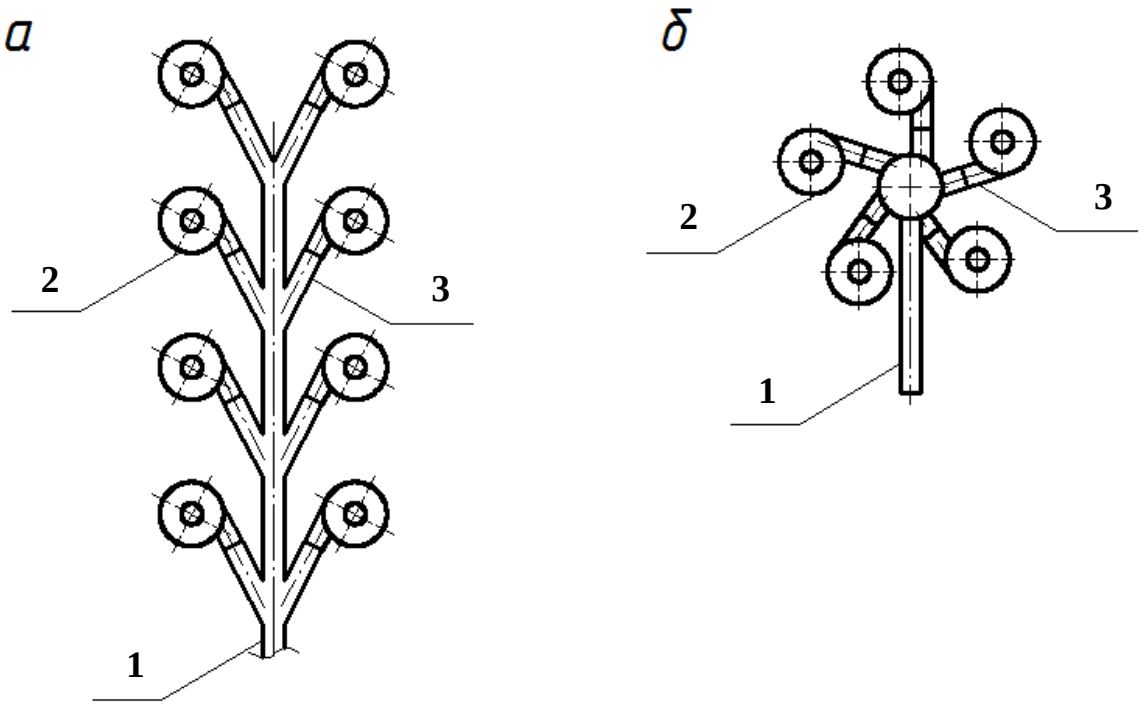


Рисунок 1.4 – Примеры расположения гидроциклонов «ёлочкой» (а) и «звездой» (б):
1 – питающая труба; 2 – гидроциклоны; 3 – подводящие патрубки

При расположении «ёлочкой» (рисунок 1.4,а) гидроциклоны размещаются в один или два ряда, для сбора и транспортирования песков в мельницу снизу гидроциклонов предусматриваются наклонные желоба. При большом количестве гидроциклонов их размещение «ёлочкой» приводит к существенному повышению уровня установки гидроциклонов и, следовательно, к увеличению высоты здания.

При расположении «звездой» гидроциклоны размещаются вокруг вертикальной подающей трубы. При этом гидроциклоны устанавливаются наклонно по отношению к вертикальной оси песковыми насадками к центру приёмной воронки песков (рисунок 1.5).

Такое расположение гидроциклонов обеспечивает более компактную компоновку оборудования в отделении измельчения.

Зумпфы с насосами в отделениях измельчения рекомендуется устанавливать в пролёте измельчения около разгрузки мельницы. При наличии электротехнического пролёта между отделениями измельчения и обогащения зумпфы с насосами могут быть установлены на нижней отметке этого пролёта.



Рисунок 1.5 – Расположение гидроциклонов «звездой»

Для ремонта оборудования в отделении измельчения предусматриваются ремонтно-монтажные площадки (РМП), которые располагаются в торце пролёта измельчения. На РМП располагаются стенды для перефутеровки, для хранения мельниц, для ремонта и хранения гидроциклонов, бункеры для измельчающих тел, стенд для ремонта насосов, контейнеры для шаров, футеровки и металлолома.

На РМП предусматривается раздельное хранение шаров по крупности, наличие контейнеров для их транспортировки к мельницам, магнитных шайб для разгрузки контейнеров, дозирующих устройств для подачи шаров в мельницы, специальная дозирующая машина для загрузки стержней. Для сортировки изношенных шаров предусматривается установка барабанного грохота с заданными размерами отверстий и контейнера для шаров.

Расходные бункеры для измельчающих тел должны иметь десятисуточный запас и вместимость по массе не более 1000 т.

Площади ремонтно-монтажных площадок зависят от типоразмеров и количества мельниц, от способа их ремонта. Применение того или иного способа ремонта мельниц зависит от числа мельниц, срока службы футеровки, времени, необходимого на замену вращающейся части и футеровки мельницы.

Используют следующие способы ремонта мельниц: 1 – ремонт на месте установки (индивидуальный); 2 – стендовый ремонт вра-

щающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мелющих тел и пульпы на месте установки; 3 – стендовый ремонт вращающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мелющих тел и пульпы на ремонтной площадке.

Ориентировочно площадь ремонтно-монтажных площадок в пролёте измельчения может быть определена из таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Площадь ремонтно-монтажных площадок пролётов измельчения, м^2

Диаметр мельницы, мм	Число мельниц в пролёте					
	6	12	18	24	30	36
2700	311	432	540	648	756	864
3200	432	576	720	864	1008	1152
3600	576	720	864	1008	1152	1296
4000	720	900	1080	1260	1440	1728
4500	900	1080	1260	1440	1728	2016
5500	900	1080	1260	1448	1728	2016

Применяемый в проекте способ ремонта мельниц влияет на выбор грузоподъёмных средств и организацию ремонтной службы. При количестве однотипных мельниц менее 6 обычно осуществляется ремонт мельниц на месте (способ 1), грузоподъёмность крана определяется массой наиболее тяжёлого узла мельницы. При количестве мельниц 6-12 рекомендуется метод ремонта на стенде РМП (способ 2), при котором грузоподъёмность крана определяется массой вращающейся части мельницы без шаров и пульпы. При количестве мельниц более 12 применяется метод ремонта на стенде по способу 3, при котором грузоподъёмность крана определяется по массе вращающейся части мельницы с шарами и пульпой.

В таблице 1.2 приведены значения рекомендуемой грузоподъёмности мостовых кранов для указанных выше способов ремонта мельниц.

При общем числе мельниц в пролёте измельчения более 8 необходимо принимать к установке кроме крана наибольшей грузоподъёмности один или два крана меньшей грузоподъёмности для текущего обслуживания работающих мельниц. Если краны устанавливаются на одних подкрановых путях, то кран наибольшей грузоподъёмности устанавливается между вспомогательными кранами. Если краны устанавливаются в два яруса, то кран меньшей грузоподъёмности устанавливается выше основного крана. Недостатком такого решения является увеличение высоты здания.

Таблица 1.2 – Рекомендуемая грузоподъёмность кранов в пролётах измельчения

Типоразмер мельницы	Рекомендуемая грузоподъёмность крана, т, при способах ремонта		
	1	2	3
МСЦ-900 × 1800	5	5	10
МСЦ-1500 × 3000	5	20	32
МСЦ-2100 × 2200	5	50	80
МСЦ-2100 × 3000	5	50	80
МСЦ-2700 × 3600	10	80	100
МСЦ-3200 × 4500	20	120	200
МСЦ-3600 × 4500	32	160	250
МСЦ-3600 × 5500	32	160	250
МСЦ-4000 × 5500	50	200	320
МСЦ-4500 × 6000	80	200	500
МШР-1500 × 1600	5	16	20
МШР-2100 × 1500	5	32	50
МШР-2100 × 2200	5	32	50
МШР-2100 × 3000	5	50	80
МШР-2700 × 2100	10	80	80
МШР-2700 × 3600	10	80	120
МШР-3200 × 3100	32	100	160
МШР-3600 × 4000	50	120	250
МШР-3600 × 5000	50	160	250
МШР-4000 × 5000	80	200	320
МШР-4500 × 5000	80	250	2 × 250
МШЦ-900 × 1800	5	5	5
МШЦ-1500 × 3000	5	20	35
МШЦ-2100 × 2200	5	32	50
МШЦ-2100 × 3000	5	32	50
МШЦ-2700 × 3600	10	80	120
МШЦ-3200 × 3100	32	100	160
МШЦ-3200 × 4500	32	120	200
МШЦ-3600 × 4000	32	120	200
МШЦ-3600 × 5500	32	160	250
МШЦ-4000 × 5500	50	200	320
МШЦ-4500 × 6000	80	250	2 × 250
МШЦ-5500 × 6500	120	2 × 320	-

При разработке компоновочного решения отделения измельчения с целью облегчения перекрытия здания и снижения стоимости мостовых кранов необходимо стремиться к минимальной ширине пролёта измельчения. Общая длина отделения измельчения должна быть увязана с длиной отделения обогащения.

Для ремонта оборудования в отделениях измельчения вместо стационарных мостовых кранов могут применяться автомобильные или железнодорожные краны. Преимуществом автомобильных кра-

нов перед железнодорожными является мобильность, маневренность, малые габариты, возможность проезда без монтажа рельсов.

Примеры компоновочных решений отделения измельчения со стрежневыми и шаровыми мельницами приведены ниже.

На рисунке 1.6 приведён пример компоновочного решения отделения измельчения при использовании в первой стадии измельчения стержневой мельницы, работающей в открытом цикле, а во второй стадии – шаровых мельниц, работающих в замкнутом цикле с гидроциклонами.

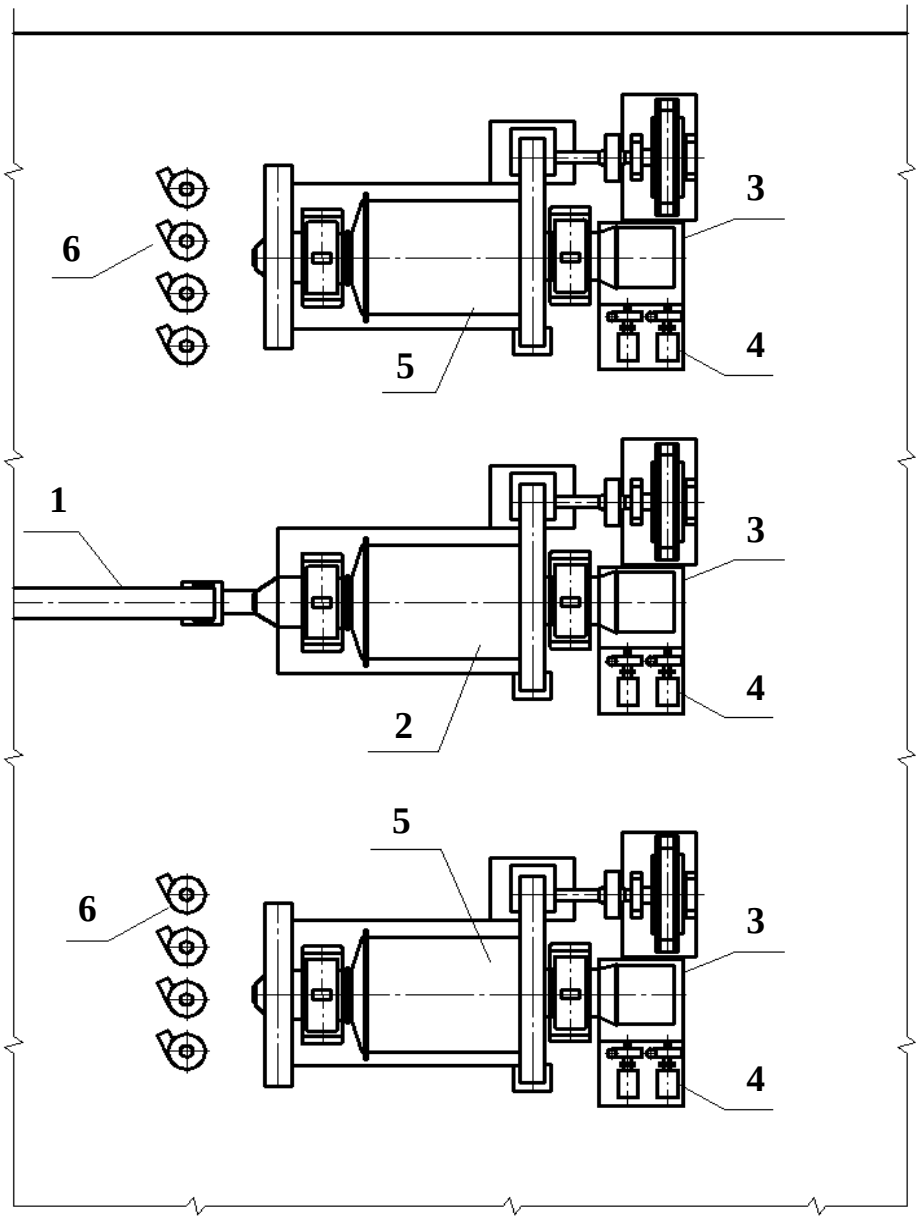


Рисунок 1.6 – Компоновочное решение отделения измельчения с использованием в первой стадии измельчения стержневой и во второй стадии – шаровых мельниц: 1 – конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – зумпфы; 4 – песковые насосы; 5 – шаровые мельницы; 6 – гидроциклоны

2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения

Компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамоизмельчения отличаются тем, что не предусматриваются бункеры или склады мелкодроблёной руды, а крупнодроблёная руда в мельницы подаётся со склада крупнодроблёной руды. Мельницы само- и полусамоизмельчения компонуются в одном пролёте по однорядной схеме при расположении мельниц перпендикулярно продольной оси отделения измельчения.

Пример компоновочного решения отделения измельчения с установкой мельниц самоизмельчения приведён на рисунке 2.1.

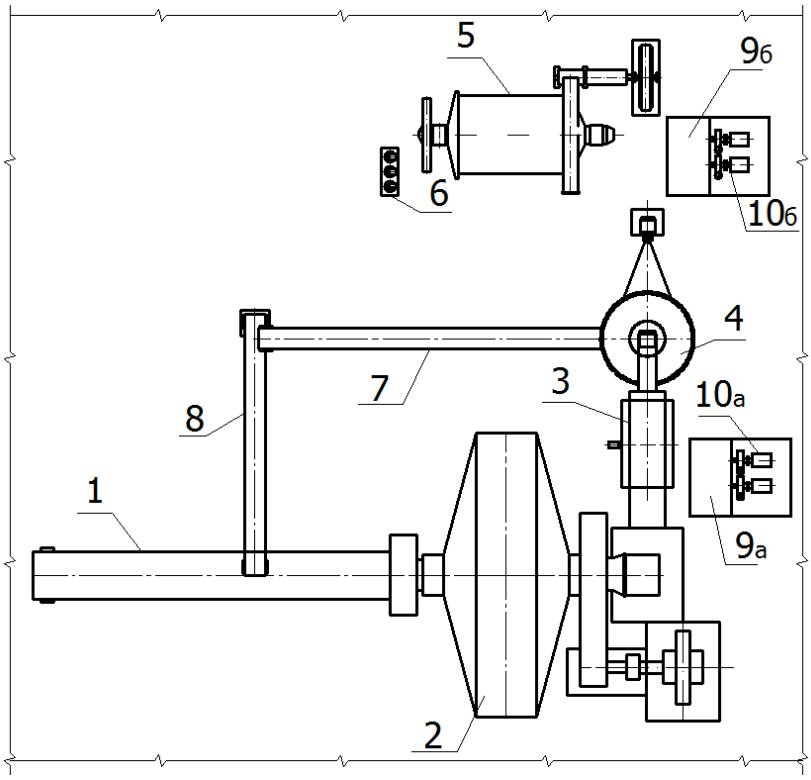


Рисунок 2.1 – Компоновочное решение отделения измельчения с установкой мельницы самоизмельчения и шаровой мельницы:
1, 7, 8 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 –грохот самобалансный; 4 – дробилка конусная; 5 –мельница шаровая; 6 – гидроциклоны; 9 – зумпфы; 10 – насосы

Руда ленточным конвейером 1 подаётся в мельницу самоизмельчения 2. На выходе из мельницы самоизмельчённая руда поступает в бутару, из которой верхний продукт самотёком поступает на самобалансный грохот 3, а нижний продукт бутары через зумпф 9а насосами 10а перекачивается в шаровую мельницу 5. Измельчённая руда подаётся в гидроциклоны 6. Пески гидроциклонов 6 поступают

на доизмельчение в шаровую мельницу, а слив в зумпф 9б и насосами 10 б на дальнейшую переработку. Верхний продукт самобалансного грохота 3 поступает в конусную дробилку 4. Дроблёная руда и нижний продукт самобалансного грохота 3 объединяются и системой конвейеров 7, 8 подаются в мельницу самоизмельчения.

При двухстадиальной схеме с измельчением разгрузки мельниц самоизмельчения в шаровых мельницах используется двухрядное расположение мельниц в одном пролёте либо расположение мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением во второй стадии при расположении мельниц в одном пролёте приведён на рисунке 2.2.

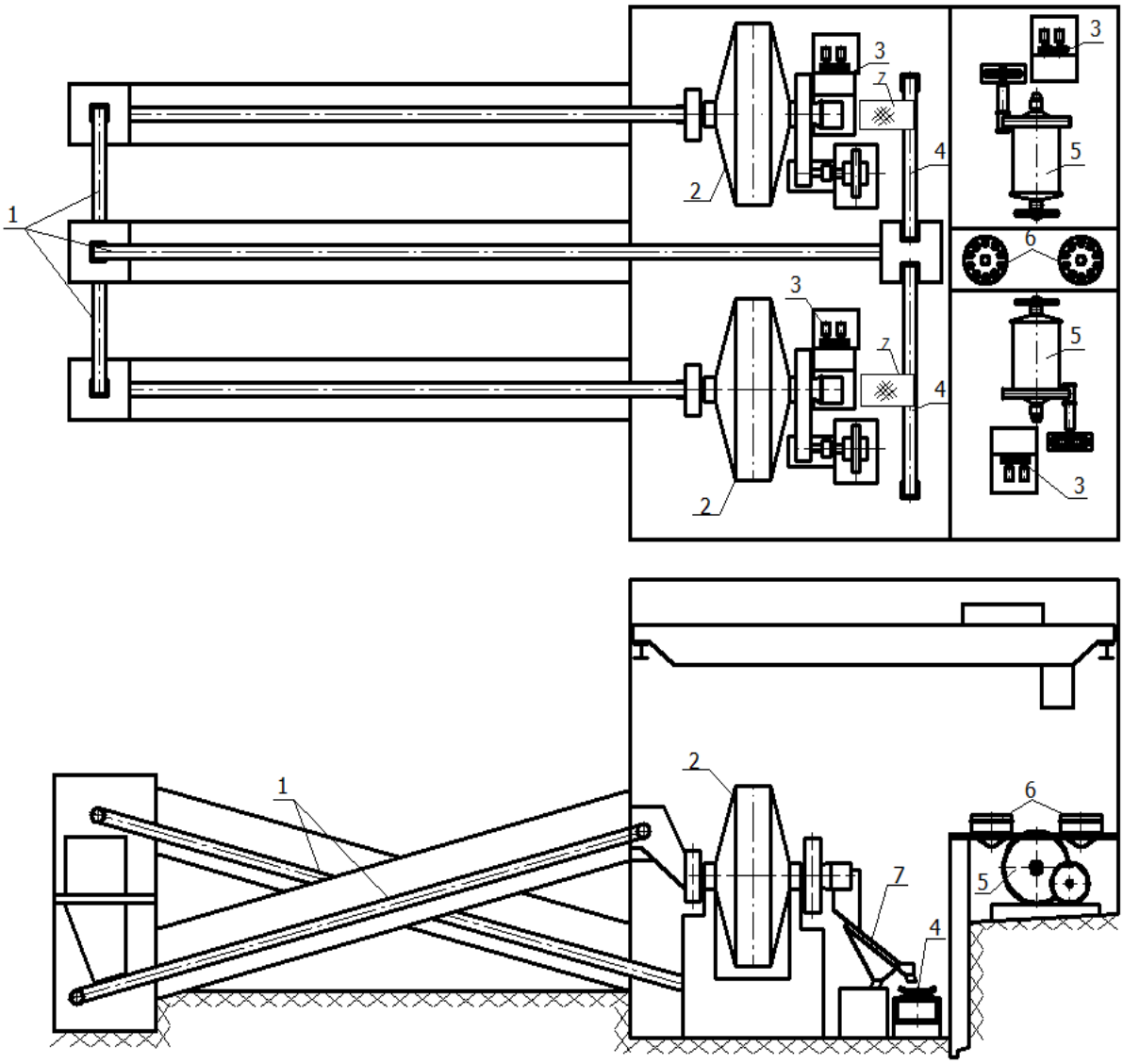


Рисунок 2.2 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения при расположении мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролетах:
1, 4 – конвейеры ленточные; 2 – мельницы самоизмельчения; 3 – зумпфы с насосами; 5 –мельницы шаровые; 6 – гидроциклоны; 7 – грохоты самобалансные

Такая компоновка позволяет мельницам самоизмельчения работать с любой из шаровых мельниц.

Двухрядная компоновка мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах рекомендуется в случае крутонаклонных промплощадок при самотёчной подаче измельчённого продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые мельницы.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые приведён на рисунке 2.3.

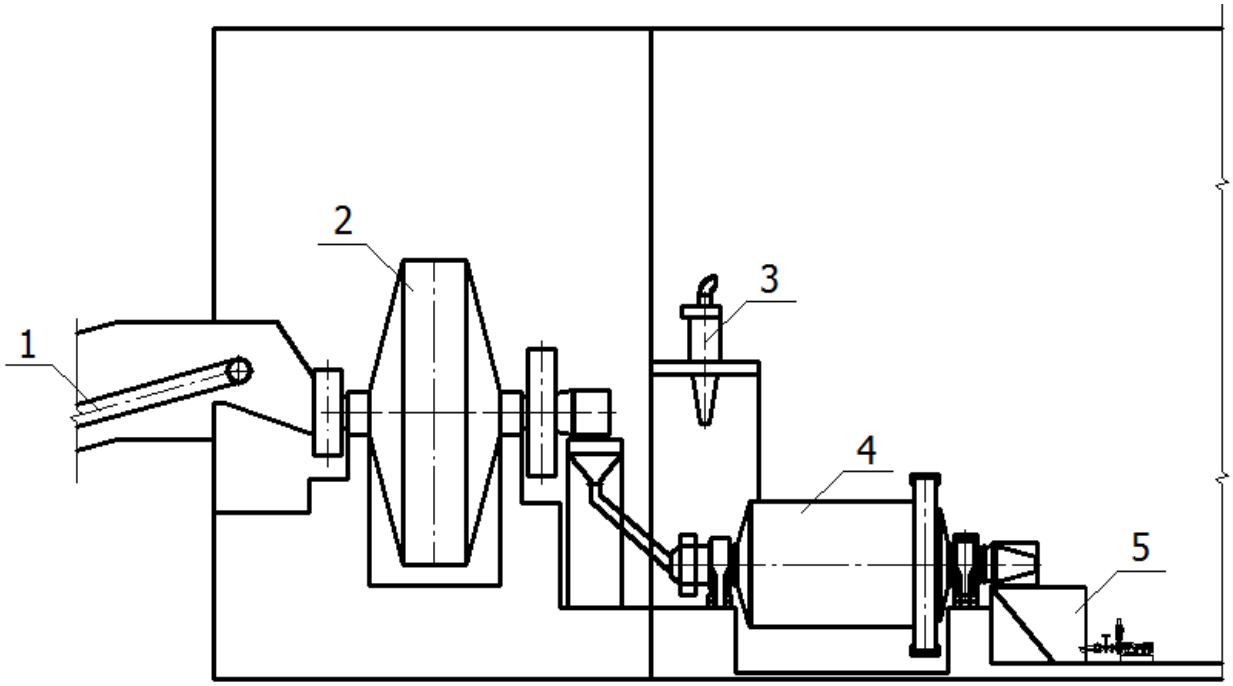


Рисунок 2.3 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного материала из мельницы самоизмельчения в шаровую мельницу:
1 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 – гидроциклоны; 4 –мельница шаровая; 5 – зумпф с насосами

В компоновочном решении, когда в схемах самоизмельчения предусматривается додрабливание фракций критической крупности, конусные дробилки располагаются непосредственно у разгрузки мельницы самоизмельчения, отдельно стоящие в следующем пролёте или в отдельном цехе додрабливания.

Для ремонта мельниц самоизмельчения применяется метод ремонта на месте. Грузоподъёмность крана даже при индивидуальном методе ремонта может достигать 100 т. Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения

Метод ремонта	Грузоподъёмность крана, т	
	мельница ММС 70×23А	мельница ММС 20×30А
Индивидуальный	50	100
Машиносменный	500	–

Таким образом, компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамоизмельчения характеризуются отсутствием бункерных пролётов и подачей руды в мельницы.

3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления

Измельчающие валки высокого давления (ИВВД), в зарубежной практике называемые «роллер-прессами», находят всё более широкое применение в сфере обогащения минерального сырья для измельчения кимберлитов, железной руды, известняка, медных и золотосодержащих руд, для тонкого измельчения, например цемента.

Так, количество ИВВД к 2005 году достигло в алмазной промышленности 25, в железорудной – 20 штук. ИВВД могут быть использованы в схемах само- и полусамоизмельчения, дробления и шарового измельчения.

В схемах дробления и измельчения материалов в ИВВД для обеспечения равномерности питания предусматривается использование приёмного устройства в виде питающего бункера с питателем. В схемах само- и полусамоизмельчения ИВВД используются для измельчения трудных классов крупности.

Пример схемы цепей аппаратов рудоподготовки с додрабливанием и измельчением в ИВВД трудных классов крупности приведён на рисунке 3.1. Схема цепей аппаратов включает саморазгружающиеся вагоны 1, приёмный бункер 2, пластинчатый питатель 3, конусную дробилку 4, магистральный конвейер 5, мельницу самоизмельчения 6, конвейеры 7, 9, 11, конусную дробилку среднего дробления 8, измельчающие валки высокого давления 10, шаровую мельницу 12, зумпф 13 с насосами, гидроциклоны 14.

Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого пластинчатым питателем 3 подаётся в конусную дробилку крупного дробления 4. Дроблёный продукт из конусной дробилки 4 с помощью магистрального

конвейера 5 подается в мельницу самоизмельчения 6. Трудные классы крупности (верхний продукт бутары мельницы полусамоизмельчения) конвейером 7 подаётся в конусную дробилку среднего дробления 8, дроблёный продукт которой конвейером 9 подаётся в измельчающие валки высокого давления 10. Измельчённый продукт мельницы самоизмельчения 6 самотёком направляется в шаровую мельницу 12, работающую через зумпфы 13 с гидроциклонами 14.

Использование ИВВД в такой схеме позволяет увеличить производительность цикла рудоподготовки на 30-50 % и снизить количество шаровых мельниц.

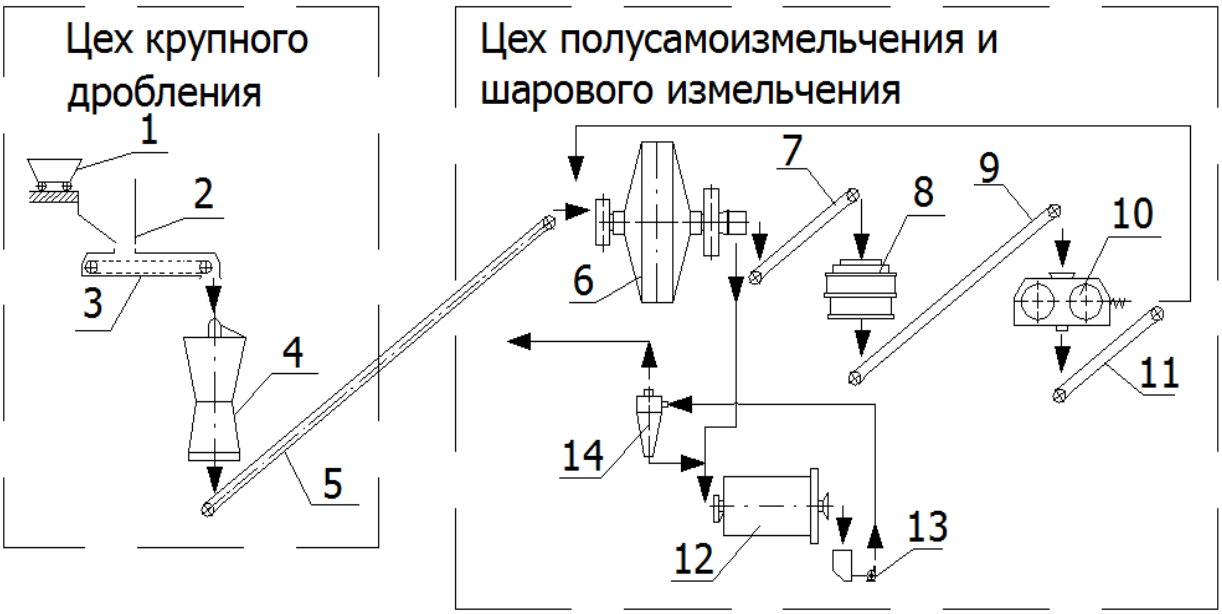


Рисунок 3.1 – Схема цепей аппаратов рудоподготовки с додрабливанием и измельчением в ИВВД трудных классов крупности мельниц самоизмельчения: 1 – саморазгружающийся вагон; 2 – приёмный бункер; 3 – пластинчатый питатель; 4 – конусная дробилка крупного дробления; 5 – магистральный конвейер; 6 – мельница самоизмельчения; 7, 9, 11 – конвейер; 8 – конусная дробилка среднего дробления; 10 – измельчающие валки высокого давления; 12 – шаровая мельница; 13 – зумпф с насосами; 14 – гидроциклоны

При наличии в схеме нескольких мельниц самоизмельчения между цехами дробления и самоизмельчения предусматривается использование склада крупнодроблёной руды, с подачей из которого руды на каждую мельницу самоизмельчения своим конвейером. При большом количестве мелких классов крупности в исходном питании перед конусной дробилкой крупного дробления при специальном обосновании могут быть применены грохоты, нижний продукт которых направляется непосредственно в мельницы самоизмельчения ли-

бо конвейерным транспортом, либо при большом уклоне местности самотёком.

В схемах дробления ИВВД находят применение в третьей или четвёртой стадии дробления. Использование ИВВД в третьей стадии дробления параллельно мельнице полусамоизмельчения позволяет увеличить производительности цикла по готовому классу и снизить количество используемых после дробления и полусамоизмельчения шаровых мельниц. Пример схемы цепей аппаратов рудоподготовки с использованием ИВВД параллельно мельнице полусамоизмельчения приведён на рисунке 3.2. Схема цепей аппаратов включает саморазгружающиеся вагоны 1, приёмный бункер 2, конусную дробилку крупного дробления 3, конусную дробилку среднего дробления 4, магистральный конвейер 5, склад среднедроблёной руды 6, магистральные конвейеры 7, 8, мельницу мокрого полусамоизмельчения 9, ИВВД 10, зумпфы 11, 15 с насосами, гидроциклоны 12, 16, конвейер 13, шаровую мельницу 14.

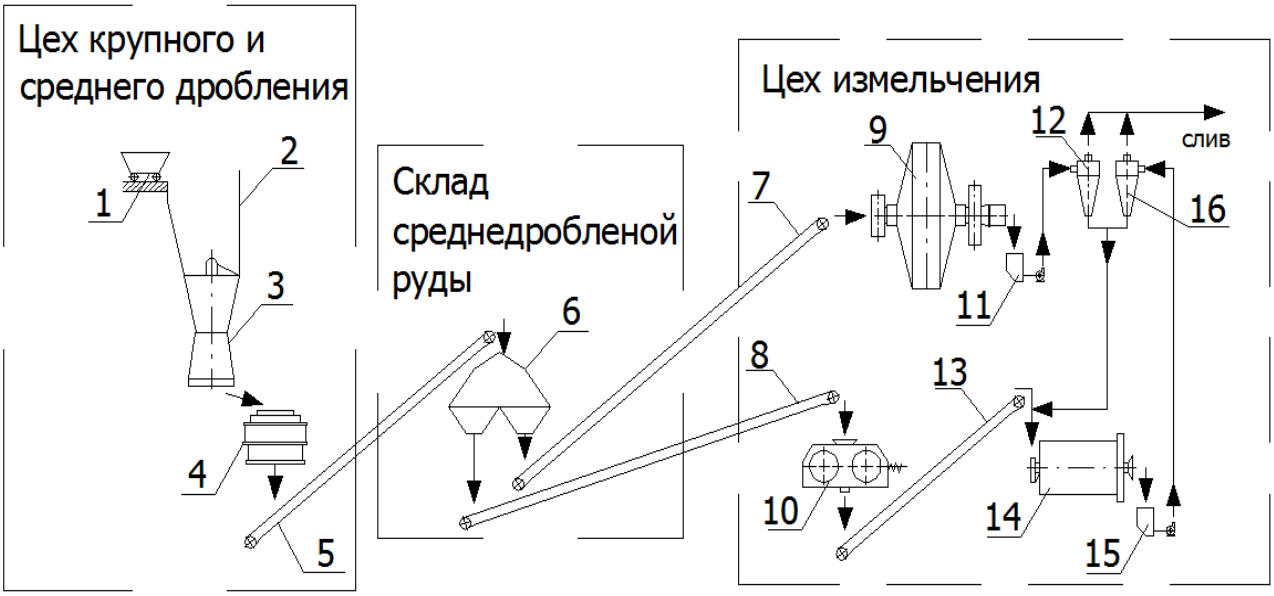


Рисунок 3.2 – Схема цепей аппаратов рудоподготовки с использованием ИВВД параллельно мельнице полусамоизмельчения: 1 – саморазгружающиеся вагоны; 2 – приёмный бункер; 3 – конусная дробилка крупного дробления; 4 – конусная дробилка среднего дробления; 5 – магистральный конвейер; 6 – склад среднедроблёной руды; 7, 8, 13 – конвейеры; 9 – мельница полусамоизмельчения; 10 – ИВВД; 11, 15 – зумпфы с насосами; 12, 16 – гидроциклоны; 14 – шаровая мельница

Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого попадает в конусную дробилку крупного дробления 3. Дроблёный продукт дробилки 3 самотёком направляется в конусную дробилку среднего дробления 4.

Среднедроблёная руда из дробилки 4 с помощью магистрального конвейера 5 направляется в склад среднедроблёной руды 6. Из склада 6 руда параллельно конвейерами 7 и 8 подаётся соответственно в мельницу мокрого полусамоизмельчения 9 и в ИВВД 10. Из мельницы полусамоизмельчения 9 измельчённый продукт с помощью зумпфа 11 с насосами направляется в гидроциклоны 12, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Из ИВВД 10 доизмельчённый продукт с помощью конвейера 13 также направляется в шаровую мельницу 14, работающую через зумпф 15 с насосами в замкнутом цикле с гидроциклонами 16, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Сливы гидроциклонов 12 и 16 направляются в операции обогащения.

ИВВД при большом их количестве могут быть выделены в отдельный цех.

В схемах тонкого измельчения материалов ИВВД могут использоваться как в качестве самостоятельной стадии измельчения, так и в качестве предварительной стадии измельчения перед измельчением в шаровых мельницах. Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию приведён на рисунке 3.3. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер 1 с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7.

Исходное питание из питающего бункера 1 с помощью питателя 2 подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого подаётся в дезинтегратор. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 за счёт разряжения, создаваемого вентилятором 7, транспортируется в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух. Песковая фракция воздушного сепаратора возвращается в ИВВД. Такая схема может быть использована при измельчении мягких пород, отличается пониженным расходом электроэнергии.

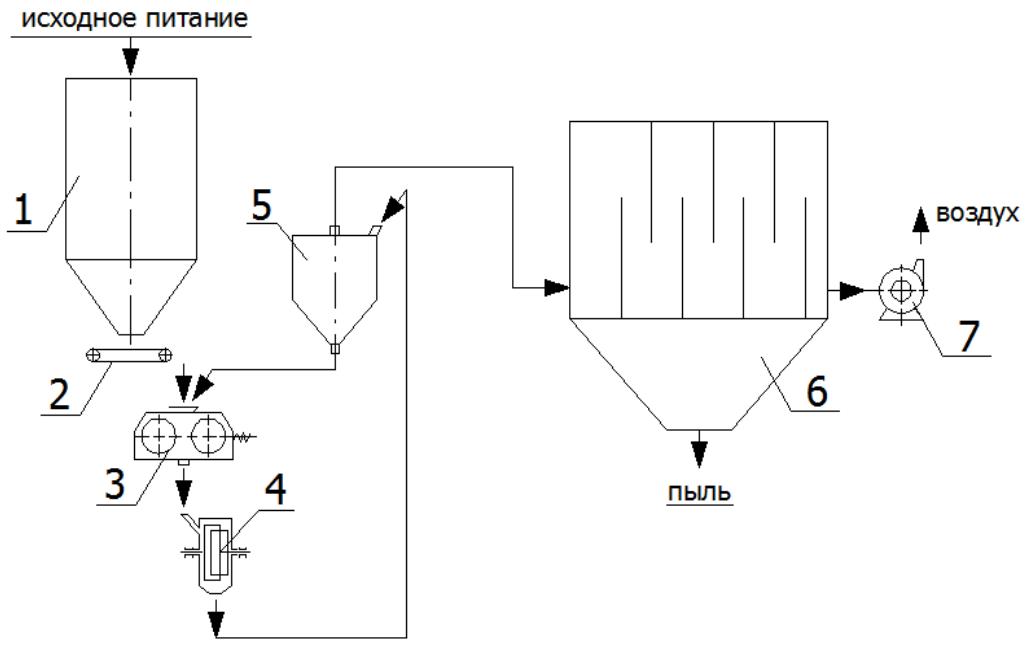


Рисунок 3.3 – Схема цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию: 1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – дезинтегратор; 5 – воздушный сепаратор; 6 – пылеуловитель; 7 – вентилятор

Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов с предварительным измельчением в ИВВД приведён на рисунке 3.4. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7, шаровую мельницу 8. Исходное питание из питающего бункера 1 питателями подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого направляется в дезинтегратор 4. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 направляется в воздушный сепаратор 5.

Песковая фракция сепаратора 5 направляется в шаровую мельницу 8, измельчённый продукт которой возвращается в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух.

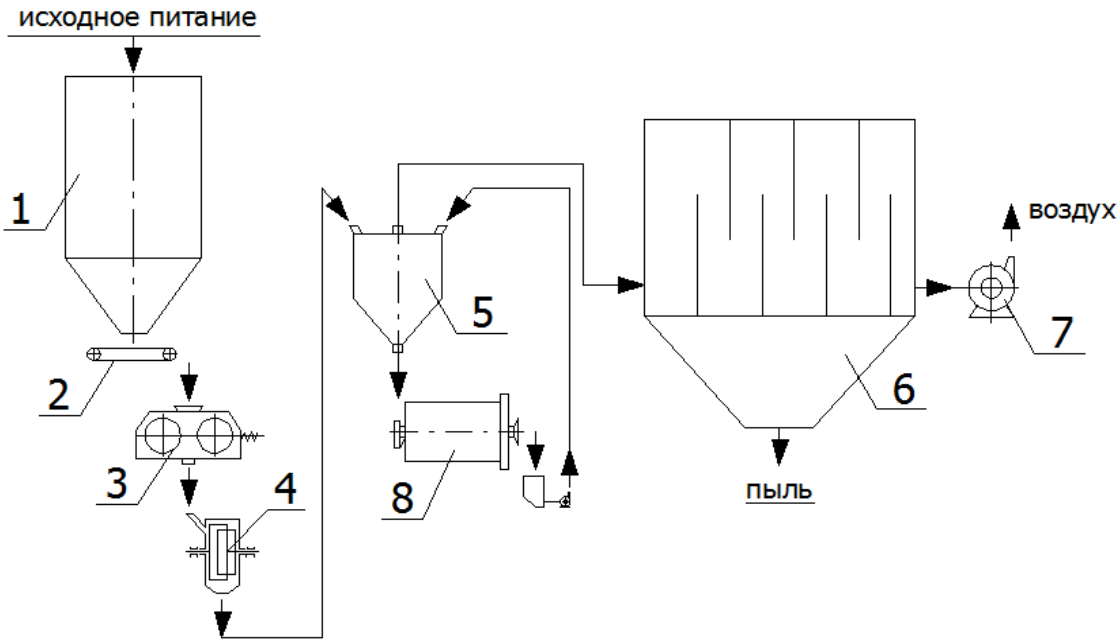


Рисунок 3.4 – Схема цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов
с предварительным измельчением в ИВВД:
1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – дезинтегратор;
5 – воздушный сепаратор; 6 – пылеуловитель; 7 – вентилятор; 8 – шаровая мельница

Пример схемы цепей аппаратов для тонкого двухстадиального измельчения с использованием ИВВД параллельно шаровой мельнице приведён на рисунке 3.5. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер 1 с питателем 2, ИВВД 3, воздушный сепаратор 4, пылеуловитель 5, вентилятор 6, шаровую мельницу 7. Исходное питание из питающего бункера 1 питателем 2 подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого направляется в шаровую мельницу 7. Измельчённый продукт мельницы 7 направляется в воздушный сепаратор 4. Тонкие фракции воздушного сепаратора 4 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 5, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух. Песковая фракция воздушного сепаратора 4 направляется параллельно в ИВВД 3 и в шаровую мельницу 7. Достоинством данной схемы является исключение дезинтегратора, поскольку агломераты, образующиеся в ИВВД, диспергируются в шаровой мельнице.

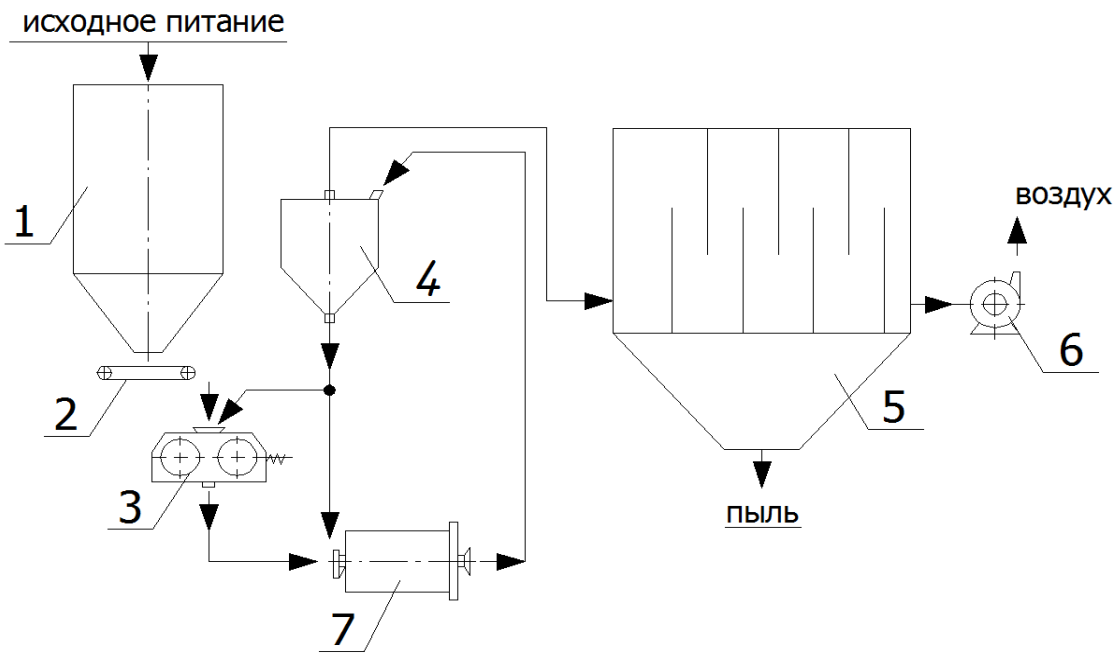


Рисунок 3.5 – Схема цепей аппаратов для тонкого двухстадиального измельчения материалов с использованием ИВВД параллельно шаровой мельнице:
1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД: 4 – воздушный циклон;
5 – пылеуловитель; 6 – вентилятор; 7 – шаровая мельница

Однолинейная схема компоновки ИВВД предусматривает расположение ИВВД по одну сторону питающих бункеров с последовательным чередованием измельчающих валков и двигателей (рисунок 3.6). Схема с чередованием модулей предусматривает размещение машин поочерёдно по обеим сторонам питательных бункеров (рисунок 3.7).

Предпочтительной является компоновка ИВВД с чередованием модулей, которая отличается простотой обслуживания, более простой конвейерной системой.

Компоновочные решения по размещению в цехе ИВВД зависят от количества аппаратов. При компоновке одного аппарата ИВВД обычно измельчающие валки размещают в одном помещении, а двигатели – в смежном помещении.

При большом количестве ИВВД предусматриваются однолинейная схема компоновки и схема с чередованием модулей.

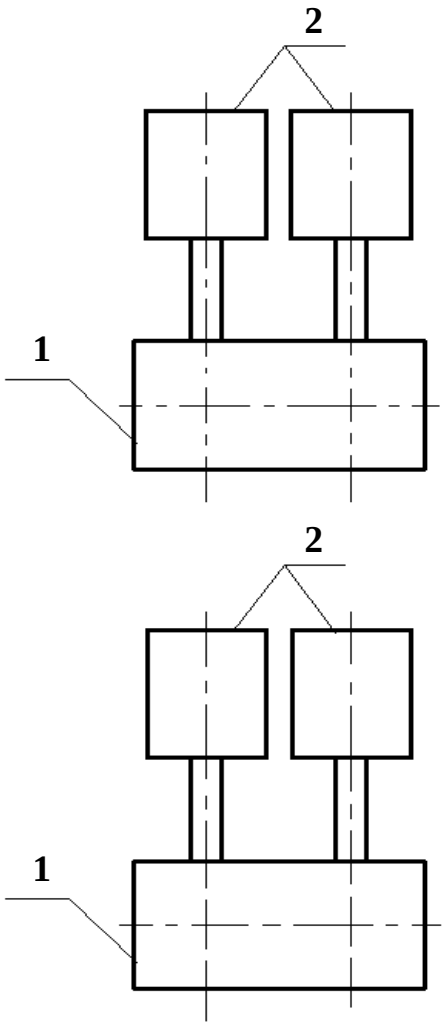


Рисунок 3.6 – Однолинейная схема компоновки ИВВД:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

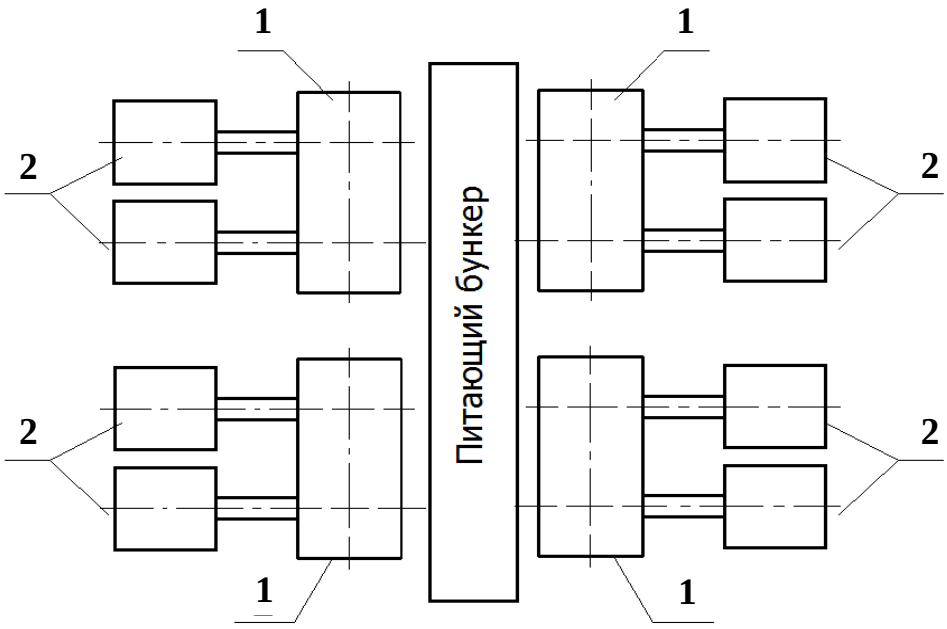


Рисунок 3.7 – Схема компоновки ИВВД с чередованием модулей:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики

Пример 1. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в одном пролете на разных уровнях.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.1. Оно включает магистральный конвейер 1, шаровую мельницу 2, гидроциклоны 3, стержневую мельницу 4, зумпф с насосами 5 и мостовой кран 6. Мелкодробленая руда подаётся в шаровую мельницу 2 магистральным конвейером 1. Руда из шаровой мельницы 2 попадает в стержневую мельницу 4 самотеком, измельченная руда поступает в зумпф 5 и с помощью насосов подается в гидроциклоны 3, пески которых самотеком подаются на доизмельчение в стержневую мельницу 4, а слив – на обогащение.

Достоинствами предлагаемого компоновочного решения является компактное размещение оборудования в цехе измельчения, возможность обслуживания оборудования одним краном, возможность реализации данного решения при любом количестве мельниц.

Пример 2. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением работающих в открытом цикле стержневых и шаровых мельниц в разных пролетах.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.2. Оно включает конвейер со сбрасывающей тележкой 1, распределительный бункер 2, ленточные питатели 3, ленточные конвейеры 4, 10, 11, стержневые мельницы 5, шаровые мельницы 6, зумпфы с насосами 7, мостовые краны 8, 9 и кран-балку 12. Мелкодробленая руда подаётся в распределительный бункер 2 при помощи ленточных конвейеров 10, 11 и конвейера со сбрасывающей тележкой 1. Руда из распределительного бункера 2 направляется в стержневые мельницы 5 при помощи ленточных питателей 3 и ленточных конвейеров 4. Измельчённая руда из стержневой мельницы 5 самотёком поступает на измельчение в шаровую мельницу 6, из которой при помощи зумпфа с насосами подается на обогащение.

Данное компоновочное решение может быть эффективно использовано при наличии уклона местности, когда мельницы первой и второй стадий измельчения можно располагать каскадно. При работе шаровых мельниц в замкнутом цикле предусматривается установка гидроциклонов.

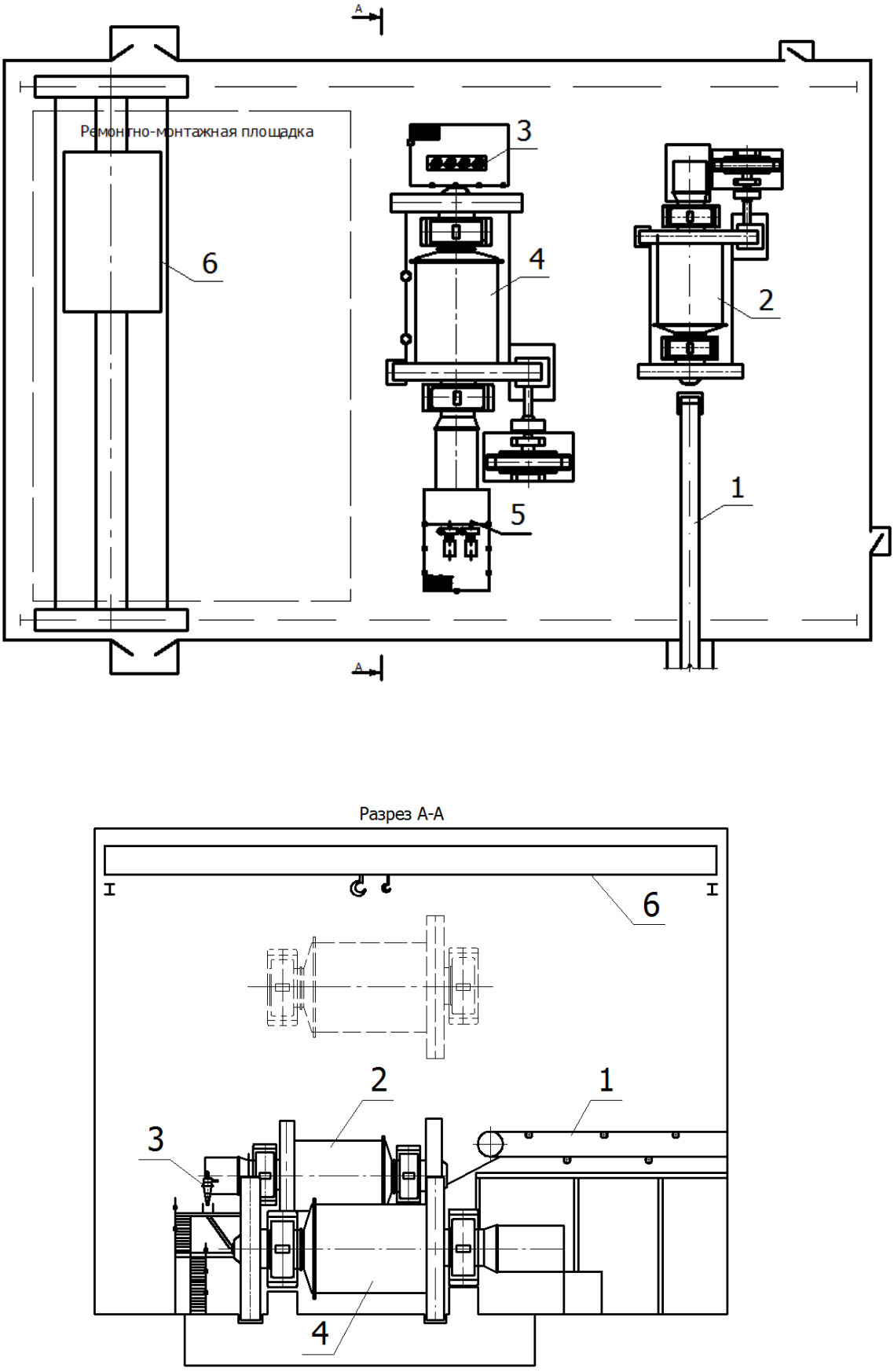


Рисунок 4.1 – Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельницы в одном пролете на разных уровнях:
1 – магистральный конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – гидроциклон;
4 – шаровая мельница; 5 – зумпф с насосами; 6 – мостовой кран

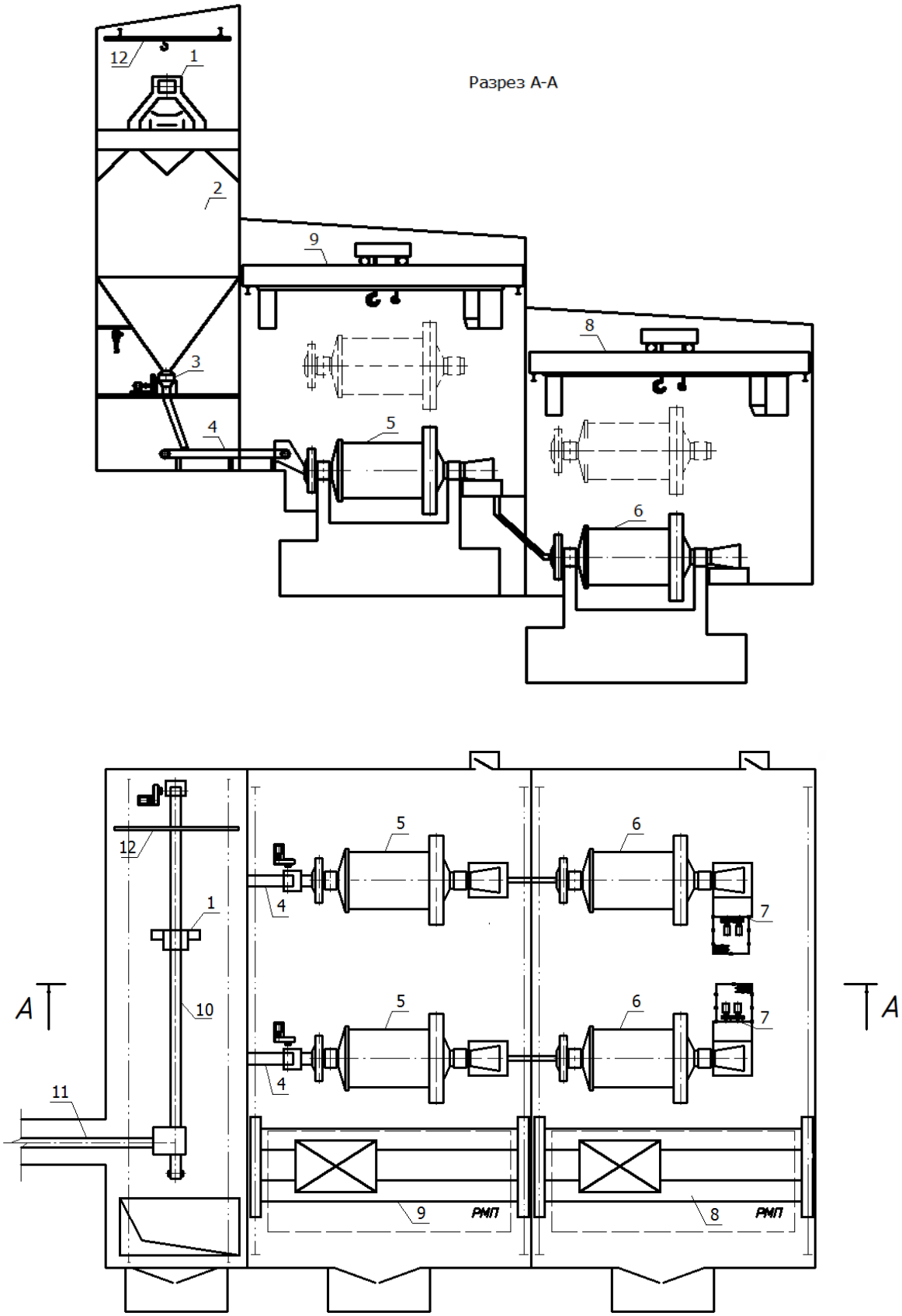


Рисунок 4.2 – Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в разных пролетах:
1 – конвейер со сбрасывающей тележкой; 2 – распределительный бункер;
3 – ленточный питатель; 4, 10, 11 – ленточный конвейер; 5 – стержневые мельницы;
6 – шаровые мельницы; 7 – зумпфы с насосами; 8, 9 – мостовой кран; 12 – кран-балка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик.

На основе рассмотрения общих принципов компоновки оборудования на обогатительных фабриках рассмотрены особенности размещения оборудования в бункерных пролетах и пролетах измельчения.

Рассмотрены варианты компоновочных решений отделений измельчения стержневых и шаровых мельницах, отделения измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления.

Все варианты компоновочных решений сопровождаются примерами с рассмотрением их достоинств и недостатков, областей применения.

Для вариантов компоновки оборудования в отделения двухстадиального измельчения в стержневых и шаровых мельницах приведены примеры компоновочных решений с размещением стержневых и шаровых мельниц в одном и разных пролетах измельчения.

Достоинством учебно-методического пособия является широкое рассмотрение вариантов компоновочных решений.

Материалы, изложенные в учебно-методическом пособии, позволяют студентам получить необходимые знания в области компоновки оборудования в цехах измельчения на современном уровне, освоить необходимые компетенции, справиться с задачами компоновки оборудования при выполнении практических работ, курсовых и дипломных проектов и работ.

Учебно-методическое пособие может быть использовано работниками проектных организаций и промышленных предприятий в их производственной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Адамов Э. В. Основы проектирования обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 647 с.

Иванов Э. Э. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. – 157 с.

Морозов Ю. П., Водовозов К. А., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик: методические указания и задания для практических занятий по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения / Ю. П. Морозов, К. А. Водовозов, М. Ю. Киселёв; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 68 с.

Морозов Ю. П., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик. Компоновка оборудования в цехах дробления обогатительных фабрик: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 56 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 1. Состав проекта и порядок проектирования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 304 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 2. Выбор и расчет технологического оборудования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 266 с.

Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 518 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова, Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 1. – М.: Недра, 1988. – 374 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 2. – М.: Недра, 1988. – 341 с.

Федотов К. В., Никольская Н. И. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – 536 с.

Учебное издание

Юрий Петрович Морозов

Павел Михайлович Пеньков

Екатерина Александровна Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 05.04.2017 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 $^{1}/_{16}$.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,875. Уч.-изд. л. 2,2. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.07 МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет

А. Е. Пелевин

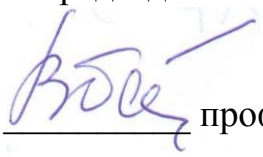
МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения

Екатеринбург
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
« 3 » сентября 2015 г.
Председатель комиссии



проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2015

П 23

Р е ц е н з е н т : *С. Г. Комлев*, доцент кафедры ОПИ УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 18 марта 2015 г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Магнитные и электрические процессы: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 28 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Магнитные и электрические процессы»» и требованиями к расчету схем и выбору оборудования при магнитном обогащении.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения

© Пелевин А. Е., 2015
© Уральский государственный горный университет, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МАГНЕТИТОВОЙ РУДЫ 5
1.1. Определение средней массовой доли железа в исходном продукте . . . 5
1.2. Расчет технологического баланса работы фабрики 6
2. РАСЧЕТ ПРОЦЕССА СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ 7
2.1. Определение технологических показателей сухой магнитной сепарации 7
2.2. Выбор типа магнитного сепаратора 9
3. РАСЧЕТ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ 10
3.1. Расчет стадий измельчения 11
3.2. Расчет операций мокрой магнитной сепарации 13
4. РАСЧЕТ ВОДНО-ШЛАМОВОЙ СХЕМЫ 16
5. РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 19
5.1. Расчет и выбор оборудования для измельчения 19
5.2. Расчет и выбор оборудования для классификации 20
5.3. Расчет магнитных сепараторов для сухого обогащения 20
5.4. Расчет и выбор магнитных сепараторов для мокрого обогащения . . 21
6. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ЦЕПИ АППАРАТОВ. 22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 24
ПРИЛОЖЕНИЕ А 25
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 26

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения направления 130400.65 «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью выполнения курсовой работы является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины С3.Б.С1.3 «Магнитные и электрические процессы», и приобретение навыков расчета схем обогащения и выбора технологического оборудования. Курсовая работа направлена на подготовку студента к решению практических задач.

Темой работы является расчет схемы и выбор оборудования для отделений сухой магнитной сепарации и измельчения и мокрой магнитной сепарации железообогатительной фабрики.

В задании, выдаваемом студенту, содержится фракционный состав исходной руды, исходная производительность, технологические показатели, необходимые для расчета качественно-количественной и водно-шламовой схем. Задание на курсовую работу приведено в приложении А.

Курсовая работа представляется на кафедру в виде пояснительной записки, оформленной на листах формата А4. Содержание пояснительной записки:

1) титульный лист, подписанный студентом;
2) задание;
3) содержание;
4) текст;
5) список литературы.

Текст пояснительной записки с расчетной частью должен включать п. 1-6 настоящих методических указаний. Схему цепи аппаратов можно предоставить на отдельном листе формата А3.

Расчеты ведутся в следующем порядке:

1) приводится формула определяемого показателя с его размерностью;
2) в формулу подставляются численные значения её составляющих;
3) дается пример расчета для однотипных вариантов или сам расчет с окончательным ответом с обязательным указанием размерностей;
4) приводится сводная расчетная таблица и, при необходимости, технико-экономическое сравнение вариантов.

Расчеты выполняются с точностью до второго знака после запятой.

1. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МАГНЕТИТОВОЙ РУДЫ

1.1. Определение средней массовой доли железа в исходном продукте

Массовая доля железа в исходном продукте определяется по известному фракционному составу или γ- и β-функциям (табл. Б. 1 приложения Б).

γ(χ)-функция – это зависимость выхода фракции от величины удельной магнитной восприимчивости этой фракции. β(χ)-функция – зависимость массовой доли полезного компонента во фракции от величины удельной магнитной восприимчивости этой фракции.

Варианты численных значении γ- и β-функций приведены в табл. Б. 1 (столбцы 5-9 и 10-14 соответственно). В курсовой работе необходимо представить эти функции графически: γ(χ)-функцию – в виде гистограммы, β(χ)-функцию – в виде непрерывной плавной зависимости. На рис. 1.1 приведен пример изображения данных функций.

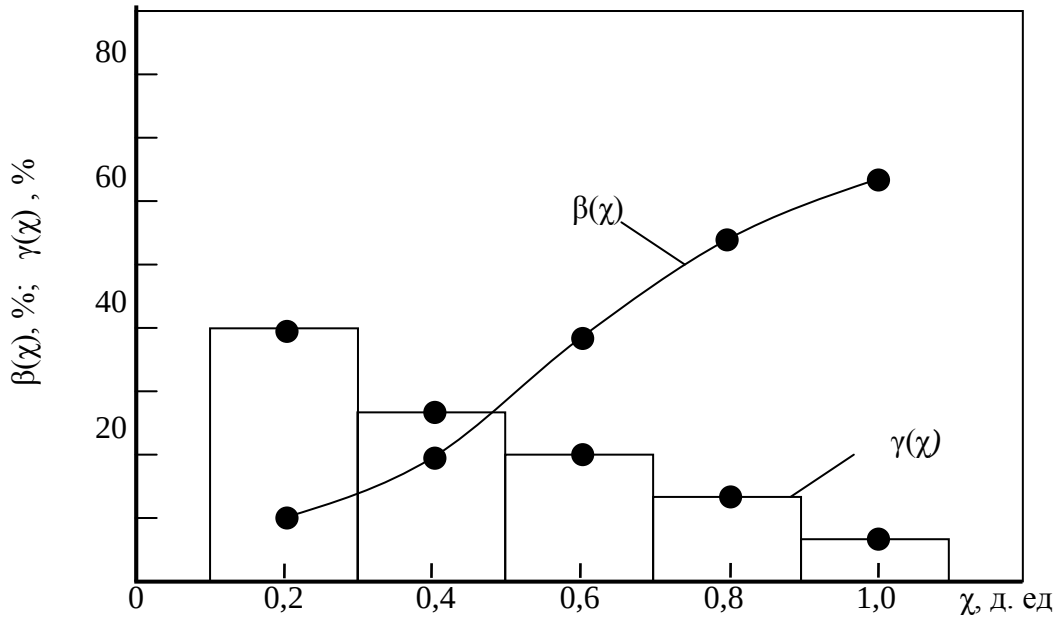


Рис. 1.1. Графическое изображение γ(χ)- и β(χ)-функций

Массовая доля в исходном продукте, %

$$\alpha = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n} \gamma(\chi_i) \cdot \beta(\chi_i), \qquad (1.1)$$

где α – массовая доля железа в исходной руде, %; *i*, *n* – номер и количество фракций при фракционировании руды по удельной магнитной восприимчивости.

Пример расчета α:

$$\alpha = (33\cdot4 + 25\cdot20 + 17\cdot37 + 16\cdot54 + 9\cdot71)/100 = 27{,}64\ \%.$$

1.2. Расчет технологического баланса работы фабрики

Исходными данными для расчета являются массовая доля железа в концентрате и его извлечение в концентрат (ст. 3, 4 табл. Б.I приложения Б). Имеющиеся данные заносят в табл. 1.1, они обведены кружками.

Таблица 1.1

Технологический баланс

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля железа, %	Извлечение, %
Концентрат	$\gamma_к$	$\beta_к$	$\varepsilon_к$
Хвосты	$\gamma_х$	$\upsilon_х$	$\varepsilon_х$
Исходный	100	α	100

Извлечение железа в концентрат ($\varepsilon_к$), %:

$$\varepsilon_к = \gamma_к\cdot\beta_к / \alpha, \qquad (1.2)$$

где $\gamma_к$ – выход концентрата, %; $\beta_к$ – массовая доля железа в концентрате, %.

Из формулы (1.2) находим выход концентрата, %:

$$\gamma_к = \varepsilon_к\cdot \alpha / \beta_к. \qquad (1.3)$$

Выход хвостов ($\gamma_х$) и извлечение железа в хвосты ($\varepsilon_х$) определим по уравнениям баланса, %:

$$\gamma_х = 100 - \gamma_к; \qquad \varepsilon_х = 100 - \varepsilon_к. \qquad (1.4)$$

Используя формулу извлечения железа в хвосты, рассчитываем массовую долю железа в хвостах $\upsilon_х$, %:

$$\upsilon = \varepsilon_х\cdot\alpha / \gamma_х. \qquad (1.5)$$

После получения технологических показателей необходимо выполнить проверку по уравнению баланса

$$100\cdot \alpha = \gamma_к\cdot \beta + \gamma_х\cdot \upsilon. \qquad (1.6)$$

Численные значения правой и левой частей уравнения должны быть равны.

2. РАСЧЕТ ПРОЦЕССА СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

2.1. Определение технологических показателей сухой магнитной сепарации

Перед операциями измельчения и мокрой магнитной сепарации в ряде случаев применяют сухую магнитную сепарацию дробленой руды с целью вывода из процесса части отвального продукта в крупнокусковом виде или получения крупнокускового концентрата. В курсовой работе по принятой схеме обогащения немагнитный продукт является хвостами, а магнитный продукт пойдёт на дальнейшее обогащение. При такой схеме магнитный продукт называют промпродуктом СМС.

Исходными данными для расчета являются $\gamma(\chi)$ и $\beta(\chi)$-функции исходного продукта и сепарационные характеристики сравниваемых магнитных сепараторов. Сепарационной характеристикой аппарата называется зависимость извлечения в продукт обогащения узкой фракции от величины χ_i этой фракции [1].

В табл. 2.1 приведены возможные сепарационные характеристики сухих магнитных сепараторов.

Таблица 2.1

Индукция магнитного поля и сепарационные характеристики по магнитному продукту (промпродукту)

Тип сепаратора	Индукция магнитного поля, Тл	Сепарационная характеристика, д. ед.				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
ПБС-90/150	0,14	0,33	0,78	0,94	0,98	1,00
2ПБС-90/250	0,15	0,35	0,80	0,95	0,99	1,00
2ПБС-90/250А	0,24	0,45	0,90	0,97	1,00	1,00

В расчётной работе сепарационные характеристики для каждого аппарата необходимо представить графически и по ним определить границу разделения χ_p и величину $\mathrm{tg}\alpha$ (рис. 2.1).

Разделительное число сепарационной характеристики по хвостам, д. ед.

$$\varepsilon_x(\chi_i) = 1 - \varepsilon_{п/п}(\chi_i). \qquad (2.1)$$

Границей разделения называется величина удельной магнитной восприимчивости такой фракции, извлечение которой в концентрат и хвосты равновероятно $\varepsilon_x(\chi) = \varepsilon_{п/п}(\chi) = 0{,}5$. Граница разделения определяется графически (см. рис. 2.1).

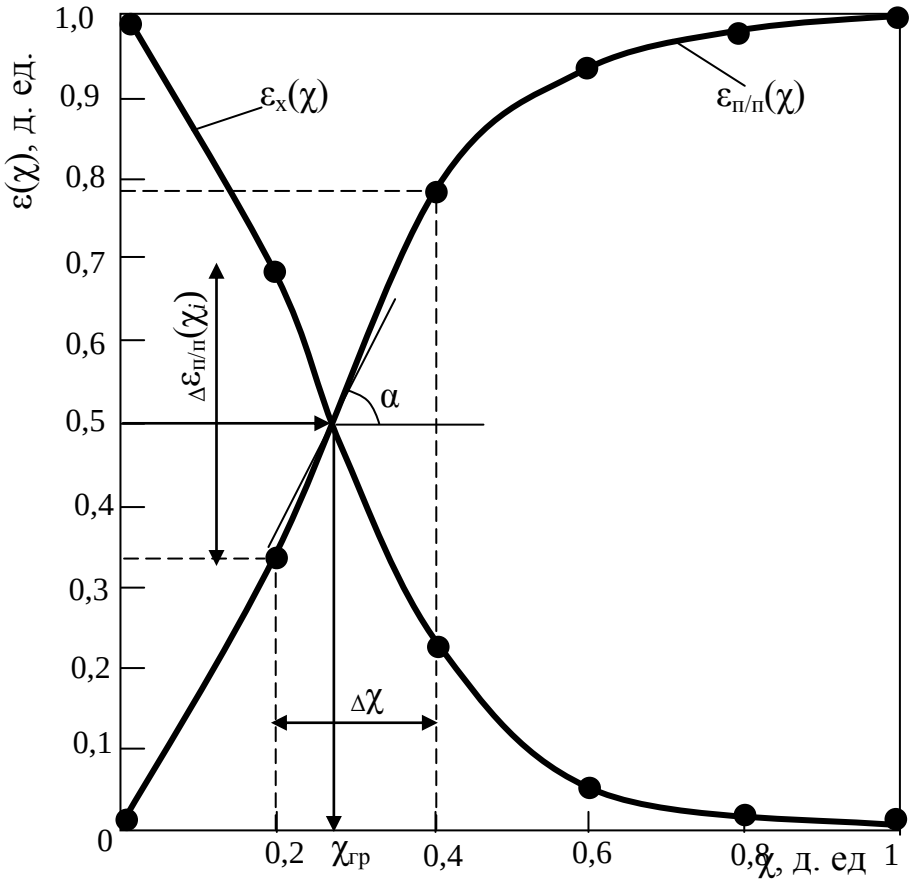


Рис. 2.1. Пример сепарационной характеристики сепаратора ПБМ-90/150: $\varepsilon_{п/п}(\chi)$ и $\varepsilon_{х}(\chi)$ – сепарационная характеристика по промпродукту и хвостам; α – угол наклона касательной, проходящей через рабочую точку

Крутизна сепарационной характеристики в рабочей точке, соответствующей границе разделения:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{d\varepsilon_{п/п}(\chi)}{d\chi} \approx \frac{\Delta\varepsilon_{п/п}(\chi)}{\Delta\chi}. \qquad (2.2)$$

Для определения величины $\Delta\varepsilon_{п/п}(\chi)$ необходимо из табл. 2.1 взять два разделительных числа, наиболее приближенных к $\varepsilon_{п/п}(\chi) = 0{,}50$ с той и другой стороны, и найти их разницу. Величина $\Delta\chi$ определится как разница удельных магнитных восприимчивостей, соответствующих разделительным числам при нахождении величины $\Delta\varepsilon_{к}(\chi)$. Например, для сепаратора ПБС-90/150 $\Delta\varepsilon_{п/п}$ = 0,78 – –0,33 = 0,45, $\Delta\chi$ = 0,4 – 0,2= 0,2.

Технологические показатели для каждого магнитного сепаратора определяются по формулам, %:

$$\gamma_{п/п} = \sum_{i=1}^{n} \gamma(\chi_i) \cdot \varepsilon_{к}(\chi_i); \qquad (2.3)$$

$$\gamma_{\text{х}} = \sum_{i=1}^{n} \gamma(\chi_i) \cdot \varepsilon_{\text{х}}(\chi_i); \tag{2.4}$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{\text{к}}(\chi_i) \cdot \gamma(\chi_i) \cdot \beta(\chi_i)}{\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{\text{к}}(\chi_i) \cdot \gamma(\chi_i)}; \tag{2.5}$$

$$\upsilon = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{\text{х}}(\chi_i) \cdot \gamma(\chi_i) \cdot \beta(\chi_i)}{\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{\text{х}}(\chi_i) \cdot \gamma(\chi_i)}. \tag{2.6}$$

Извлечение в промпродукт определяется по формуле (1.2), в хвосты – по формуле (1.4).

Пример расчета показателей для сепаратора 2ПБС-90/250А:

$$\beta = \frac{0{,}45 \cdot 22 \cdot 7 + 0{,}9 \cdot 21 \cdot 19 + 0{,}97 \cdot 20 \cdot 39 + 1{,}0 \cdot 19 \cdot 53 + 1{,}0 \cdot 18 \cdot 69}{0{,}45 \cdot 22 + 0{,}9 \cdot 21 + 0{,}97 \cdot 20 + 1{,}0 \cdot 19 + 1{,}0 \cdot 18} = 40{,}31\ \%;$$

$$\gamma_{\text{п/п}} = 0{,}45 \cdot 22 + 0{,}9 \cdot 21 + 0{,}97 \cdot 20 + 1{,}0 \cdot 19 + 1{,}0 \cdot 18 = 85{,}20\ \%;$$

$$\upsilon = \frac{0{,}55 \cdot 22 \cdot 7 + 0{,}1 \cdot 21 \cdot 19 + 0{,}03 \cdot 20 \cdot 39 + 0 \cdot 19 \cdot 53 + 0 \cdot 18 \cdot 69}{0{,}55 \cdot 22 + 0{,}1 \cdot 21 + 0{,}03 \cdot 20 + 0 \cdot 19 + 0 \cdot 18} = 10{,}00\ \%;$$

$$\gamma_{\text{х}} = 0{,}55 \cdot 22 + 0{,}1 \cdot 21 + 0{,}03 \cdot 20 + 0 \cdot 19 + 0 \cdot 18 = 14{,}8\ \%.$$

Результаты расчетов сводятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Показатели разделения руды в сухих магнитных сепараторах

Тип сепаратора	Промпродукт, %			Хвосты, %		
	выход	массовая доля	извлечение	выход	массовая доля	извлечение
ПБС-90/150						
2ПБС-90/250						
2ПБС-90/250А						

После расчёта технологических показателей необходимо для каждого сепаратора выполнить проверку по уравнению (1.6).

2.2. Выбор типа магнитного сепаратора

В курсовой работе приняты следующие условия целесообразности применения сухой магнитной сепарации:

$$\begin{cases} \upsilon^{\text{СМС}} \le 1{,}1 \cdot \upsilon_{\text{фабр.}}; \\ \gamma_{\text{х}}^{\text{СМС}} > 5\,\%, \end{cases} \qquad (2.7)$$

где $\upsilon^{\text{СМС}}$, $\gamma_{\text{х}}^{\text{СМС}}$ – показатели по хвостам сухой магнитной сепарации (см. табл. 2.2); $\upsilon_{\text{фабр.}}$ – показатель по хвостам общефабричного технологического баланса (см. табл. 1.1).

Показатели разделения по хвостам каждого магнитного сепаратора сравниваются по условиям (2.7). Если хотя бы одно из условий не выполняется, то данный сепаратор не следует применять. Если условия (2.7) соответствуют результатам разделения на нескольких сепараторах, то необходимо принять сепаратор, обеспечивающий больший выход хвостов. Параметры сепараторов приведены в литературе [2, 3] и на сайтах заводов-производителей, например – http://www.rudgormash.ru/.

Если результаты разделения всех заданных магнитных сепараторов не удовлетворяют данному условию, необходимо построить зависимости $\upsilon^{\text{СМС}}$, $\gamma_{\text{х}}^{\text{СМС}}$ от индукции магнитного поля сепаратора и сделать вывод, в какую сторону необходимо изменить индукцию для выполнения условия (2.7).

3. РАСЧЕТ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ

Цель расчета заключается в определении выходов всех продуктов схемы переработки магнетитовой руды. Исходными данными являются массовые доли железа и класса –71 мкм в продуктах обогащения, измельчения и классификации, задаваемые преподавателем на основании исследовательских работ и данных опробований технологического процесса на действующих фабриках.

В расчётной работе принята схема, включающая три стадии измельчения и три стадии (четыре операции) магнитного обогащения (рис. 3.1). Все продукты схемы необходимо пронумеровать.

Если в п. 2 настоящего учебно-методического пособия не принята сухая магнитная сепарация, то исходный продукт полностью направляется на I ст. измельчения, если принята – то на измельчение поступает промпродукт сухой магнитной сепарации.

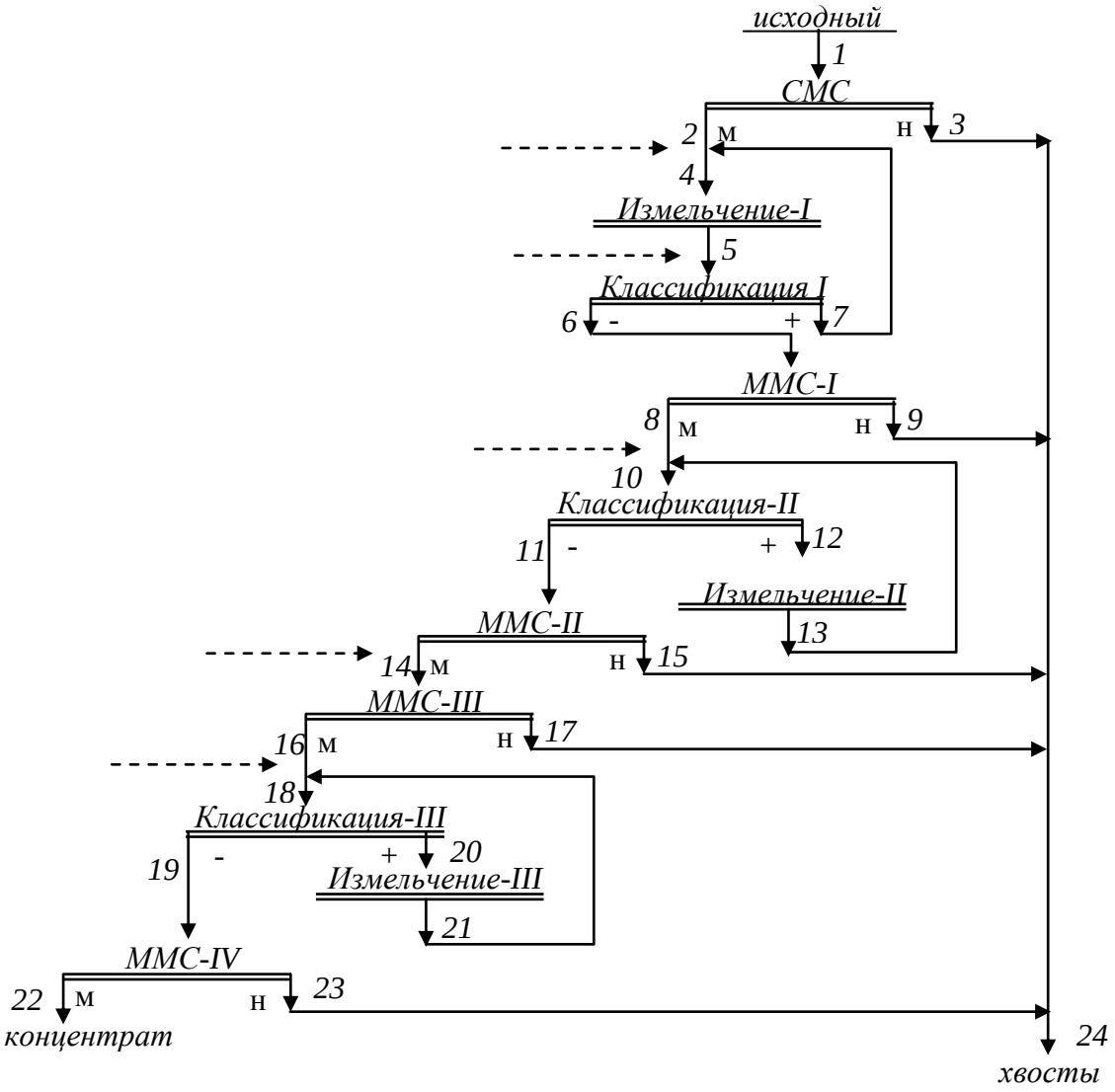


Рис. 3.1. Схема обогащения магнетитовой руды:
ММС, СМС – операции мокрой и сухой магнитной сепарации; м, н – магнитный и немагнитный продукты; «–», «+» – слив и пески классификатора или гидроциклона; «- - - - - - →» – подача технологической воды

Расчет стадий измельчения ведут по массовой доле класса –71 мкм, а операций магнитного обогащения – по массовой доле железа.

3.1. Расчет стадий измельчения

В принятой схеме обогащения в I стадии измельчения использована схема с поверочной классификацией (рис. 3.2), во II и III стадиях – с предварительной классификацией (рис. 3.3).

Исходные данные для расчетов приведены в табл. Б.2 приложения Б. Нумерация продуктов на рис. 3.2 и 3.3 не соответствует нумерации продуктов на рис. 3.1, что необходимо учитывать при расчете общей схемы.

Исходные данные для расчета I стадии измельчения с поверочной классификацией (см. рис. 3.2): β_1^{-71}, β_2^{-71}, β_3^{-71}, β_4^{-71}, $\gamma_1 = \gamma_3$, где β_j^{-71} – массовая доля класса –71 мкм в *j*-м продукте. Если сухая магнитная сепарация не принята к использованию, то $\gamma_1 = 100$ %, если СМС используется, то величина γ_1 равна выходу промпродукта принятого сухого магнитного сепаратора ($\gamma_{п/п}$ из табл. 2.2).

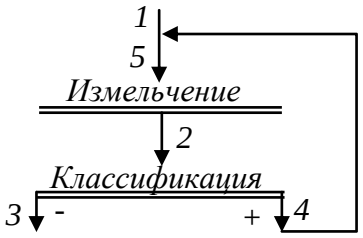


Рис. 3.2. Цикл измельчения с поверочной классификацией

Запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} \gamma_2 = \gamma_3 + \gamma_4; \\ \gamma_2 \cdot \beta_2^{-71} = \gamma_3 \cdot \beta_3^{-71} + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71}. \end{cases} \quad (3.1)$$

Решая систему уравнений (3.1), получим расчетные формулы, %:

$$\gamma_4 = \gamma_3 \cdot (\beta_3^{-71} - \beta_2^{-71}) / (\beta_2^{-71} - \beta_4^{-71}); \quad (3.2)$$

$$\gamma_2 = \gamma_5 = \gamma_3 + \gamma_4. \quad (3.3)$$

Величина β_5^{-71}, %:

$$\beta_5^{-71} = (\beta_1^{-71} \cdot \gamma_1 + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71}) / \gamma_5. \quad (3.4)$$

Исходные данные для расчета II и III стадий измельчения с предварительной классификацией (см. рис. 3.3): β_1^{-71}, β_2^{-71}, β_3^{-71}, β_4^{-71}, $\gamma_1 = \gamma_2$. Величины $\gamma_1 = \gamma_2$ для расчёта III стадии измельчения будут известны после расчёта операции ММС-IV, а для расчёта II стадии измельчения – после расчёта операции ММС-II.

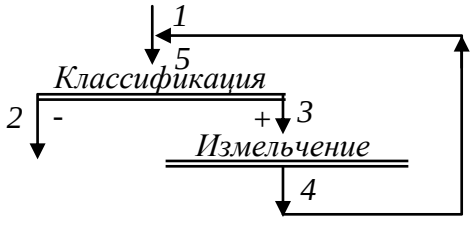


Рис. 3.3. Цикл измельчения с предварительной классификацией

Запишем соотношение:

$$\gamma_1 \cdot \beta_1^{-71} + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71} = \gamma_2 \cdot \beta_2^{-71} + \gamma_3 \cdot \beta_3^{-71}. \quad (3.5)$$

Учитывая, что $\gamma_1 = \gamma_2$ и $\gamma_3 = \gamma_4$, получим, %:

$$\gamma_3 = \gamma_4 = \frac{\gamma_1(\beta_2^{-71} - \beta_1^{-71})}{(\beta_4^{-71} - \beta_3^{-71})}. \quad (3.6)$$

Уравнения для величин γ_5 и β_5^{-71} следующие:

$$\gamma_5 = \gamma_1 + \gamma_4 = \gamma_2 + \gamma_3; \quad (3.7)$$

$$\beta_5^{-71} = (\gamma_1 \cdot \beta_1^{-71} + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71})/\gamma_5 = (\gamma_2 \cdot \beta_2^{-71} + \gamma_3 \cdot \beta_3^{-71})/\gamma_5. \quad (3.8)$$

Величину β_5^{-71} необходимо рассчитать по обеим формулам и сопоставить результаты.

Для каждого цикла измельчения рассчитывают циркулирующую нагрузку, %:

$$C = \frac{\gamma_ц}{\gamma_{исх}} \cdot 100, \quad (3.9)$$

где $\gamma_ц$ и $\gamma_{исх}$ – выходы 4-го и 1-го продуктов, % (см. рис. 3.2, 3.3).

3.2. Расчет операций мокрой магнитной сепарации

Расчет схемы обогащения ведут начиная с конечных операций – от операции ММС-IV до операции ММС-I.

Операция ММС-IV

Исходные данные для расчета операции ММС-IV: $\beta_{22} = \beta_к$, $\gamma_{22} = \gamma_к$, $\beta_{23} = 0{,}9 \cdot \beta_{24}$, $\beta_{24} = \upsilon_x$ (см. табл. 1.1), $\beta_{19} = 0{,}9 \cdot \beta_{22}$, где β_j – массовая доля железа в j-м продукте. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \gamma_{19} = \gamma_{22} + \gamma_{23}; \\ \gamma_{19} \cdot \beta_{19} = \gamma_{22} \cdot \beta_{22} + \gamma_{23} \cdot \beta_{23}. \end{cases} \quad (3.10)$$

Решая систему относительно γ_{23}, получим, %:

$$\gamma_{23} = \gamma_{22} \cdot (\beta_{22} - \beta_{19})/(\beta_{19} - \beta_{23}); \quad (3.11)$$

$$\gamma_{19} = \gamma_{16} = \gamma_{22} + \gamma_{23}. \quad (3.12)$$

Третья стадия измельчения

Выполняем расчёт по формулам (3.5)-(3.9).

Операция ММС-III

Исходные данные для расчета операции ММС-III: $\gamma_{16} = \gamma_{19}$, $\beta_{16} = \beta_{19}$, $\beta_{17} = (0{,}9 \div 0{,}95) \cdot \beta_{24}$, $\beta_{14} = (0{,}9 \div 0{,}85) \cdot \beta_{16}$. Запишем систему

уравнений:

$$\begin{cases} \gamma_{14} = \gamma_{16} + \gamma_{17}; \\ \gamma_{14} \cdot \beta_{14} = \gamma_{16} \cdot \beta_{16} + \gamma_{17} \cdot \beta_{17}. \end{cases} \quad (3.13)$$

Решая данную систему, найдем γ_{14} и γ_{17}.

Операция ММС-II

Исходные данные для расчета операции ММС-II: γ_{14}, β_{14}, $\beta_{15} = (0{,}95 \div 1{,}0) \cdot \beta_{24}$, $\beta_{11} = (0{,}85 \div 0{,}8) \cdot \beta_{14}$. Для определения γ_{15} и γ_{11} необходимо решить систему уравнений

$$\begin{cases} \gamma_{11} = \gamma_{14} + \gamma_{15}; \\ \gamma_{11} \cdot \beta_{11} = \gamma_{14} \cdot \beta_{14} + \gamma_{15} \cdot \beta_{15}. \end{cases} \quad (3.14)$$

Третья стадия измельчения

Выполняем расчёт по формулам (3.5)-(3.9).

Операция ММС-I

Исходные данные для расчета операции ММС-I: $\gamma_8 = \gamma_{11}$; $\beta_8 = \beta_{11}$; $\beta_6 = \beta_2$; $\gamma_6 = \gamma_2$; где β_2 и γ_2 – массовая доля железа и выход промпродукта СМС (см. табл. 2.2), если сухая магнитная сепарация предусмотрена. Если сухая магнитная сепарация не используется, β_2 и γ_2 – массовая доля железа и выход исходной дробленой руды, т. е. $\gamma_2 = 100$ %; $\beta_2 = \alpha$ (см. табл. 1.1). Для расчета используются формулы:

$$\gamma_9 = \gamma_6 - \gamma_8; \quad (3.15)$$

$$\beta_9 = (\gamma_6 \beta_6 - \gamma_8 \beta_8) / \gamma_9, \text{ \%}. \quad (3.16)$$

Для каждого *j*-го продукта схемы рассчитывают извлечение, %:

$$\varepsilon_j = \frac{\beta_j \cdot \gamma_j}{\alpha}, \quad (3.17)$$

где α – массовая доля железа в исходном продукте (см. табл. 1.1), %.

В конце расчета необходимо выполнить проверку по соотношениям:

$$\gamma_{24} = \gamma_{23} + \gamma_{17} + \gamma_{15} + \gamma_9 + \gamma_3; \quad (3.18)$$

$$\gamma_{24} \beta_{24} = \gamma_{23} \beta_{23} + \gamma_{17} \beta_{17} + \gamma_{15} \beta_{15} + \gamma_9 \beta_9 + \gamma_3 \beta_3. \quad (3.19)$$

Заканчивается раздел составлением таблицы и рисунком качественно-количественной схемы, форма которых приведена в табл. 3.1 и на рис. 3.4.

Таблица 3.1.

Результаты расчета качественно-количественной схемы

Поступает					Выходит				
наименование продуктов	выход, %	массовая доля, %		извлечение, %	наименование продуктов	выход, %	массовая доля, %		извлечение, %
		железа	кл. –71 мкм				железа	кл. –71 мкм	
Сухая магнитная сепарация									
1. Исходный	100	α	-	100	2. Магнитный	γ_2	β_2	β_2^{-71}	ε_2
					3. Немагнитный	γ_3	β_3	-	ε_3
Всего:	100	α	-	100	Всего:	100	α	-	100
Измельчение I									
2. Магнитный СМС	γ_2	β_2	β_2^{-71}	ε_2	5. Измельченный	γ_5	-	β_5^{-71}	-
7. Пески классификации	γ_7	-	β_7^{-71}	-					
Всего:	γ_4	-	β_4^{-71}	-	Всего:	γ_5	-	β_5^{-71}	-

и т. д. по всей схеме

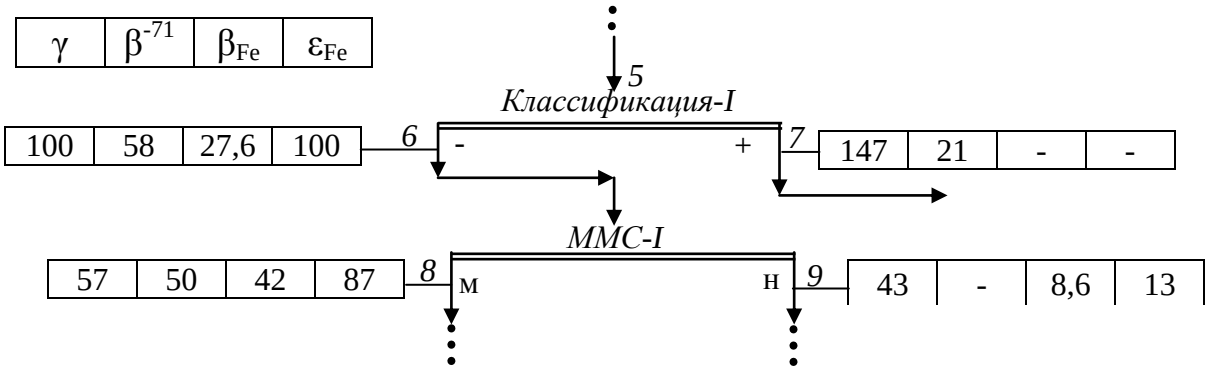


Рис. 3.4. Пример качественно-количественной схемы обогащения

4. РАСЧЕТ ВОДНО-ШЛАМОВОЙ СХЕМЫ

Расчет водно-шламовой схемы и составление баланса по воде выполняют для определения количества воды, подаваемой в операции; определения объема пульпы и её плотности; для нахождения общей потребности воды на 1 т перерабатываемого продукта.

Исходными данными для расчетов являются производительность по твердому, процентные содержания твердого в продуктах. Производительность по твердому j-й операции, т/ч:

$$Q_j = \gamma_j \cdot Q_{\text{исх}} /100, \qquad (4.1)$$

где $Q_{\text{исх}}$ – исходная производительность фабрики (столбец 2 табл. П.1 Приложения 2).

Содержание твердого в продуктах обогащения (см. рис. 3.1) необходимо принять следующее:

% тв.1 = %тв.2 = 98 %; % тв.5 = 70 %; % тв.6 = 35 %;
% тв.7 = 75 %; % тв.8 = 55 %; % тв.11 = 25 %;
% тв.12=%тв.13 = 68 %; % тв.14 = 50 %; % тв.16 = 50 %;
% тв.17 = 10 %; % тв.19 = 22 %; % тв.20=% тв.21= 60 %;
% тв. 22 = 50 %.

Содержание твердого в продуктах можно принять и по данным работы железообогатительных фабрик.

Для принятой схемы вода дополнительно подается в операции измельчения-I, операции классификации-I, II, III и в операцию ММС-III (см. рис. 3.1).

Результаты оформляют в виде табл. 4.1.

Таблица 4.1

Расчет водно-шламовой схемы магнитной сепарации

Поступает						Выходит					
номер и наименование продуктов	твердое		жидкое		всего, т/ч	номер и наимено-вание продуктов	твердое		жидкое		всего, т/ч
	%	т/ч	%	т/ч			%	т/ч	%	т/ч	
Измельчение-I											
2. Магнитный СМС	98,00	1000,00	2,00	20,41	1020,41	5. Измельчен-ный	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81
7. Пески классификации	75,00	1466,67	25,00	488,89	1955,56						
Вода	-	-	100,0	547,84	547,84						
Всего:	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81	Всего:	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81
Классификация-I											
5. Измельченный	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81	6. Слив	35,00	1000,00	65,00	1857,14	2857,14
Вода	-	-	100,0	1288,89	1288,89	7. Пески	75,00	1466,67	25,00	488,89	1955,56
Всего:	51,25	2466,67	48,75	2346,03	4812,70	Всего:	51,25	2466,67	48,75	2346,03	4812,70

и т. д. по всей схеме.

Для расчетов используются соотношения:

$$\% \text{ ж.} = 100 - \% \text{ тв.}, \%, \quad (4.2)$$

$$W = Q \cdot \frac{\% \text{ ж.}}{\% \text{ тв.}}, \text{ т/ч}, \quad (4.3)$$

$$L = Q + W, \quad (4.4)$$

$$\% \text{ ж.} = \frac{W}{L} \cdot 100 \%, \quad \% \text{ тв.} = \frac{Q}{L} \cdot 100 \%, \quad (4.5)$$

где % ж., % тв. – процентные содержания жидкого и твердого в продукте, %; *Q, W, L* – масса твердого, масса или объем жидкого и общая масса продукта, т/ч, м^3/ч, т/ч соответственно.

Расчет водно-шламовой схемы начинают с «головы» процесса, от операции измельчения I к операции ММС-IV. Сухая магнитная сепарация не рассчитывается.

Порядок расчета следующий:

1. По формуле (4.1) рассчитывают величины Q_i и заносят в табл. 4.1.
2. Определяют для продуктов схемы показатели, % ж, (4.2).
3. Вычисляют величины *W*, (4.3).
4. Определяют суммарные массы продуктов и их составляющих.
5. Если величина % тв. не задана, её рассчитывают по формуле (4.5).

Примеры расчета водно-шламовой схемы приведены в работах [4, 5].

Водно-шламовая схема дает возможность составить баланс по воде (табл. 4.2). Суммарное количество воды, поступающее в процесс, должно равняться суммарному количеству воды, уходящему из процесса с конечными продуктами.

Таблица 4.2

Баланс воды по фабрике, м^3/ч

Поступает в операцию		Выходит с продуктом	
1. В измельчение I с концентратом СМС	W_2	1. Хвосты ММС-I	W_9
2. В измельчение I	W_4	2. Хвосты ММС-II	W_{15}
3. В классификацию I	W_5		
4. В классификацию II	W_{10}	3. Хвосты ММС-III	W_{17}
5. В ММС–III	W_{14}	4. Хвосты ММС-IV	W_{23}
6. В классификацию III	W_{18}	5. Концентрат ММС-IV	W_{22}
Всего:	ΣW	Всего:	ΣW

Определив общий расход воды, равный $\Sigma W - W_2$, находят удельный её расход на 1 т обогащаемой руды.

$$q = (\Sigma W - W_2) / Q_{исх}. \qquad (4.6)$$

Обычно эта величина находится в пределах 3-8 м^3/т.

Пример схемы приведен на рис. 4.1.

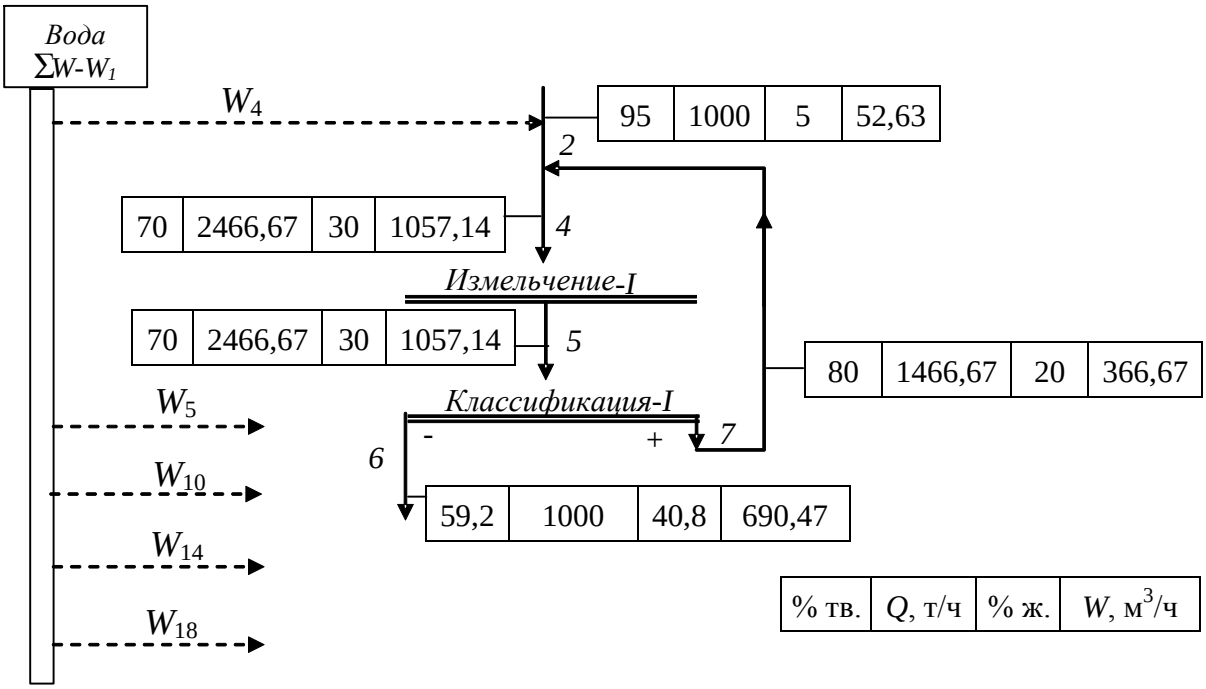


Рис. 4.1. Пример составления водно-шламовой схемы

Заканчивается раздел составлением водно-шламовой схемы с указанием общего расхода воды, точек подачи воды с её количеством и показателей % тв., % ж., *Q, W* для каждой операции.

5. РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.1. Расчет и выбор оборудования для измельчения

В курсовой работе принята схема с трехстадиальным измельчением. В I, II и III стадиях измельчения необходимо использовать шаровые мельницы с центральной разгрузкой или через решётку.

Рекомендации по выбору типа мельниц приведены в литературе [4], по расчету – в [4, 5, 6].

Выбор мельниц выполняется в следующей последовательности:

а) определение необходимой производительности цикла измельчения по расчетному классу;

б) определение удельной производительности выбранных типоразмеров мельницы для проектных условий;

в) расчет необходимого объёма мельниц;

г) определение количества мельниц.

В пояснительной записке необходимо привести расчет для одного типоразмера мельницы. Результаты расчетов необходимо свести в таблицы, форма которых приведена в литературе [5].

5.2. Расчет и выбор оборудования для классификации

В первом цикле измельчения для классификации необходимо применить спиральные классификаторы, во II и III – гидроциклоны. Количество спиральных классификаторов, устанавливаемых с одной мельницей, как правило, равно единице.

Рекомендации по выбору типа классифицирующего оборудования приведены в книге [4], характеристики оборудования – в книге [6], порядок и пример расчета – в книгах [4, 5, 6].

Порядок расчета спиральных классификаторов [5]:

а) определение необходимого диаметра спирали;

б) выбор ближайшего наибольшего значения диаметра из каталогов или литературы [6];

в) определение производительности выбранного типоразмера классификатора по сливу;

г) проверка производительности по пескам.

Порядок расчета гидроциклонов [5]:

а) выбирают несколько типоразмеров гидроциклонов;

б) по каждому варианту рассчитывают производительность и количество гидроциклонов;

в) для выбранных типоразмеров подбирают размер песковой насадки, и он проверяется по величине нагрузки.

В пояснительной записке необходимо привести расчёт для спирального классификатора и пример расчета для гидроциклонов.

5.3. Расчет магнитных сепараторов для сухого обогащения

Рекомендации по выбору и расчету магнитных сепараторов для сухого обогащения приведены в литературе [2, 3, 4].

Количество магнитных сепараторов, шт.:

$$N = \frac{Q_{\text{исх.}}}{Q}, \qquad (5.1)$$

где $Q_{\text{исх.}}$ – исходная производительность операции сухой магнитной сепарации, т/ч; Q – производительность одного сепаратора, т/ч.

Производительность сепаратора, т/ч:

$$Q = 0{,}82\, n\, (L - 0{,}1)\, \upsilon\, \delta\, \frac{d_2 - d_1}{\lg(d_2/d_1)}\, a\, b, \qquad (5.2)$$

где n – число барабанов для основной сепарации (для сепараторов, принятых к установке, n = 1); L – длина барабана, м; υ – линейная скорость вращения головного барабана, принимается равной 1 м/с; δ – плотность руды, т/м^3; d_1 и d_2 – наименьший и наибольший размеры зерен руды в питании, мм (в случае неклассифицированного материала при d_1= 0 мм принимается d_1 = 0,01 d_2); a – эмпирический коэффициент, зависящий от крупности питания (табл. 5.1); b – коэффициент, зависящий от соотношения между числом основных и перечистных барабанов сепаратора (табл. 5.2).

Плотность и крупность мелкодроблёной руды принимается по заданию преподавателя, например δ=3,6 т/м^3, крупность 0-25 мм.

Таблица 5.1

Значение коэффициента «*a*» в формуле (5.2) при υ = 1 м/с [4]

Крупность питания, мм	10–0	20–0	30–0	От 40–0; до 60–0	10–5	20–6	30–6	От 40–6; до 60–6
Значение «*a*»	2,5	1,5	1,1	1,0	1,2	0,75	0,65	0,6

Таблица 5.2

Значение коэффициента «*b*» в формуле (5.2) [4]

Отношение числа барабанов, используемых для перечистки хвостов, к числу основных барабанов	0:1	1:2	1:1	2:2
Значение «*b*»	1,0	1,25	1,5	1,5

Формула (5.2) определяет производительность барабана, на котором слой материала имеет высоту d_2.

5.4. Расчет и выбор магнитных сепараторов для мокрого обогащения

Рекомендации по выбору и расчету магнитных сепараторов для мокрого обогащения приведены в работах [2, 3, 4].

Для обогащения магнетитсодержащих (сильномагнитных) руд используют барабанные сепараторы с прямоточной, противоточной и полупротивоточной ванной.

Сепараторы с прямоточной ванной применяют для получения грубого концентрата при крупности исходного 5-0 мм (обычно до 25 % класса –50 мкм). Сепараторы с противоточной ванной исполь-

зуют при обогащении материала крупностью 3-0 мм. Сепараторы с полупротивоточной ванной применяют при крупности исходного менее 0,2 мм (обычно более 60 % класса –50 мкм).

В курсовой работе необходимо принять к установке в I операции магнитной сепарации противоточные сепараторы ПБМ-П, в операциях II, III и IV – полупротивоточные ПБМ-ПП. Количество магнитных сепараторов N определяя.n по формуле (5.3)^

$$N = \frac{Q_{\text{ММС}}}{Q}, \qquad (5.3)$$

где $Q_{\text{ММС}}$ –производительность j-й операции ММС, т/ч; Q – производительность одного сепаратора, т/ч.

Производительность одного сепаратора (по сухому исходному питанию), т/ч:

$$Q = q\,(L–0{,}1), \qquad (5.4)$$

где q – удельная производительность по твёрдому, т/(м·ч); L – длина каждого барабана, м.

Величина удельной производительности принимается по данным практики (табл. 7.13 [2]; табл. 59 [4]). Ориентировочные значения удельной производительности сепараторов ПБМ приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Значение удельных производительностей сепараторов ПБМ

Стадия обогащения	ПБМ-П-90/250	ПБМ-П-120/300	ПБМ-П-150/200	ПБМ-ПП-90/250	ПБМ-ПП-120/300	ПБМ-ПП-150/200
I	40	60	80	-	-	-
II	30	45	60	25	30	35
III	-	-	-	15	20	25

Магнитные сепараторы операций ММС-II и ММС-III относятся ко второй стадии обогащения. Они компонуются в виде двухбарабанного сепаратора (основная и перечистная операции). Поэтому количество сепараторов операций ММС-II и ММС-III должно быть одинаковым.

6. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ЦЕПИ АППАРАТОВ

В конце пояснительной записки приводится схема цепи аппаратов, на которой изображено технологическое оборудование, потоки движения материала, а также представлена спецификация оборудования с указанием типа и количества.

Условные обозначения оборудования показаны на рис. 6.1., пример составления схемы цепи аппаратов – на рис. 6.2.

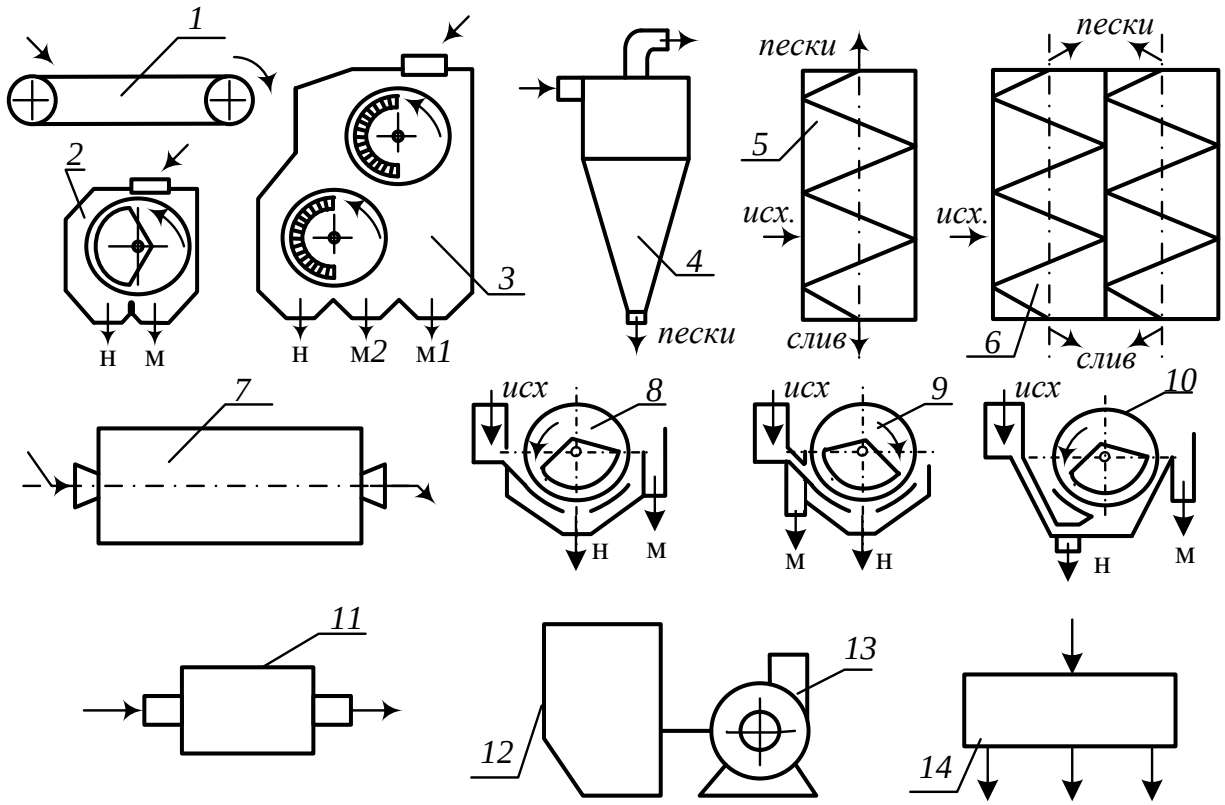


Рис. 6.1. Условные обозначения оборудования:
1 – конвейер; *2* – барабанный сепаратор типа ЭБС, ПБС; *3* – двухбарабанный сепаратор типа 2ПБС; *4* – гидроциклон; *5, 6* – односпиральный и двухспиральный классификаторы; *7* – мельница *8, 9, 10* – барабанные сепараторы типа ПБМ, ПБМ-П, ПБМ-ПП соответственно; *11* – размагничивающий аппарат; *12* – зумпф; *13* – насос; *14* – пульподелитель

Пример составления спецификации оборудования представлен в табл. 6.1

Таблица 6.1

Спецификация оборудования

Марка, поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Приме-чание
1	Конвейер	Конвейер	2		
2	МШЦ	Мельница шаровая	2		
3	КСП	Спиральный классификатор	2		
4	Зумпф	Зумпф	2		
5	8ГР-8	Песковый насос	2		
6	Пульподелитель	Пульподелитель			
7	ПБМ-150/200	Прямоточный маг-нитный сепаратор	4		

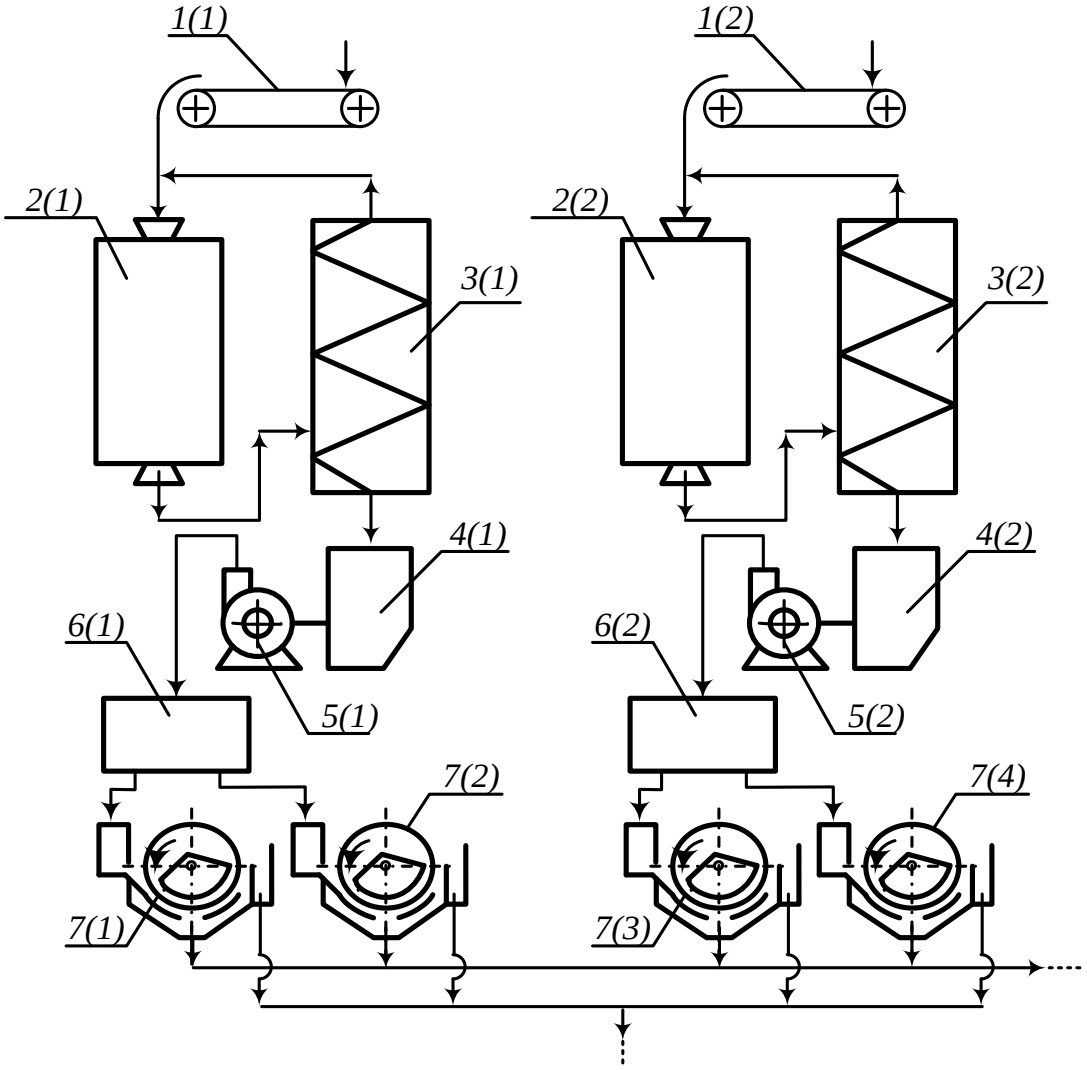


Рис. 6.2. Пример составления схемы цепи аппаратов и спецификации

Схема цепи аппаратов изображается на отдельном листе формата А3 или А2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Цыпин Е. Ф., Морозов Ю. П., Козин В. З.* Моделирование обогатительных процессов и схем: учебник – Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1996. – 368 с.

2. *Кармазин, В. В.*, Кармазин В. И.. Магнитные и электрические методы обогащения: учебник для вузов – М.: Недра, 2005. – 669 с.

3. *Справочник по обогащению руд.* Основные процессы. – 2-е перераб. изд. – М.: Недра, 1983. – 381 с.

4. *Морозов Ю. А.* Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. Часть 1 и 2 – Екатеринбург. Изд-во УГГУ, 2014. – 266 с.

5. *Иванов, Э. Э.* Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие по выполнению курсового проекта – Екатеринбург: изд. УГГГА, 2004. – 145 с.

6. *Справочник по обогащению руд*. Подготовительные процессы. 2-е издание, перераб. – М.: Недра, 1982. – 366 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

по дисциплине «Магнитные и электрические процессы»

вариант №____

выдано студенту _____ группа ОПИ_____

Тема курсовой работы: «Отделение измельчения и магнитного обогащения магнетитовой руды производительностью _____млн. т/год»

Содержание курсовой работы: Пояснительная записка, включающая текстовую часть и схему цепи аппаратов на формате А1-А3.

Сроки выполнения: _____

Задание выдал: _____ проф. каф. ОПИ Пелевин А. Е.
дата, подпись

Задание получил: _____
дата, подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б. 1

Показатели работы фабрики и характеристика исходной руды

Номер задания	Производительность, т/ч	Массовая доля железа в концентрате, %	Извлечение железа в концентрат, %	γ(χ)-функция					β(χ)-функция				
				0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***	***11***	***12***	***13***	***14***
1	400	54,7	72,1	37	27	17	12	7	4	20	37	54	71
2	430	55,1	71,2	43	27	14	9	7	4	21	37	54	71
3	450	53,1	70,3	44	28	15	8	5	4	21	38	54	71
4	470	53,4	71,4	45	30	13	8	4	4	20	38	55	71
5	500	54,7	73,5	43	29	16	7	5	4	20	37	55	70
6	520	55,4	72,4	42	28	17	9	4	5	18	36	52	69
7	540	56,6	73,3	40	27	17	10	6	5	19	36	52	69
8	570	57,7	73,2	39	27	16	11	7	5	19	37	52	69
9	600	58,1	74,1	37	26	16	14	7	5	19	37	53	70
10	620	59,0	74,0	36	25	17	13	9	5	18	36	53	70
11	640	60,2	75,1	34	25	17	14	10	6	19	38	53	70
12	670	61,4	75,2	32	24	17	14	13	6	20	38	53	70
13	700	62,3	76,3	31	24	18	15	12	6	20	39	53	70
14	720	63,4	76,4	30	23	18	16	13	6	20	39	54	70
15	745	64,5	77,5	28	23	18	17	14	6	19	40	54	69
16	770	65,4	77,4	27	22	19	17	15	7	18	38	52	69
17	795	66,3	78,3	25	22	19	18	16	7	19	38	52	69
18	820	67,2	78,2	24	22	20	17	17	7	19	39	52	69
19	840	68,1	79,1	22	21	20	19	18	7	19	39	53	69
20	870	59,0	80,0	40	27	16	12	5	7	18	38	52	68
21	900	60,1	80,1	39	27	16	13	5	5	19	37	53	70
22	920	61,2	80,2	37	26	16	14	7	5	20	37	53	70
23	950	62,3	80,3	36	26	17	14	7	5	20	38	53	70
24	970	63,4	80,4	35	25	17	15	8	5	20	38	54	70
25	1000	64,5	80,5	33	25	17	16	9	5	20	37	54	69
26	380	65,4	80,4	32	24	18	16	10	4	19	36	53	70
27	410	64,1	79,3	36	26	16	16	6	4	18	36	53	70
28	450	63,7	78,2	37	27	17	12	7	4	18	35	53	70
29	500	64,8	77,1	38	26	18	10	8	4	18	35	52	70
30	600	62,9	75,9	32	25	19	15	9	4	19	36	53	69

Таблица Б. 2

Показатели для расчета циклов измельчения I, II, III

номер задания	Содержание класса –71 мкм, %											
	I				II				III			
	β_1	β_2	β_3	β_4	β_1	β_2	β_3	β_4	β_1	β_2	β_3	β_4
1	6	36	58	22	50	75	36,2	61,2	71	90	52,2	84,2
2	5	35	58	21	49	75	36,4	61,4	70	90	52,4	84,4
3	7	34	57	20	51	74	36,6	61,6	69	89	52,6	84,6
4	6	36	57	21	50	74	37,5	63,5	70	89	53,4	86,8
5	5	34	59	22	49	76	36,8	61,8	69	91	52,8	84,8
6	7	36	59	22	51	76	38,8	64,3	71	91	55,1	87,3
7	6	35	58	21	50	75	37,2	62,2	70	90	53,2	85,2
8	5	37	58	20	49	75	37,4	62,4	69	90	53,4	85,4
9	7	38	57	22	51	74	36,3	65,3	71	89	52,5	88,8
10	6	37	57	21	50	74	36,3	64,1	70	89	52,5	87,5
11	5	38	59	22	49	76	37,6	62,6	69	91	53,6	85,6
12	7	35	59	21	50	57	37,8	62,8	71	91	53,8	85,8
13	6	36	58	21	50	75	37,5	63,5	70	90	54,2	86,8
14	5	35	58	20	49	75	37,5	62,2	69	90	54,1	85,6
15	7	37	57	22	51	74	37,1	64,8	71	89	53,4	88,1
16	6	36	57	21	50	74	37,2	63,5	70	89	53,4	86,8
17	5	34	59	20	49	76	38,8	61,4	69	91	55,5	84,9
18	7	36	59	22	51	76	38,8	64,3	71	91	55,5	87,3
19	6	35	58	21	50	75	38,3	63,1	70	90	54,9	86,1
20	5	34	58	20	49	75	38,2	61,7	69	90	54,9	84,9
21	7	38	57	22	51	74	36,3	65,3	71	89	52,5	88,8
22	6	34	57	20	50	74	38,2	63,2	70	89	54,2	86,2
23	5	36	59	20	49	76	37,2	62,7	69	91	53,7	86,3
24	7	38	59	22	51	76	37,2	65,3	71	91	53,7	88,8
25	6	36	58	21	50	75	38,3	64,1	70	90	54,9	87,5
26	5	35	58	20	49	75	38,3	62,7	69	90	54,9	86,3
27	7	34	57	22	51	74	38,4	63,4	71	89	54,4	86,4
28	6	37	57	21	50	74	38,6	63,8	70	89	54,6	86,6
29	5	36	59	20	49	76	38,8	63,6	69	91	54,8	86,8
30	7	38	59	20	51	76	39,0	64,2	71	91	55,2	87,0

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка Аксеньюшкиной М. В.

Подписано в печать 5.09.2015 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60x84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л. 1,75 Уч.-изд. л. 1,66 Тираж 200 экз. Заказ № 74

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный
университет»

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения**

**Екатеринбург
2019**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«23» сентября 2019 г.
Председатель комиссии


_____ проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения**

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

П 23

Р е ц е н з е н т : Т. Ю. Овчинникова, доцент кафедры ОПИ УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 06 сентября 2019 г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 51 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой дисциплины «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых». В пособии приведены цель и пояснения к лабораторной работе, необходимое оборудование и материалы, методика выполнения работы и обработки полученных результатов, а также содержание отчёта.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Пелевин А. Е., 2019
© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е 4

РАСЧЁТНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ 6

Лабораторная работа № 1 –

МАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ РУД И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ 8

Лабораторная работа № 2 –

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОЛИКОВОГО СЕПАРАТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ 12

Лабораторная работа № 3 –

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ 17

Лабораторная работа № 4 –

СУХАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД 24

Лабораторная работа № 5 –

МОКРАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД ... 29

Лабораторная работа № 6 –

ВЫСОКОГРАДИЕНТНАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ 33

Лабораторная работа № 7 –

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТРИБОЗАРЯДА МИНЕРАЛОВ 36

Лабораторная работа № 8 –

РАЗДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА 39

Лабораторная работа № 9 –

РАЗДЕЛЕНИЕ ПО КРУПНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОАДГЕЗИОННОЙ СЕПАРАЦИИ 43

Лабораторная работа № 10 –

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ МИНЕРАЛОВ 47

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 51

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью лабораторных работ является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Магнитные и электрические методы обогащения», освоение студентами методик проведения экспериментальных исследований в области магнитного и электрического обогащения полезных ископаемых и техногенного сырья и изучение конструкций лабораторных сепараторов.

Практические занятия направлены на подготовку студента к решению научных и прикладных производственных задач. Каждая лабораторная работа представляет собой эксперимент по получению новых для студента знаний о процессах магнитного и электрического обогащения минерального сырья. Результатом каждой лабораторной работы являются экспериментальные зависимости, описывающие влияние на показатели обогащения параметров и режимов работы сепаратора или свойств исходного продукта.

Лабораторные работы выполняются бригадами из 3-5 человек. Бригадир отвечает за дисциплину во время выполнения лабораторной работы, получает и сдаёт приборы и материалы, необходимые для выполнения работы, контролирует процесс выполнения эксперимента и обмен полученных экспериментальных данных между членами бригады.

Отчёт по лабораторным работам

По результатам выполнения лабораторных работ составляется «*Отчёт по выполнению лабораторных работ по курсу* «*Магнитные и электрические методы обогащения*».

Отчёт предоставляется преподавателю на проверку в виде сброшюрованной пояснительной записки, оформленной на листах формата А4.

После проверки отчёта преподаватель назначает время защиты. При защите необходимо знать цель работы, устройство и назначение применяемых аппаратов, методику проведения исследований, расчетные формулы, значение и физический смысл входящих в формулы величин и *уметь объяснять* полученные результаты.

Пояснительная записка (отчёт) должна содержать:

– титульный лист, подписанный студентом (пример оформления приведён в ПРИЛОЖЕНИИ);

– содержание;

– отчёты по каждой лабораторной работе;

– список использованных источников.

Отчёт составляется на основе записей в рабочей тетради. Отчёт по каждой лабораторной работе начинают с новой страницы.

Отчёт по каждой лабораторной работе включает:

– порядковый номер и название лабораторной работы;

– цель работы, необходимые материалы и применяемое оборудование, методику проведения работы;

– эскиз оборудования (лабораторного сепаратора или измерительной установки);

– измеренные результаты;

– вычисленные результаты с расчётными формулами, по которым получены результаты;

– сводную таблицу с измеренными и вычисленными результатами;

– экспериментальные зависимости в виде графиков;

– выводы, в которых даётся оценка влияния на показатели обогащения параметров и режимов работы сепаратора или свойств исходного продукта.

Все расчеты выполняются с точностью до второго знака после запятой. Значения измеренных и вычисленных величин приводятся в сводной таблице с двумя знаками после запятой.

Эскиз лабораторного сепаратора или измерительной установки выполняется студентом с помощью карандаша «от руки». Основные элементы сепаратора должны быть обозначены арабскими (наклонными) цифрами с расшифровкой после названия рисунка. Направление вращения рабочих органов сепараторов (барабанов, валков) должно быть обозначено на эскизе стрелкой. Также стрелкой необходимо показать направления движения исходного продукта и продуктов разделения в сепараторе.

Эскиз лабораторного сепаратора должен отражать конструкцию аппарата и принцип разделения смеси частиц в этом сепараторе.

Отчёт по лабораторным работам является официальным документом и оформляется по определённым правилам по ГОСТ 2.105-95. Оформление заголовков, текста, таблиц, рисунков, формул следует выполнять так же как в настоящем учебно-методическом пособии.

РАСЧЁТНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ

При выполнении лабораторных работ студенты получат значения непосредственно измеренных и вычисленных показателей, характеризующих эффективность обогащения.

К измеренным результатам относятся массы продуктов разделения, полученных непосредственно в сепараторе или с помощью анализатора показателя продукта (ручной магнит, контрольное сито). Масса продукта определяется путём взвешивания на электронных весах.

К вычисленным показателям относятся выходы продуктов разделения и извлечение полезного компонента в продукт обогащения.

Массовая доля полезного компонента в продукте может относиться как к измеренному показателю, так и к вычисленному показателю. Массовая доля полезного компонента относится к измеренному показателю, если её задал преподаватель или она определена с помощью анализатора, например с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора.

Вычисленные показатели рассчитываются по нижеприведённым формулам.

Формулы для проверки баланса масс продуктов:

1 – для двух продуктов разделения:

$$M_\alpha = M_к + M_х; \qquad (1)$$

2 – для любого количества продуктов разделения:

$$M_\alpha = \sum_{i=1}^{n} M_i, \qquad (2)$$

где M_α, $M_к$, $M_х$, M_i – масса, соответственно исходного продукта, концентрата, хвостов и i-го продукта, г или кг; n – количество продуктов разделения.

Формулы для расчёта выходов продуктов разделения:

1 – массовая доля полезного компонента в продуктах разделения не известна (является вычисленным показателем):

$$\gamma_к = 100 \cdot M_к / M_\alpha; \quad \gamma_х = 100 \cdot M_х / M_\alpha; \quad \gamma_i = 100 \cdot M_i / M_\alpha, \qquad (3)$$

где $\gamma_к$, $\gamma_х$, γ_i – выход, соответственно концентрата, хвостов и i-го продукта, %;

2 – массовая доля полезного компонента в продуктах разделения

известна (является измеренным показателем):

$$\gamma_к = 100\cdot(\alpha - \nu) / (\beta - \nu); \quad \gamma_х = 100\cdot(\beta - \alpha) / (\beta - \nu), \qquad (4)$$

где α, β, ν – массовые доли полезного компонента, соответственно в исходном продукте, в концентрате и в хвостах, %.

З – для продуктов разделения должен выполняться баланс по выходам:

$$\gamma_к + \gamma_х = 100; \qquad \sum_{i=1}^{n} \gamma_i = 100. \qquad (5)$$

Формулы для расчёта массовой доли полезного компонента:

Массовые доли полезного компонента в исходном продукте, в концентрате и в хвостах определяется по формулам:

$$\alpha = 100\cdot K_\alpha / M_\alpha; \quad \beta = 100\cdot K_к / M_к; \quad \nu = 100\cdot K_х / M_х, \qquad (6)$$

где K_α, $K_к$, $K_х$ – массы полезного компонента, соответственно в исходном продукте, в концентрате и в хвостах, г или кг.

Массовая доля полезного компонента в любом *i*-том продукте (промпродукте) равна:

$$\beta_i = 100\cdot K_i / M_\alpha, \qquad (7)$$

где β_i – массовая доля полезного компонента в *i*-том продукте, %; K_i – масса полезного компонента в *i*-том продукте, г или кг.

Формулы для расчёта извлечения полезного компонента в продукты обогащения:

Извлечения полезного компонента в продукты обогащения определяются по формулам:

$$\varepsilon_к = 100\cdot K_к / K_\alpha; \quad \varepsilon_х = 100\cdot K_х / K_\alpha; \quad \varepsilon_i = 100\cdot K_i / K_\alpha; \qquad (8)$$

$$\varepsilon_к = \gamma_к\cdot\beta / \alpha; \quad \varepsilon_х = \gamma_х\cdot\nu / \alpha; \quad \varepsilon_i = \gamma_i\cdot\beta_i / \alpha. \qquad (9)$$

Для продуктов разделения должен выполняться баланс по извлечениям:

$$\varepsilon_к + \varepsilon_х = 100; \qquad \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i = 100. \qquad (10)$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
МАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ РУД И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Цель работы: изучение конструкции трубчатого анализатора и освоение методики определения массовой доли сильномагнитных минералов (магнетита) в рудах и продуктах обогащения.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в трубчатом магнитном анализаторе 25Т-СЭМ

Магнитный анализ применяется для контроля процесса магнитного обогащения, для исследований вещественного состава, обогатимости руд и продуктов обогащения. Магнитный анализ выполняется в соответствии с ГОСТ-25114-82 или по техническим условиям, разработанным предприятием применительно к обогащаемой магнетитовой руде.

Магнитный анализ магнетитовых руд крупностью менее 1 мм выполняется с помощью трубчатого анализатора 25Т-СЭМ. Такой анализатор получил общемировое название – «трубка Дэвиса».

Основными элементами трубчатого анализатора являются стеклянная трубка *4* и электромагнитная система, состоящая из обмоток возбуждения *1*, магнитопровода *2* и полюсных наконечников *3* (рисунок 1).

При магнитном анализе исходный материал с водой подают в трубку, совершающую возвратно-поступательные движения в межполюсном зазоре в пределах 30 мм с небольшим поворотом вокруг своей оси, что способствует очистке магнитного продукта от механически захваченных немагнитных частиц. Немагнитные частицы вместе с водой разгружаются через отверстие в нижней части трубки. Магнитные частицы *5* заполняют межполюсный зазор, притягиваясь к полюсам электромагнита (рисунок 1). В трубке поддерживается постоянный расход и уровень воды выше полюсных наконечников. После разгрузки немагнитных частиц отключается ток питания электромагнита и разгружается магнитная фракция. После проведения магнитного анализа определяют технологические показатели обогащения.

Необходимые материалы и оборудование:

– исходная руда (три пробы массой по 30-50 г);
– магнитный анализатор;
– стаканчик (3 шт.);
– промывалка;

– приемники для сбора немагнитной фракции (тазы – 2 шт.);
– чашки для сбора магнитной фракции (3 шт.);
– электронные весы;
– сушильный шкаф.

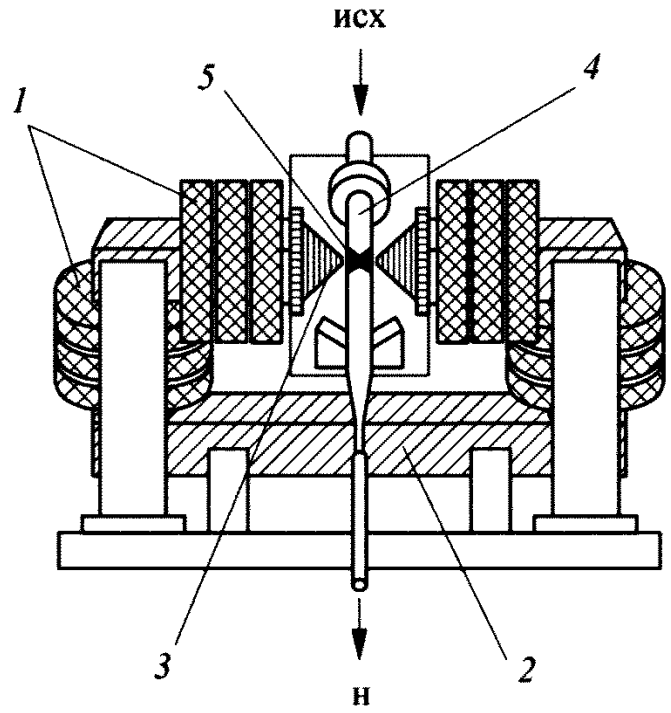


Рисунок 1 – Трубчатый анализатор 25Т-СЭМ:
1 – обмотки возбуждения; *2* – магнитопровод; *3* – полюсные наконечники; *4* – стеклянная трубка; *5* – магнитная фракция

Методика проведения работы

1. Подготавливаются три навески руды по 30-50 г каждая и замачиваются в стаканчиках.

2. Трубка магнитного анализатора заливается водой выше полюсов электромагнитной системы и устанавливается постоянный расход воды в пределах $(16\text{-}32)\cdot10^{-6}$ м^3/с (задает преподаватель). Вода поступает в сменные тазы.

3. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита. Для каждого опыта (для магнитного анализа каждой навески руды) преподаватель задаёт три значения силы тока, питающего электромагнит.

4. Включается привод стеклянной трубки и в нее небольшими порциями загружается исходный материал. Магнитные частицы под влиянием магнитного поля удерживаются на стенках трубки между полюсами.

Немагнитные частицы выносятся потоком воды из трубки в специальную сменную ёмкость (тазы). При наполнении первого таза он заменяется на второй таз. Вода из первого таза сливается в шламотстойник. Далее тазы постоянно меняются, пока вся немагнитная фракция не выйдет из трубки (определяется визуально).

Одновременно с подачей воды в трубку зажимом регулируется выгрузка материала из трубки таким образом, чтобы уровень воды оставался постоянным. Продолжительность проведения опыта обычно составляет 15-20 мин.

5. По окончании опыта (после выхода из трубки всей немагнитной фракции) отключается привод стеклянной трубки и прекращается подача воды в трубку. Таз для сбора немагнитного продукта меняется на чашку для сбора магнитного продукта.

6. Путем плавного вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки силу тока снижают от заданного значения до нуля. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! *Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.*

7. Магнитная фракция разгружается с помощью промывалки в чашку.

6. Магнитная фракция обезвоживается, сушится и взвешивается с точностью до сотых долей грамма.

7. Пункты 2–6 повторяются для трёх навесок руды.

Основные требования техники безопасности!

1. *Включение трубчатого анализатора производится после визуальной проверки надежности заземления анализатора и блока питания электромагнита (выпрямителя) и отсутствия видимых повреждений оборудования.*

2. *В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться обмоток возбуждения электромагнита трубчатого анализатора.*

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Массы магнитных продуктов, полученных в трёх опытах, заносятся в таблицу 1. Массу немагнитного продукта для каждого опыта рассчитывают как разность между исходным и магнитным продуктами (см. формулу (1)).

Выходы продуктов рассчитываются по формулам (3). По формуле (5) выполняется проверка баланса по выходам.

На основании полученных данных строится графическая зависимость выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит.

Пример вида графической зависимости и её оформления приведён на рисунке 2.

Таблица 1 – Результаты магнитного анализа руды

Продукт	Проба № 1 (I =…А)		Проба № 2 (I =…А)		Проба № 3 (I =…А)	
	Выход, %		Выход, %		Выход, %	
	г	%	г	%	г	%
Магнитная фракция Немагнитная фракция						
Исходная проба						

По полученной зависимости делается вывод, как сила тока влияет на выход магнитной фракции.

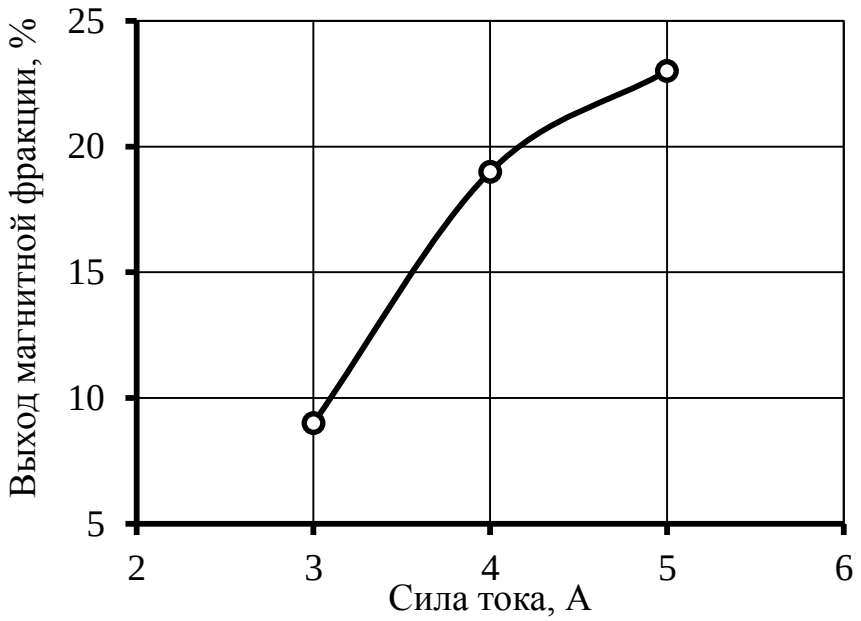


Рисунок 2 – Зависимость выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит трубчатого анализатора 25Т-СЭМ

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 1), экспериментальная зависимость (см. рисунок 2), эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и вывод по работе.

Защита лабораторной работы № 1

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Как поведёт себя зависимость, приведённая на рисунке 2, при снижении силы тока до 0 А или при гипотетическом увеличении силы тока до бесконечности?

2. Какой вид будет иметь зависимость массовой доли железа в магнитной фракции или извлечение железа в магнитную фракцию от силы тока?

3. Как изменится вид зависимости, приведённой на рисунке 2, при увеличении (уменьшении) крупности исходного материала?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОЛИКОВОГО СЕПАРАТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ

Цель работы: изучение конструкции валкового (роликового) сепаратора и определение влияния на выход магнитного продукта изменения крупности слабомагнитной руды и режимов работы роликового сепаратора.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в роликовом магнитном сепараторе СЭ-138Т

Результаты магнитного разделения зависят от различных факторов: вещественного состава продуктов, их крупности, степени раскрытия полезных компонентов, напряженности магнитного поля, скорости вращения барабана (валка) сепаратора, длины и высоты рабочей зоны разделения, положения разделительной перегородки (шибера) и других факторов.

Работа выполняется на лабораторном роликовом сепараторе СЭ-138Т с замкнутой электромагнитной системой и с нижней подачей материала. В ходе выполнения работы определяется влияние на показатели обогащения следующих факторов: 1 – индукции магнитного поля (силы тока, подаваемого в электромагнит); 2 – положения разделительной перегородки (шибера); 3 – крупности исходного продукта.

Принципиальная конструкция роликового сепаратора СЭ-138Т приведена на рисунке 3. Основными элементами сепаратора являются

валок *3* с зубцами треугольного сечения и электромагнитная система, состоящая из обмоток возбуждения *1* и магнитопровода *2*.

Роликовый сепаратор СЭ-138Т работает следующим образом. Из бункера-питателя исходный материал поступает на вибролоток *5*. Вибролоток перемещает частицы в зону разделения, находящуюся под вращающимся валком *3*. Частицы с большей магнитной восприимчивостью притягиваются к зубцам вращающегося ролика *3* и выносятся ими за пределы действия магнитного поля, где происходит разгрузка этих частиц в соответствующий приёмник сепаратора. Для полной очистки зубцов ролика используется очиститель (щётка) *6*.

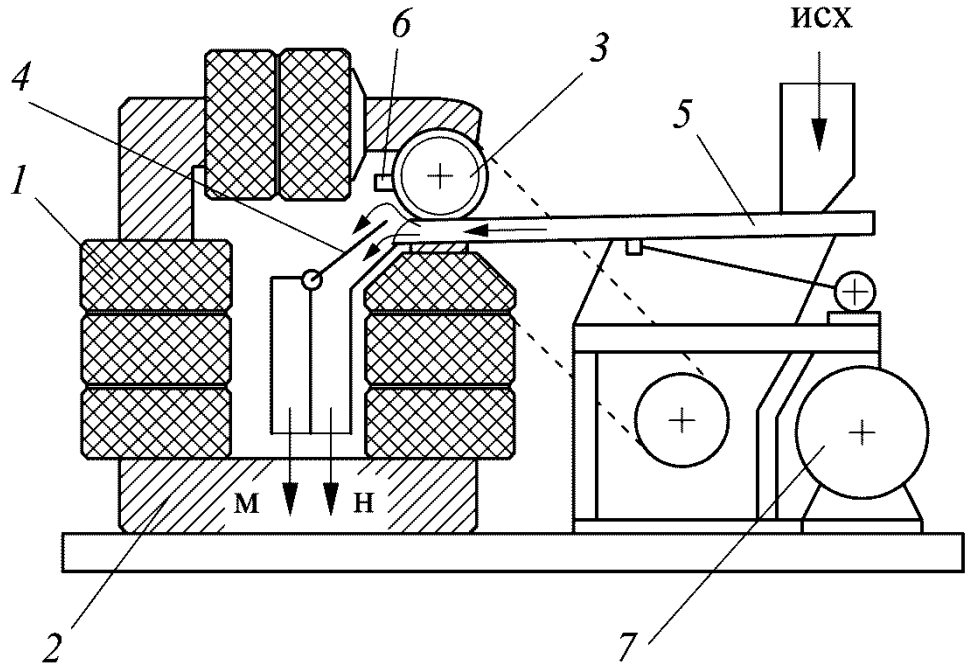


Рисунок 3 – Роликовый магнитный сепаратор СЭ-138Т:
1 – обмотки возбуждения; *2* – магнитопровод; *3* – ролик; *4* – шибер; *5* – вибролоток; *6* – очиститель ролика; *7* – электропривод

Частицы с меньшей магнитной восприимчивостью под действием силы тяжести разгружаются в месте окончания горизонтальной поверхности вибролотка (по ходу движения материала) и поступают в свой приёмник.

В роликовом сепараторе СЭ-138Т качество и количество получаемых продуктов разделения можно регулировать с помощью изменения положения шибера *4* или силы тока, питающего электромагнит.

Необходимые материалы и оборудование:

– исходный продукт слабомагнитной руды крупностью –3+0 мм (масса навески составляет 200–300 г);

– роликовый сепаратор СЭ-138Т;

– электронные весы;

– приемники (две баночки) для сбора магнитного и немагнитного продуктов;

– лабораторная валковая дробилка.

Общая методика проведения работы

1. Исходным материалом для проведения эксперимента является слабомагнитная руда. Исходную пробу перед подготовкой навески необходимо перемешать. Всего выполняется 18 опытов. Проводятся две серии опытов при разной крупности исходного продукта.

2. Первая серия опытов выполняется при крупности слабомагнитной руды –3+0 мм. Количество опытов – девять. Варьируемы факторы – три значения силы тока (задаются преподавателем от 0,5 до 5,0 А) и три положения шибера (верхнее, среднее и нижнее).

Все опыты первой серии выполняются на одной исходной навеске массой 200–300 г. После каждого опыта магнитный и немагнитный продукты смешиваются. Смешанный продукт будет являться исходным продуктом для следующего опыта.

3. Вторая серия опытов выполняется при крупности слабомагнитной руды –1+0 мм. Магнитный и немагнитный продукты девятого опыта первой серии смешиваются. Это проба подвергается двухкратному последовательному дроблению в валковой дробилке для уменьшения крупности пробы до –1+0 мм.

Количество опытов – девять. Значения варьируемых факторов (силы тока и положения шибера) и методика проведения работы принимаются как в первой серии опытов.

Методика проведения одного опыта

1. Устанавливается заданное положение шибера *4*.

2. Включается электропривод *7* вибролотка *5* и ролика *3* (см. рис. 3).

3. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита.

4. Исходную пробу с помощью совка загружают в приёмный бункер, из которого материал поступает на вибролоток. Вибролоток транспортирует частицы в зону разделения, где они делятся на два продукта – магнитный и немагнитный. Магнитный продукт разгружается в «ближнюю» баночку, немагнитный продукт разгружается в «дальнюю» баночку.

5. Когда на вибролотке не останется исходного материала (по визуальной оценке) опыт прекращают.

6. Путем плавного вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки силу тока снижают от заданного значения до нуля. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! *Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.*

7. Выключается электропривод сепаратора.

8. Шибер *4* (см. рисунок 3) два раза быстро поворачивается вправо-влево для полного ссыпания с него магнитных частиц.

9. Баночки с магнитным и немагнитным продуктами вынимаются из зоны разгрузки сепаратора и переносятся к весам. Оба продукта взвешиваются с точностью до сотых долей грамма.

Основные требования техники безопасности!

1. *Включение роликового сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания электромагнита (выпрямителя) и отсутствия видимых повреждений оборудования.*

2. *В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться обмоток возбуждения электромагнита трубчатого анализатора.*

3. *Баночки с магнитным и немагнитным продуктами можно вынимать из зоны разгрузки сепаратора только при выключенном выпрямителе и при выключенном электроприводе сепаратора*.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Массы и выходы магнитных продуктов, полученных в девяти опытах первой серии и в девяти опытах второй серии, заносятся в таблицу 2.

Выход магнитного продукта для каждого опыта рассчитывают по формуле (3). Массу исходного продукта для каждого опыта рассчитывают по формуле (1).

На основании полученных данных строятся графические зависимости выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит, при разных положениях шибера. Зависимости приводятся на двух рисунках (для различной крупности исходного продукта). Пример вида графической зависимости и её оформления при крупности исходного продукта –3+0 мм приведён на рисунке 4.

Таблица 2 – Выход магнитной фракции при обогащении на роликовом сепараторе СЭ-138Т

Крупность исходного продукта –3+0 мм						
Положение шибера	Значение силы тока, I, А					
	I_1		I_2		I_3	
	г	%	г	%	г	%
Верхнее	M_{11}	$\gamma_{к\,11}$	M_{21}	$\gamma_{к\,21}$	M_{31}	$\gamma_{к\,31}$
Среднее	M_{12}	$\gamma_{к\,12}$	M_{22}	$\gamma_{к\,22}$	M_{32}	$\gamma_{к\,32}$
Нижнее	M_{13}	$\gamma_{к\,13}$	M_{23}	$\gamma_{к\,23}$	M_{33}	$\gamma_{к\,33}$
Крупность исходного продукта –1+0 мм						
Положение шибера	Значение силы тока, I, А					
	I_1		I_2		I_3	
	г	%	г	%	г	%
Верхнее	M_{11}	$\gamma_{к\,11}$	M_{21}	$\gamma_{к\,21}$	M_{31}	$\gamma_{к\,31}$
Среднее	M_{12}	$\gamma_{к\,12}$	M_{22}	$\gamma_{к\,22}$	M_{32}	$\gamma_{к\,32}$
Нижнее	M_{13}	$\gamma_{к\,13}$	M_{23}	$\gamma_{к\,23}$	M_{33}	$\gamma_{к\,33}$

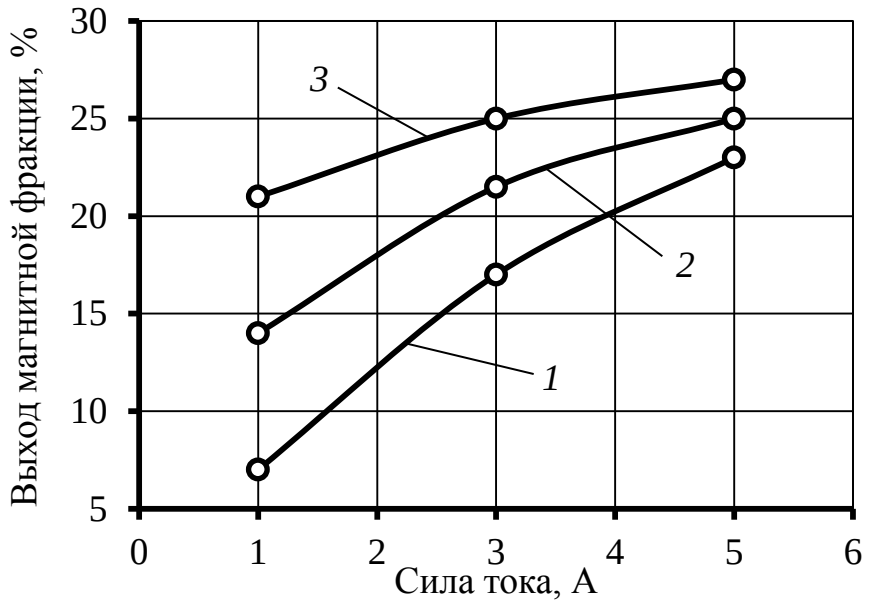


Рисунок 4 – Зависимость выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит роликового сепаратора СЭ-138Т при крупности исходного продукта –3+0 мм:
1, 2 и *3* – верхнее, среднее и нижнее положение шибера

По полученным зависимостям делается вывод, как сила тока, положение шибера и крупность исходного продукта влияют на выход магнитного продукта.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 2), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями (см. рисунок 4), эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 2

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Как поведут себя зависимости, приведённые на рисунках, при снижении силы тока до 0 А или при гипотетическом увеличении силы тока до бесконечности?

2. Какой вид будет иметь зависимость массовой доли магнитных минералов в магнитном продукте от силы тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: изучение методики исследования на обогатимость полезных ископаемых и техногенного сырья магнитным методом с помощью магнитного анализатора 25Т-СЭМ или роликового сепаратора СЭ-138Т.

Пояснения к работе, конструкции и принцип разделения частиц в используемом оборудовании

Анализ выполняется для оценки обогатимости исследуемого материала заданной крупности и определения максимально возможных показателей обогащения. Сущность метода заключается во фракционном анализе исходного продукта по магнитным свойствам, построении кривых обогатимости (Анри) и определении по ним предельных технологических показателей. Фракционный магнитный анализ позволяет получить количественную и качественную характеристику распределения материала по его магнитным свойствам.

По результатам магнитного анализа строятся кривые обогатимости. Они позволяют судить о предельных теоретических показателях обогащения (кривые β и ν) в зависимости от индукции магнитного

поля. В данной работе вместо индукции магнитного поля *B* используется сила тока *I*. Эти величины связаны функционально.

Конструкция, принцип разделения частиц в магнитном анализаторе 25Т-СЭМ и роликовом сепараторе СЭ-138Т и необходимое дополнительное оборудование приведены, соответственно в учебно-методических указаниях по выполнению лабораторных работ № 1 и 2.

Необходимые материалы и оборудование:

– исходный продукт – проба крупностью –1+0 мм массой 30-50 г, при использовании магнитного анализатора 25Т-СЭМ или проба крупностью –3+0 мм массой 200-300 г, при использовании роликового сепаратора СЭ-138Т;

– магнитный анализатор 25Т-СЭМ или роликовый сепаратор СЭ-138Т;

– электронные весы;

– приемники для сбора магнитной и немагнитной фракций;

– стаканчик, промывалка и сушильный шкаф (при использовании магнитного анализатора 25Т-СЭМ).

Методика проведения работы

1. Методики работы на *магнитном анализаторе 25Т-СЭМ и роликовом сепараторе СЭ-138Т приведены, соответственно в учебно-методических указаниях по выполнению лабораторных работ № 1 и 2*.

2. Фракционный анализ исходного продукта по магнитным свойствам выполняется по схеме, приведённой на рисунке 5. При анализе последовательно выделяются три магнитные фракции при последовательном увеличении силы тока и одна немагнитная фракция, получаемая в последнем опыте при максимальной силе тока. При использовании роликового сепаратора СЭ-138Т операция сушки продуктов разделения не применяется.

Величины силы тока задает преподаватель.

В первой операции магнитного разделения выделяется наиболее сильномагнитная фракция. Сила тока (I_1) при этом самая меньшая. Немагнитная фракция первой операции направляется на магнитное разделение во вторую операцию. Сила тока второй операции выше, чем у первой ($I_2 > I_1$). Немагнитная фракция второго приема разделения направляется на магнитное разделение в третьей операции при самой высокой силе тока ($I_3 > I_2 > I_1$).

3. Все полученные продукты (три магнитных и один немагнитный) высушиваются (при использовании магнитного анализатора 25Т-СЭМ) и взвешиваются.

4. В каждой фракции определяется массовая доля магнитного минерала или компонента (ее может задать преподаватель).

Основные требования техники безопасности приведены в лабораторных работах № 1 и 2.

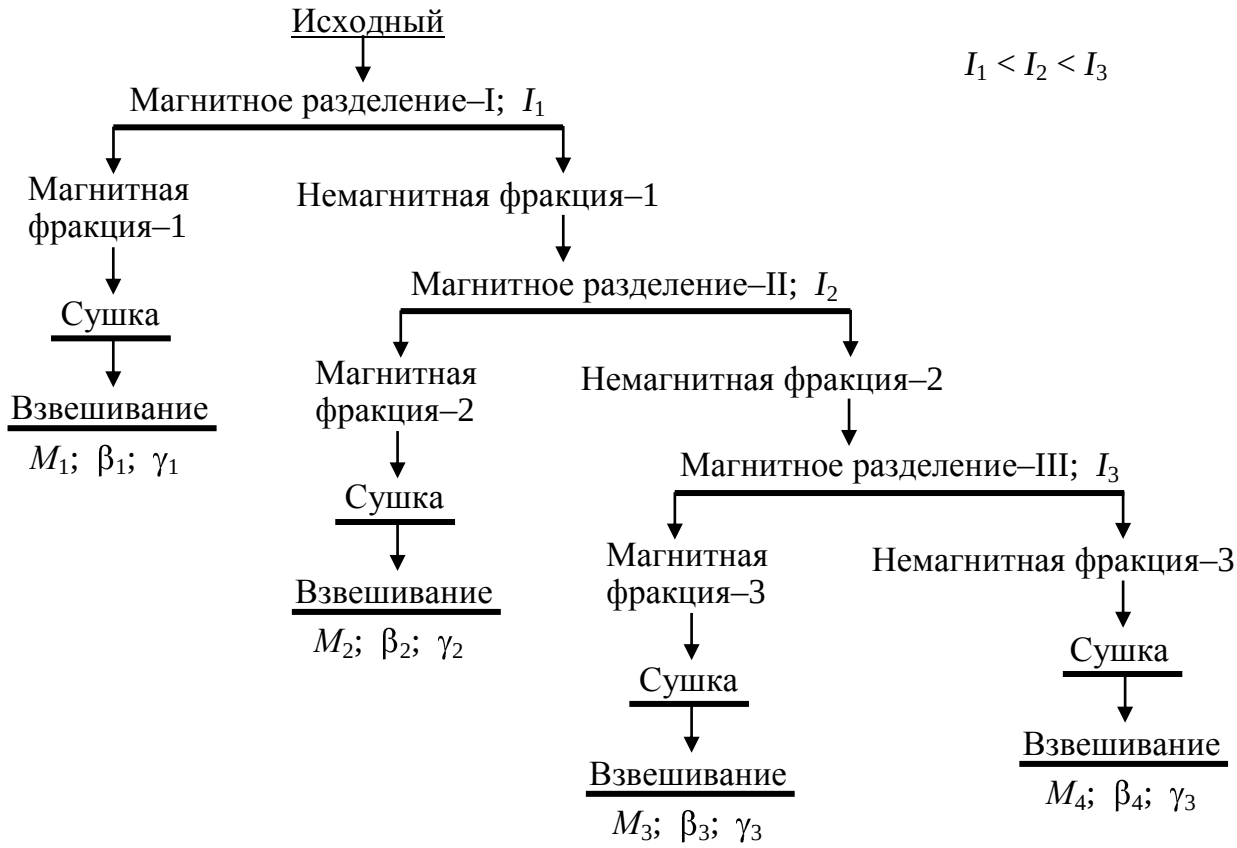


Рисунок 5 – Схема проведения исследования на обогатимость руды магнитным методом

Обработка полученных экспериментальных результатов

Результаты выполнения эксперимента (сила тока, массы четырёх продуктов, их выходы и массовые доли железа в них) заносятся в столбцы 2-5 таблицы 3.

Выходы трёх магнитных и одного немагнитного продукта рассчитывают по формуле (3). При расчёте выходов используется суммарная масса M_α исходного продукта, рассчитанная по формуле (2). Для суммы выходов продуктов должен выполняться баланс (см. формулу (5)).

Массовые доли магнитного минерала или полезного компонента (Fe, Mn) задаёт преподаватель или она определена с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора.

Средняя массовая доля полезного компонента в исходном продукте рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \cdot \beta_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \,. \qquad (11)$$

Столбец 6 таблицы 3 рассчитывается путём последовательного суммирования сверху вниз выходов, приведённых в столбце 4:

$$\gamma_{4x}=\gamma_4;\quad \gamma_{3x}=\gamma_4+\gamma_3;\quad \gamma_{2x}=\gamma_4+\gamma_3+\gamma_2;\quad \gamma_{1x}=\gamma_4+\gamma_3+\gamma_2+\gamma_1=100. \qquad (12)$$

Таблица 3 – Результаты фракционирования исходной пробы по магнитным свойствам

Наименование продукта (фракции)	Фракционный состав				Хвосты		Концентрат	
	Сила тока, А	Масса, г	Выход, %	Массовая доля, %	Выход, %	Массовая доля, %	Выход, %	Массовая доля, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Немагнитный–3	–	M_4	γ_4	β_4	γ_{4x}	ν_{4x}	$\gamma_{4к}$	$\beta_{4к}$
Магнитный–3	I_3	M_3	γ_3	β_3	γ_{3x}	ν_{3x}	$\gamma_{3к}$	$\beta_{3к}$
Магнитный–2	I_2	M_2	γ_2	β_2	γ_{2x}	ν_{2x}	$\gamma_{2к}$	$\beta_{2к}$
Магнитный–1	I_1	M_1	γ_1	β_1	γ_{1x}	ν_{1x}	$\gamma_{1к}$	$\beta_{1к}$
Исходная проба	–	M_α	100	α	–	–	–	–

Столбец 7 таблицы 3 рассчитывается с использованием формулы (11). При этом выполняется последовательный расчёт массовых долей полезного компоненты в суммарных продуктах разделения при увеличении количества продуктов сверху вниз от одной до четырёх:

$$\nu_{4x}=\beta_4;\quad \nu_{3x}=(\gamma_4\beta_4+\gamma_3\beta_3)/\,\gamma_{3x};\quad \nu_{2x}=(\gamma_4\beta_4+\gamma_3\beta_3+\gamma_2\beta_2)/\,\gamma_{2x};$$
$$\nu_{1x}=(\gamma_4\beta_4+\gamma_3\beta_3+\gamma_2\beta_2+\gamma_1\beta_1)/\,\gamma_{1x}. \qquad (13)$$

Столбец 8 таблицы 3 рассчитывается путём последовательного суммирования снизу вверх выходов, приведённых в столбце 4:

$$\gamma_{1к}=\gamma_1;\quad \gamma_{2к}=\gamma_1+\gamma_2;\quad \gamma_{3к}=\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3;\quad \gamma_{4к}=\gamma_1+\gamma_2+\gamma_4+\gamma_4=100. \qquad (14)$$

Столбец 9 таблицы 3 рассчитывается с использованием формулы (11). При этом выполняется последовательный расчёт массовых долей полезного компоненты в суммарных продуктах разделения при увеличении количества продуктов снизу вверх от одной до четырёх:

$$\beta_{1к}=\beta_1;\quad \beta_{2к}=(\gamma_1\beta_1+\gamma_2\beta_2)/\,\gamma_{2к};\quad \beta_{3к}=(\gamma_1\beta_1+\gamma_2\beta_2+\gamma_3\beta_3)/\,\gamma_{3к};$$
$$\beta_{4к}=(\gamma_1\beta_1+\gamma_2\beta_2+\gamma_3\beta_3+\gamma_4\beta_4)/\,\gamma_{4к}\,. \qquad (15)$$

По данным таблицы 3 строятся кривые обогатимости (пример приведен на рисунке 6).

Построение кривых обогатимости

Кривые обогатимости включают в себя четыре зависимости: λ, β, ν и I. Все четыре кривые строятся на одном графике (рисунок 6). График имеет две оси ординат (левую и правую) и две оси абсцисс (нижнюю и верхнюю).

Для построения кривых обогатимости в определенном масштабе вычерчивается прямоугольник. На вертикальной левой оси сверху вниз откладывается выход хвостов (немагнитного продукта) от 0 до 100 %. На вертикальной правой оси снизу вверх – выход концентрата (магнитного продукта) от 0 до 100 %.

На горизонтальной нижней оси слева направо откладывается массовая доля полезного компонента во фракциях. Минимальное и максимальное значения нижней оси абсцисс должно быть выбрано таким образом, чтобы зависимости занимали не менее 70-80 % области построения на графике. Для этого минимальное значение нижней оси абсцисс принимают несколько меньшим величины β_4, а максимальное значение нижней оси абсцисс принимают несколько большим величины β_1.

На горизонтальной верхней стороне слева направо откладывают величину силы тока (I). Минимальное значение верхней оси абсцисс принимают несколько меньшим величины I_1, а максимальное значение верхней оси абсцисс принимают несколько большим величины I_3.

Перед построением четырёх кривых обогатимости выполняются построения вспомогательных линий. Через всё поле графика проводится вертикальная линия, абсцисса которой равна средней массовой доле полезного компонента α (линия *1*, см. рисунок 6). Также проводятся три горизонтальных линии, ординаты которых равны $\gamma_{4х}=\gamma_{3к}$; $\gamma_{3х}=\gamma_{2к}$; $\gamma_{2х}=\gamma_{1к}$ (см. рисунок 6).

1. Кривая λ – кривая элементарных фракций, показывающая распределение полезного компонента по отдельным фракциям. Эта кривая строится по данным столбца 5 таблицы 3 и с использованием горизонтальных и вертикальных вспомогательных линий с абсциссами β_4; β_3; β_2; β_1 (см. рисунок 6). С помощью вспомогательных линий строят четыре прямоугольника *2* (см. рисунок 6), правая сторона которых соответствует массовой доле полезного компонента в каждой фракции от β_4 до β_1 (столбец 5 таблицы 3), а левой стороной является ось ординат. Через середины правых сторон прямоугольников прово-

дится плавная кривая λ. Каждый прямоугольник соответствует своей фракции. Чем выше площадь прямоугольника, тем больше извлечение полезного компонента в эту фракцию.

При построении кривой λ необходимо стремиться, чтобы площадь «условного треугольника» 3_i (см. рисунок 6), отсекаемого от прямоугольника была равна площади «условного треугольника» 4_i (см. рисунок 6. Это правило необходимо соблюдать для всех фракций, кроме первой и последней. Поэтому в настоящей работе это правило необходимо соблюдать для двух средних продуктов (магнитный–2 и магнитный–3, см. таблицу 3).

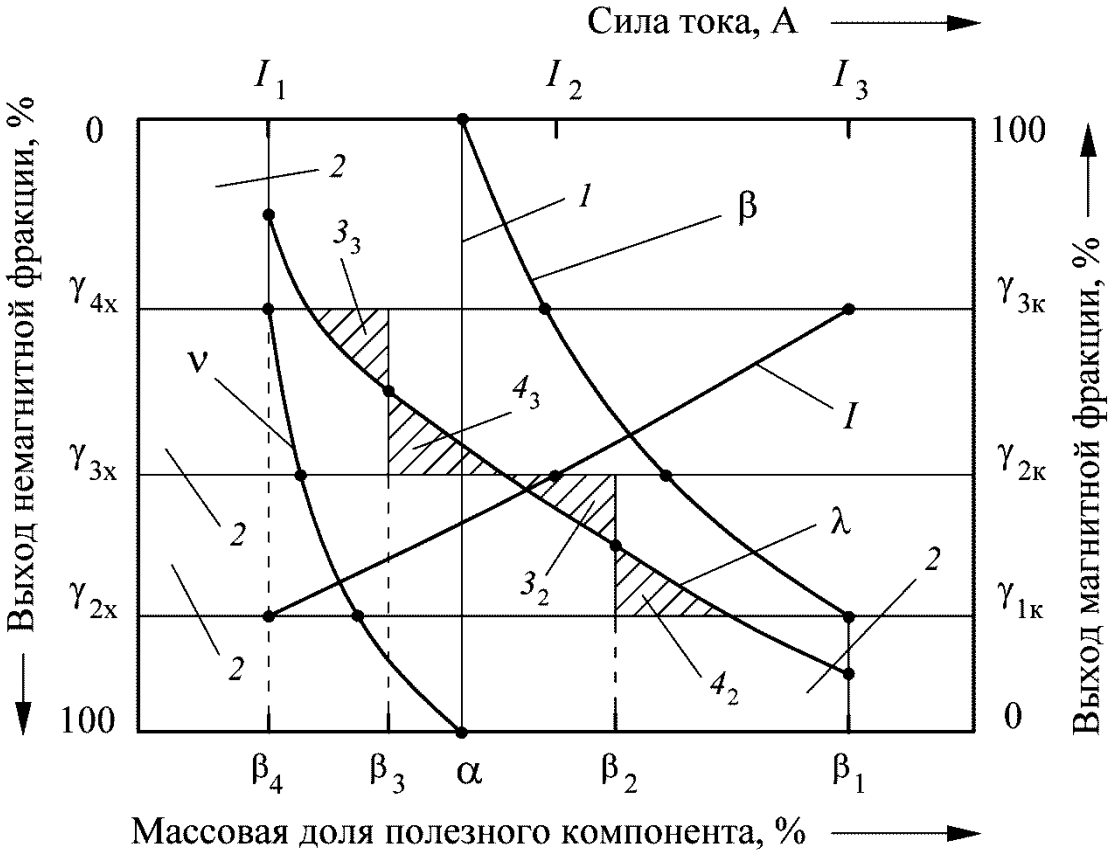


Рисунок 6 – Пример кривых обогатимости магнетитовой руды:
λ – кривая элементарных фракций; β – кривая магнитного продукта; ν – кривая немагнитного продукта; *I* – кривая признака разделения (силы тока); *1* – линия массовой доли железа в исходной пробе; *2* – прямоугольники, площадь которых характеризует извлечение полезного компонента во фракции с различными магнитными свойствами; 3_2 и 4_2 – «условные треугольники» магнитной фракции–2 с равной площадью; 3_3 и 4_3 – «условные треугольники» магнитной фракции–3 с равной площадью

2. Кривая β – кривая магнитного продукта (концентрата). Она строится по результатам столбца 8 (откладываются по правой вертикальной оси снизу вверх) и столбца 9 (откладываются по нижней

оси). Верхняя точка кривой β соответствует выходу 100 % и массовой доле полезного компонента в исходном продукте α.

3. Кривая ν – кривая немагнитного продукта (хвостов). Она строится по данным столбца 6 (откладываются по левой вертикальной оси сверху вниз) и столбца 7 (откладываются по нижней оси). Нижняя точка кривой ν соответствует выходу 100 % и массовой доле полезного компонента в исходном продукте α.

4. Кривая *I* – кривая признака разделения (силы тока). Она строится по данным столбца 2 (откладываются по верхней оси) и столбца 8 (откладываются по правой вертикальной оси снизу вверх).

Особенности построения кривых обогатимости руды магнитным методом обогащения

Нельзя продолжать кривые λ и *I* вправо и влево, кривую β вправо и кривую ν влево (в сторону уменьшения или увеличения массовой доли полезного компонента до нуля или до 100 %). Полученные зависимости (кривые обогатимости) не должны выходить за область эксперимента, определяемую диапазоном изменения силы тока, питающего электромагнит сепаратора. Можно только предполагать, как поведут себя эти зависимости при дальнейшем снижении или увеличении силы тока.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты (см. таблицу 3), кривые обогатимости (см. рисунок 6), эскиз сепаратора (магнитного анализатора 25Т-СЭМ или роликового сепаратора СЭ-138Т). Вывод по работе не делается.

Защита лабораторной работы № 3

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ.

По одному из заданных преподавателем показателей ($\gamma_к$, $\gamma_х$, β, ν или *I*) по кривым обогатимости находятся другие технологические показатели обогащения. Например, если задана сила тока (*I*), то по кривым обогатимости необходимо найти $\gamma_к$, $\gamma_х$, β, ν; если задана β – необходимо найти $\gamma_к$, $\gamma_х$, ν, *I*).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
СУХАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД

Цель работы: изучение конструкции барабанного магнитного сепаратора с верхней подачей материала для сухого обогащения, освоение методики приближённого определения количества магнитных минералов в продуктах обогащения и определение влияния на выход магнитного продукта изменения индукции магнитного поля сепаратора (силы тока, подаваемого в электромагнитную систему).

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в барабанном магнитном сепараторе с верхней подачей, конструкция ручного магнита и его использование для разделения пробы на «магнитную» и «немагнитную» фракции

Работа выполняется на лабораторном барабанном сепараторе с верхней подачей материала для сухого обогащения ЭБС-33/18 с электромагнитной системой. В ходе выполнения работы определяется влияние на показатели обогащения индукции магнитного поля (силы тока, подаваемого в электромагнит).

Принципиальная конструкция барабанного сепаратора с верхней подачей приведена на рисунке 7, *а*. Основными элементами сепаратора являются вращающийся барабан *1*, внутри которого неподвижно расположена электромагнитная система *2*.

Барабанный сепаратор с верхней подачей материала работает следующим образом. Исходный материал поступает на вращающийся барабан *1* и транспортируются им в зону разделения, ограниченную областью действия (сектором) магнитной системы *2*. Немагнитные частицы под действием механических сил отрываются от барабана раньше, чем магнитные, и попадают в приемник *5*. Магнитные частицы притягиваются к магнитной системе и транспортируются барабаном до края магнитной системы, после чего они отрываются и попадают в приемники *6* и *7*. Качество и количество получаемых продуктов разделения можно регулировать с помощью изменения положения шиберов *4* (см. рисунок 7, *а*).

Для приближённой оценки количества магнитных частиц в продуктах обогащения используется ручной магнит в чехле (РМЧ). Этот метод широко применяется при обогащении магнетитовых руд для предварительного контроля количества сильномагнитной фракции в немагнитном продукте обогащения (при идеальном обогащении мас-

совая доля сильномагнитных частиц в немагнитном продукте должна равняться нулю).

Конструкция ручного магнита в чехле (РМЧ) приведена на рисунке 7, *б*. Основными элементами РЧМ являются магнитная система из постоянных магнитов *1*, помещённая внутри чехла *2* с ручкой *3*.

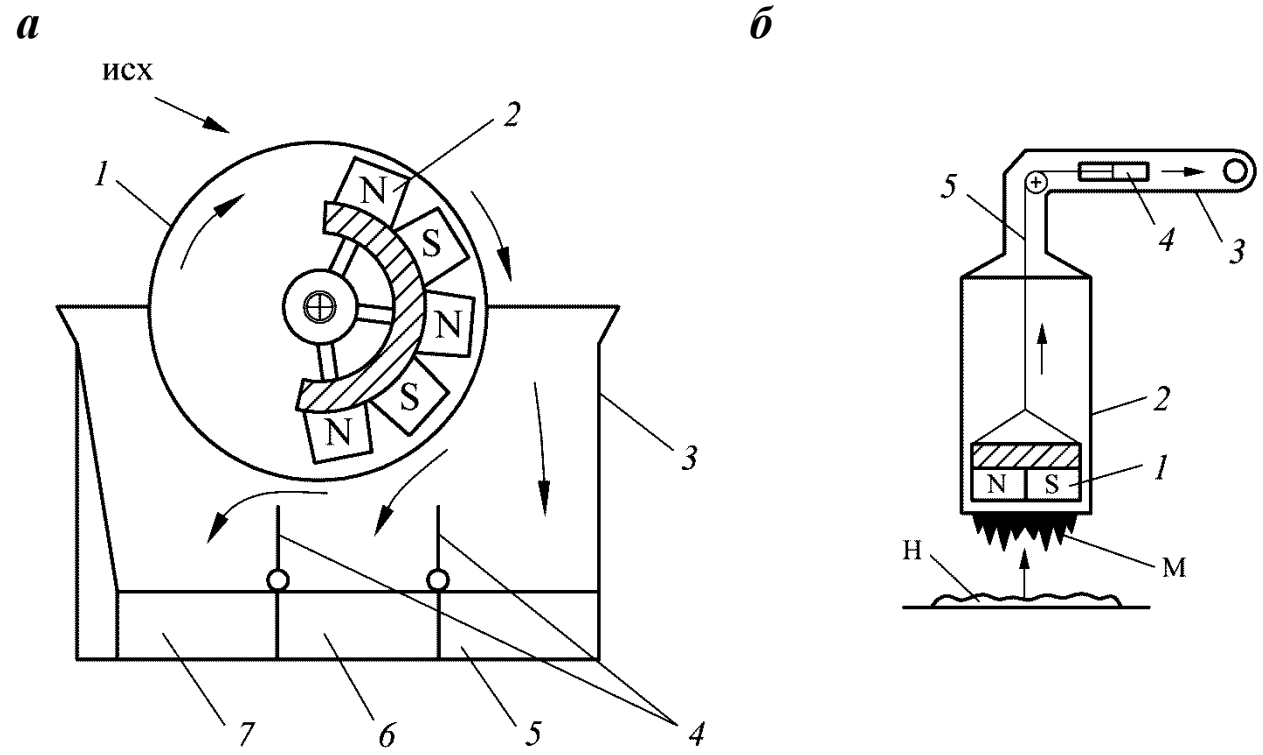


Рисунок 7 – Лабораторное оборудование для сухого обогащения сильномагнитных руд:

а – барабанный сепаратор с верхней подачей материала: *1* – вращающийся барабан; *2* – неподвижная магнитная система; *3* – корпус; *4* – шиберы; *5*, *6* и *7* – приёмники, соответственно для немагнитного и двух магнитных продуктов; *б* – ручной магнит в чехле (РМЧ): *1* – магнитная система; *2* – чехол; *3* – ручка; *4* – устройство для подъёма магнитной системы; *5* – нить; М и Н – магнитный и немагнитный продукты

Принцип выделения сильномагнитных частиц из продукта магнитного обогащения (из руды) заключается в следующем. Ручной магнит подносят сверху к исследуемой пробе. Магнитные частицы притягиваются к магнитной системе *1*, немагнитные частицы к РМЧ не притягиваются и остаются в исходном положении. Далее ручной магнит перемещают вверх и в сторону от исследуемой пробы. После этого магнитную систему вручную поднимают вверх путём перемещения вправо устройства *4* (см. рисунок 7, *б*). Это приводит к резкому уменьшению индукции магнитного поля на рабочей поверхности (нижней плоскости) РМЧ и к отрыву магнитных частиц, которые падают вниз в приготовленную чашку.

Необходимые материалы и оборудование:

– исходный продукт сильномагнитной руды крупностью –12+0 мм (масса навески составляет 700–1000 г);

– барабанный сепаратор с верхней подачей материала;

– ручной магнит в чехле;

– чашки для продуктов;

– совок;

– электронные весы.

Методика проведения работы

1. Исходная проба взвешивается и помещается чашку.

2. Шиберы магнитного сепаратора устанавливаются в вертикальное положение.

3. Включается привод барабана сепаратора

4. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита. Для каждого опыта преподаватель задаёт три значения силы тока, питающего электромагнит. *Всего выполняются три опыта*.

5. Исходную пробу с помощью совка загружают в приёмный бункер, из которого материал поступает на вращающийся барабан *1*. Немагнитный продукт разгружается в приемник *5*. Магнитный продукт разгружается в приемники *6* и *7* (см. рисунок 7, *а*).

6. После окончания опыта (после прекращения подачи исходного материала на барабан) силу тока плавно снижают от заданного значения до нуля путём вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! *Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.*

7. Отключается электропривод барабана.

8. Из корпуса сепаратора *3* вынимаются приёмники *5*, *6* и *7* (см. рисунок 7). Из приёмника *5* немагнитный продукт (хвосты) пересыпается в чашку и взвешивается с определением массы $M_{\text{х}}$. Из приёмников *6* и *7* магнитные продукты пересыпается в другую чашку (магнитные продукты объединяются в концентрат) и взвешиваются с определением массы $M_{\text{к}}$. Массы продуктов заносятся в столбец 2 таблицы 4.

9. Концентрат укладывают монослоем на лист бумаги, помещённый на разделочный стол, со столешницей из немагнитного материала (из дерева). С помощью ручного магнита в чехле выделяют из

концентрата магнитные частицы. Магнитные частицы взвешивают с определением массы $К_к$. Аналогично выделяют из хвостов магнитные частицы, которые в дальнейшем взвешиваются с определением массы $К_х$. Массы магнитных частиц, выделенных из концентрата и хвостов, заносятся в столбец 3 таблицы 4.

10. Магнитные и немагнитные продукты, полученные с помощью ручного магнита в чехле (четыре продукта), объединяют в один продукт. Этот продукт будет являться исходным продуктом для проведения второго (третьего) опыта.

11. Пункты 1–10 повторяются при проведении второго опыта и, далее, при проведении третьего опыта.

Основные требования техники безопасности!

1. *Включение магнитного сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания электромагнита* (*выпрямителя*) *и отсутствия видимых повреждений оборудования.*

2. *В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом* (*резиновом*) *коврике и не касаться вращающихся частей сепаратора.*

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы $М_к$, $М_х$, $К_к$, $К_х$ (см. таблицу 4). Массу $М_\alpha$ рассчитывают по формуле (1) и записывают в столбец 2. Массу $К_\alpha$ рассчитывают по формуле: $К_\alpha = К_к + К_х$ и записывают в столбец 3 таблицы 4.

Выходы продуктов, массовые доли магнитной фракции в продуктах и извлечения магнитной фракции в продукты рассчитывают с использованием формул (3), (5), (6), (8) и (10). Результаты заносят в столбцы 4–6 таблицы 4.

Эффективность магнитной сепарации в каждом опыте рассчитывают по формуле:

$$E = 100 \cdot (\varepsilon_к - \gamma_к) / (100 - \alpha). \qquad (16)$$

По полученным данным строятся графические зависимости выхода концентрата, эффективности магнитной сепарации (или другой функции) от силы тока, питающего электромагнит. Зависимости оформляются на двух рисунках. Преподаватель может задать другие функции (например, массовую долю магнитной фракции в хвостах обогащения) для построения графических зависимостей. Пример вида графической зависимости и её оформления приведён на рисунке 2.

Таблица 4 – Результаты сухой магнитной сепарации магнетитовой руды

Продукт	Масса, г		Выход, %	Массовая доля магнитных частиц, %	Извлечение магнитных частиц, %	Эффективность магнитной сепарации, %
	продукта	магнитных частиц				
1	2	3	4	5	6	7
Опыт № 1 (I =…А)						
Концентрат	$M_к$	$K_к$				E_1
Хвосты	$M_х$	$K_х$				
Исходный	$M_α$	$K_α$				
Опыт № 2 (I =…А)						
Концентрат	$M_к$	$K_к$				E_2
Хвосты	$M_х$	$K_х$				
Исходный	$M_α$	$K_α$				
Опыт № 3 (I =…А)						
Концентрат	$M_к$	$K_к$				E_3
Хвосты	$M_х$	$K_х$				
Исходный	$M_α$	$K_α$				

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как сила тока влияет на выход концентрата и на эффективность магнитной сепарации, или на другую заданную функцию, например на массовую долю магнитной фракции в хвостах.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 4), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 4

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Как поведут себя экспериментальные зависимости при снижении силы тока до 0 А или при гипотетическом увеличении силы тока до бесконечности?

2. Как изменятся технологические показатели обогащения при увеличении линейной скорости вращения барабана сепаратора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

МОКРАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД

Цель работы: изучение конструкции барабанного магнитного сепаратора с нижней подачей материала для мокрого обогащения, освоение методики приближённого определения количества магнитных минералов в хвостах мокрого магнитного обогащения.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в барабанном магнитном сепараторе с нижней подачей для мокрого обогащения

Работа выполняется на лабораторном барабанном сепараторе с нижней подачей материала для мокрого обогащения 120Т-СЭМ с электромагнитной системой.

Принципиальная конструкция барабанного сепаратора с нижней подачей приведена на рисунке 8. Основными элементами сепаратора являются вращающийся барабан *1*, внутри которого неподвижно расположена электромагнитная система *2*, и ванна *3*.

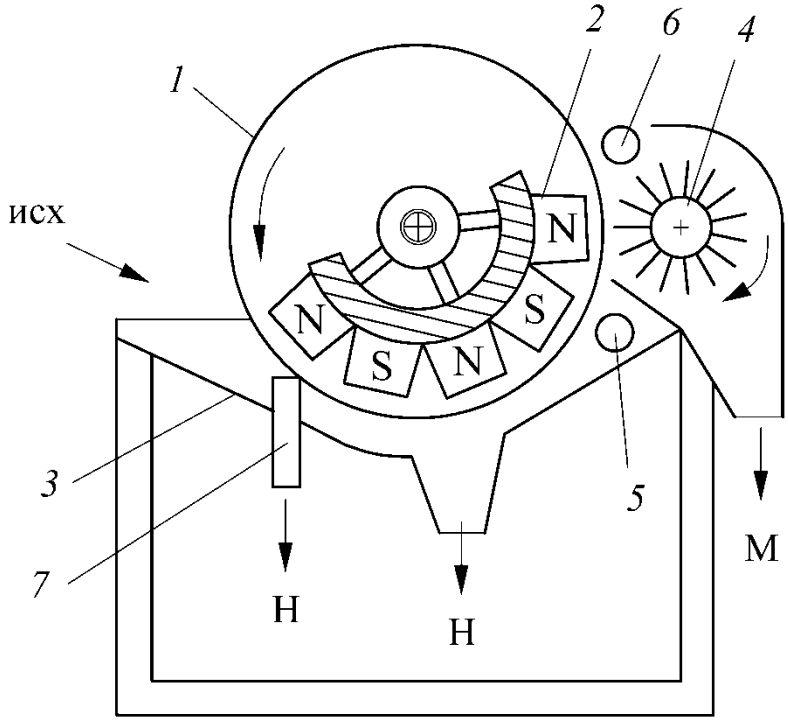


Рисунок 8 – Лабораторный барабанный сепаратор 120Т-СЭМ с нижней подачей материала для мокрого обогащения:

1 – вращающийся барабан; *2* – неподвижная магнитная система; *3* – ванна; *4* – индукционный съёмник (вращающийся валок с железными прутками); *5* и *6* – патрубки с отверстиями для подачи на барабан, соответственно промывной воды и смывной воды; *7* – переливной патрубок для поддержания постоянного уровня пульпы в ванне

Барабанный сепаратор с нижней подачей материала работает следующим образом. Исходный материал поступает в виде пульпы в ванну сепаратора *3*. Немагнитные частицы вместе с водой под действием силы тяжести движутся по дну ванны и разгружаются через нижнее центральное отверстие в ванне и, частично, через переливной патрубок *7*. Магнитные частицы притягиваются к магнитной системе *2* и транспортируются барабаном *1* до края магнитной системы, после чего они отрываются от барабана и притягиваются к намагниченным железным пруткам индукционного съемника *4*, расположенным напротив последнего полюса магнитной системы. На этих прутках наводится более высокое магнитное поле, по сравнению с полем, создаваемым электромагнитной системой. При повороте индукционного съёмника по часовой стрелке железные прутки размагничиваются и больше не удерживают магнитные частицы. Далее магнитные частицы отрываются от индукционного съёмника и попадают в приёмник магнитной фракции (см. рисунок 8).

Для повышения качества концентрата на барабан из патрубка *5* под давлением подаётся промывная вода, способствующая удалению из объема извлечённых магнитных частиц, случайно попавших в него немагнитных частиц. Для лучшей разгрузки магнитных частиц с помощью индукционного съёмника *4* на барабан *1* подаётся смывная вода из патрубка *6*. Для поддержания постоянного уровня пульпы в ванне используется переливной патрубок *7*, через верхнее отверстие которого переливается избыток пульпы в ванне *3*. Перелив направляют в немагнитный продукт (см. рисунок 8).

Необходимые материалы и оборудование:

– проба сильномагнитной магнетитовой (титаномагнетитовой) руды крупностью –1+0 мм (масса навески составляет 300–500 г);

– барабанный сепаратор с нижней подачей материала;

– ручной магнит в чехле (см. рисунок 7, *б*);

– таз для магнитного продукта и ведро для немагнитного продукта;

– чашки для продуктов;

– электронные весы.

Методика проведения работы

1. Исходная проба взвешивается и помещается чашку.

2. Открывается вентиль для подачи воды в патрубки *5* и *6*.

3. Открывается вентиль для подачи воды в ванну *3*. После заполнения ванны водой избыток воды в ванны будет выводиться через

переливной патрубок *7*. Изменением количества воды, подаваемой в ванну, добиваются минимального расхода переливной воды.

4. Устанавливается таз и ведро для сбора продуктов разделения.

5. Включается привод барабана сепаратора

6. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита, равная 8 А.

7. Исходную пробу загружают в ванну *3* сепаратора. Немагнитный продукт разгружается через нижнее отверстие в ванне и собирается в ведро. Магнитный продукт разгружается с помощью индукционного съёмника *4* и собирается в таз.

8. После окончания опыта силу тока плавно снижают от заданного значения до нуля путём вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! *Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.*

9. Отключается электропривод барабана.

10. Прекращается подача воды в ванну и в патрубки *5* и *6*.

11. Немагнитный продукт (хвосты) декантируется и переносится в чашку, сушится и взвешивается с определением массы $M_х$. Магнитный продукт (концентрат) из таза переносится в чашку, сушится и взвешивается с определением массы $M_к$. Массы продуктов заносятся в столбец 2 таблицы 5.

12. Концентрат укладывают монослоем на немагнитную поверхность. С помощью ручного магнита в чехле выделяют из концентрата магнитные частицы. Магнитные частицы взвешивают с определением массы $К_к$. Аналогично выделяют из хвостов магнитные частицы, которые в дальнейшем взвешиваются с определением массы $К_х$. Массы магнитных частиц, выделенных из концентрата и хвостов, заносятся в столбец 3 таблицы 5. Методика выделения сильномагнитных частиц из продукта магнитного обогащения с помощью ручного магнита приведена в лабораторной работе № 4.

Основные требования техники безопасности!

1. *Включение магнитного сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания электромагнита (выпрямителя) и отсутствия видимых повреждений оборудования.*

2. *В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться вращающих частей сепаратора*.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы $M_к$, $M_х$, $K_к$, $K_х$ (см. таблицу 5).

Таблица 5 – Результаты мокрой магнитной сепарации магнетитовой руды

Продукт	Масса, г		Выход, %	Массовая доля магнитных частиц, %	Извлечение магнитных частиц, %
	продукта	магнитных частиц			
1	2	3	4	5	6
Концентрат	$M_к$	$K_к$			
Хвосты	$M_х$	$K_х$			
Исходный	$M_α$	$K_α$			

Массу $M_α$ рассчитывают по формуле (1) и записывают в столбец 2. Массу $K_α$ рассчитывают по формуле: $K_α = K_к + K_х$ и записывают в столбец 3. Выходы продуктов, массовые доли магнитной фракции в продуктах и извлечения магнитной фракции в продукты рассчитывают с использованием формул (3), (5), (6), (8) и (10). Результаты заносят в столбцы 4–6 таблицы 5.

По экспериментальным данным делается вывод о степени извлечения сильномагнитных частиц при магнитной сепарации.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 5), эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и вывод по работе.

Защита лабораторной работы № 5

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Изменение каких параметров магнитного сепаратора может привести к увеличению извлечения магнитных частиц и к увеличению выхода магнитного продукта?

2. Как изменятся массовые доли магнитных частиц в концентрате и в хвостах при увеличении извлечения магнитных частиц?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ВЫСОКОГРАДИЕНТНАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

Цель работы: ознакомление с процессом высокоградиентной магнитной сепарации изучение конструкции лабораторного сепаратора-анализатора.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в лабораторном высокоградиентном магнитном сепараторе-анализаторе

Метод высокоградиентной магнитной сепарации применяется для обогащения слабомагнитных тонкоизмельченных продуктов.

Работа выполняется на лабораторном высокоградиентном магнитном сепараторе, основными элементами которого являются электромагнитная система от трубчатого анализатора 25Т-СЭМ и рабочая матрица *4*, заполненная ферромагнитными рифлёными (с заострениями) пластинами *5* (рисунок 9).

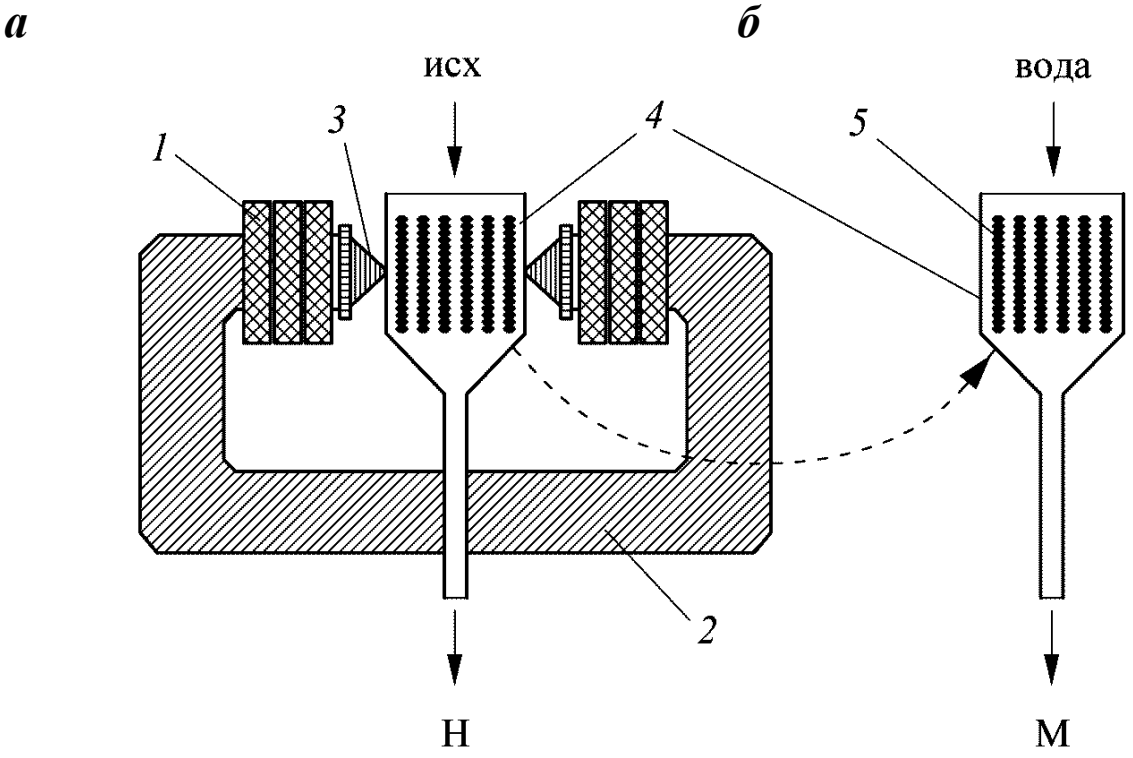


Рисунок 9 – Лабораторный высокоградиентный сепаратор–анализатор:
а – цикл подачи исходного и разгрузки немагнитного продукта; *б* – цикл разгрузки магнитного продукта; *1* – обмотки возбуждения; *2* – магнитопровод; *3* – полюсные наконечники; *4* – рабочая матрица; *5* – рифлёные ферромагнитные пластины; М и Н – магнитный и немагнитный продукты

Принцип разделения в высокоградиентном сепараторе заключается в следующем (см. рисунок 9). При помещении рабочей матрицы сепаратора, заполненной ферромагнитными телами (рифлёными пластинами), во внешнее магнитное поле ферромагнитные тела намагничиваются и создают магнитное поле с большей индукцией и с большим градиентом по сравнению с магнитным полем, создаваемым в воздушном зазоре внешней магнитной системой. Магнитная сила внутри объёма ферромагнитных тел хотя и ограничена, но больше, чем в любом другом сопоставимом сепараторе. Когда рабочая матрица сепаратора находится в зоне действия внешнего магнитного поля, в объём ферромагнитных тел подаётся пульпа исходного материала. Слабомагнитные частицы притягиваются к заостреним ферромагнитных пластин. Немагнитные частицы вместе с водой проходят между ферромагнитными телами и разгружаются под действием силы тяжести (см. рисунок 9, *а*). Далее рабочая матрица выводится из зоны действия магнитного поля, ферромагнитные тела размагничиваются и не удерживают слабомагнитные частицы, которые смываются водой и попадают в свой приёмник (см. рисунок 9, *б*).

Необходимые материалы и оборудование:

– исходный материал: две пробы слабомагнитного продукта крупностью –1+0 мм по 20-50 г;

– лабораторный высокоградиентный сепаратор и трубчатый анализатор 25Т-СЭМ;

– стаканчик (2 шт.);

– промывалка;

– приемники для сбора немагнитной фракции (тазы) – 2 шт.;

– чашки для сбора магнитной фракции – 2 шт.;

– электронные весы;

– сушильный шкаф.

Методика проведения работы

1. Подготавливаются две навески по 20-50 г каждая и замачиваются в стаканчиках.

2. Выполняется первый опыт при заданной силе тока (5-8 А) на трубчатом анализаторе. Методика работы на *магнитном анализаторе 25Т-СЭМ приведена в учебно-методических указаниях по выполнению лабораторной работы № 1*.

3. Магнитная фракция первого опыта обезвоживается, сушится и взвешивается. Немагнитная фракция первого опыта удаляется в шламоотстойник.

4. Второй опыт выполняется на высокоградиентном сепараторе при такой же силе тока (5-8 А), как при первом опыте.

5. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита.

6. В рабочую матрицу сепаратора небольшими порциями из стаканчика загружается пульпа исходного материала. На верхнюю часть рифлёных пластин подаётся вода из промывалки.

7. Немагнитный продукт разгружается вместе с промывной водой в тазы. Немагнитная фракция второго опыта удаляется в шламоотстойник.

8. По окончании второго опыта (после загрузки всего исходного продукта) прекращается подача промывной воды. Таз для сбора немагнитного продукта меняется на чашку для сбора магнитного продукта.

9. Путем плавного вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки силу тока снижают от заданного значения до нуля. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! *Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.*

10. Магнитная фракция разгружается в чашку с помощью воды, подаваемой промывалки.

11. Магнитная фракция обезвоживается, сушится и взвешивается с точностью до сотых долей грамма.

Основные требования техники безопасности!

1. *Перед началом работы необходимо визуально убедиться в надежности заземления и отсутствия видимых повреждений оборудования и блоков питания электромагнитов (выпрямителей тока).*

2. *В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться обмоток возбуждения электромагнитных систем магнитного анализатора и высокоградиентного сепаратора.*

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

По формуле (3) рассчитываются выходы магнитных продуктов в опытах № 1 и 2. На основании полученных данных выполняется сравнение значений выходов магнитных продуктов и сравнение предполагаемых величин извлечений слабомагнитных частиц при одинаковой силе тока в обмотках электромагнитов сепараторов для

сопоставляемых методов магнитного обогащения. Это отражается в выводе по лабораторной работе.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, эскиз высокоградиентного сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и вывод по работе.

Защита лабораторной работы № 6

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопрос: «Почему при высокоградиентной сепарации выход магнитного продукта больше, чем при обогащении в трубчатом магнитном анализаторе?».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТРИБОЗАРЯДА МИНЕРАЛОВ

Цель работы: ознакомление с методикой определения заряда (трибозаряда), получаемого частицами-диэлектриками путём трения при движении их по наклонной плоскости.

Пояснения к работе, конструкция установки для определения трибозаряда минералов

Сообщение частицам заряда при электрической сепарации является одним из основных процессов, определяющих эффективность дальнейшего разделения частиц. Сообщение заряда с использованием трибоэффекта используется в трибоэлектрических и трибоадгезионных сепараторах. Нарушение процесса сообщения заряда частицам ведет к ухудшению и прекращению процессов разделения частиц, поэтому определение влияния на величину заряда различных факторов представляет значительный интерес. На величину трибозаряда частиц-диэлектриков влияет их крупность, скорость их движения и материал подложки (плоскости скольжения).

Установка для определения трибозаряда минералов приведена на рисунке 10. Установка для определения суммарного заряда частиц состоит из цилиндра Фарадея *1*, соединённого с электростатическим высокоомным вольтметром *4*. Цилиндр Фарадея экранируется заземлённым корпусом *2*, в котором он крепится с помощью изоляторов *3*.

В установке осуществляется измерение интегрального суммарного трибозаряда минералов, который они получают путём трения при прохождении по трубке *5* (по подложке из заданного материала). Этот заряд определяют с помощью цилиндра Фарадея, куда попадают частицы *7*. Суммарный трибозаряд будет пропорционален разности потенциалов между цилиндром Фарадея *1* и заземлённым корпусом *2*. Разность потенциалов измеряют с помощью электростатического вольтметра *4* (см. рисунок 10).

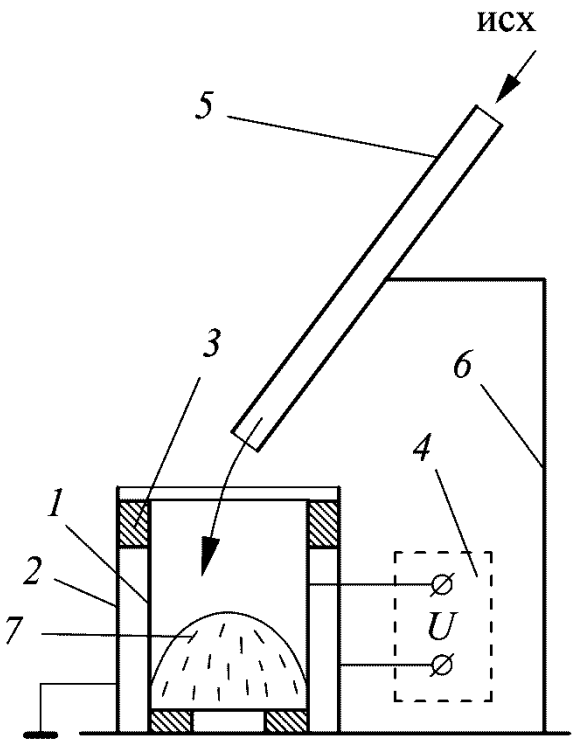


Рисунок 10 – Установка для определения зарядов минералов: *1* – цилиндр Фарадея; *2* – заземлённый корпус; *3* – изоляторы; *4* – электростатический вольтметр; *5* – трубка (подложка); *6* – штатив; *7* – продукт

Необходимые материалы и оборудование:

– исходный продукт крупностью –0,5+0 мм (кварц и полевой шпат по 100 г);

– установка для измерения трибозарядов минералов;

– две подложки (из винипласта и керамики);

– воронка;

– вибровстряхиватель с комплектом сит;

– электронные весы;

– транспортир для измерения угла наклона трубки (подложки).

Методика проведения работы

1. Кварц и полевой шпат рассеиваются на вибровстряхивателе с получением нескольких классов крупности. Для опытов выбирается один класс крупности одинаковый для кварца и полевого шпата, например –0,315+0,16 мм. Полученные классы крупности взвешиваются для определения масс кварца и полевого шпата – $M_{кв}$ и $M_{пш}$. Результаты заносятся в таблицу 6.

2. Всего выполняют 12 опытов при различных углах наклона (45^0, 50^0, 55^0) и различном материале трубки (винипласт и керамика) отдельно для кварца и полевого шпата.

3. Включают вольтметр *4* в сеть и рукояткой выставляют «ноль».

Таблица 6 – Результаты определения трибозарядов минералов

Изменяемый фактор				Разность потенциалов, В	Заряд, Кл	Удельный заряд, Кл/кг
Минерал	Масса пробы, кг	Угол наклона α, град.	Материал подложки			
Кварц	$M_{кв}$	α_1	винипласт	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j
		α_1	керамика	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j
Полевой шпат	$M_{пш}$	α_1	винипласт	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j
		α_1	керамика	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j

4. Устанавливают угол наклона трубки.

5. Исходный материал с помощью воронки равномерно загружают в трубку – *5* (подложку).

6. После попадания всего материала в цилиндр Фарадея *1*, снимают показания электростатического вольтметра *4* и заносят их в таблицу 6;

7. Разряжают цилиндр Фарадея *1* путём его замыкания с заземлённым корпусом *2* (см. рисунок 10).

8. Высыпают из цилиндра Фарадея исследуемый материал.

9. Пункты 2–9 повторяются при других значениях факторов.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Суммарный заряд пробы в *j*-том опыте Q_j, Кл

$$Q_j = C \cdot U_j, \qquad (16)$$

где C – емкость системы цилиндр Фарадея-вольтметр, Ф (C = 19 пФ); U_j – показание электростатического вольтметра, В.

Удельный заряд минерала, приходящийся на единицу массы в *j*-ом опыте q_i, Кл/кг

$$q_j = Q_j / M_k, \qquad (17)$$

где M_k – масса пробы, кг; k – номер минерала (кварц или полевой шпат).

На основании полученных данных строятся графические зависимости удельного заряда кварца и полевого шпата от угла наклона трубки (подложки). Зависимости приводятся на двух рисунках для различных материалов трубки (первый рисунок для винипласта, второй для керамики). Пример оформления графических зависимостей приведён на рисунке 4.

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как угол наклона и материал трубки влияют на удельный заряд кварца и полевого шпата. Кроме этого, по зависимостям определяют угол наклона и материал трубки, при которых достигаются максимальные различия в удельных зарядах кварца и полевого шпата.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 6), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз установки для определения зарядов минералов (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 7

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
РАЗДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА

Цель работы: изучение конструкции барабанного коронно-электростатического сепаратора и определение влияния на технологические показатели обогащения частоты вращения его барабана.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в коронно-электростатическом сепараторе ЭС-2

При сепарации в поле коронного разряда осуществляется разделение частиц по электрической проводимости и по крупности. При этом способе исходный материал делится на проводники, полупроводники и диэлектрики или на грубозернистую и тонкозернистую фракции. Общим для этого процесса является использование поля коронного разряда для сообщения зарядов разделяемым частицам. Если подвести высокое напряжение к игольчатому и плоскому элек-

троду, то между электродами возникнет коронный разряд. Коронный разряд (корона) быстрее образуется у электрода с меньшим радиусом кривизны (проволока, иглы и др.), поэтому этот электрод называют коронирующим.

Работа выполняется на коронно-электростатическом сепараторе ЭС-2 или сепараторе КЭС-26/30 (рисунок 11). Основными элементами сепаратора являются вращающийся заземлённый барабан–осадительный электрод *3*, коронирующий игольчатый электрод *4* и отклоняющий трубчатый электрод *5*. Заземлённый барабан имеет положительную полярность, а коронирующий и отклоняющий электроды имеют отрицательную полярность приложенного напряжения.

В ходе выполнения работы определяется влияние на показатели обогащения частоты вращения барабана–осадительного электрода *3*.

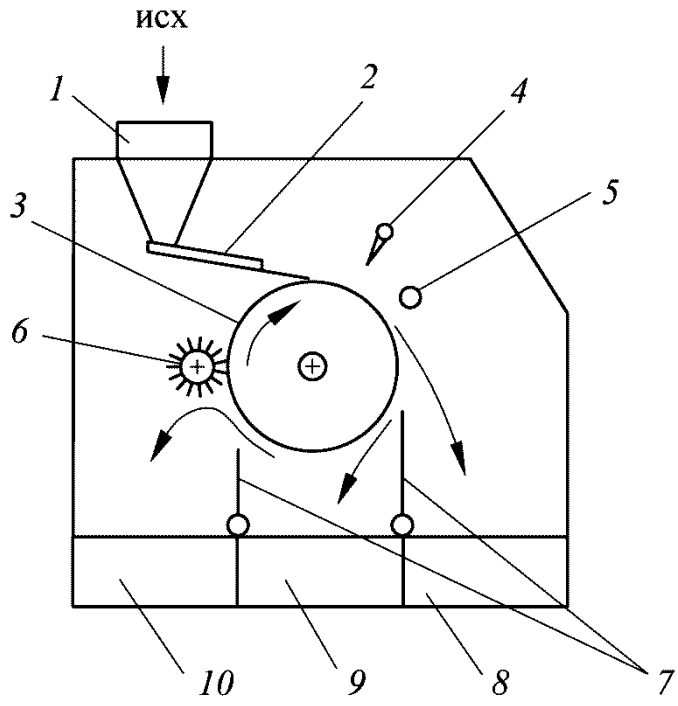


Рисунок 11 – Электрический сепаратор ЭС-2:
1 – бункер; *2* – вибропитатель; *3* – барабан–осадительный электрод; *4* – коронирующий электрод; *5* – отклоняющий электрод; *6* – щётка; *7* – шиберы; *8, 9* и *10* – приёмники, соответственно для проводников, промпродукта и непроводников

Коронный электрический сепаратор работает следующим образом. Исходный продукт из бункера *1* поступает на вибропитатель *2* и далее на вращающийся осадительный электрод–барабан *3*. Попадая в поле коронного разряда, все частицы получают отрицательный заряд. Проводники, обладающие высокой электрической проводимостью, разряжаются на заземлённом осадительном электроде *3* и почти мгновенно получают от него положительный заряд одноименного знака с осадительным электродом и отталкиваются от барабана. Попадая в зону действия электростатического поля отклоняющего электрода *5*, проводники еще больше изменяют траекторию своего движения и попадают в приемник *8* (см. рисунок 11).

Непроводники (диэлектрики), заряд с которых стекает медленно, притягиваются к барабану–осадительному электроду *3* и движут-

ся вместе с ним, разгружаясь в приемник *10* с помощью очистительной щетки *6*. Между приемниками для проводников *8* и непроводников *10* расположен приемник для промежуточного продукта *9*. Качество и количество продуктов разделения регулируются шиберами *7*.

Необходимые материалы и оборудование:

– обеспыленный продукт крупностью менее 1 мм (смесь кварца и магнетита) – три навески по 100 г;

– электрический сепаратор ЭС-2 или КЭС-26/30;

– ручной магнит в чехле;

– чашки для продуктов;

– электронные весы;

Методика проведения работы

1. Подготавливаются три навески исходного материала по 100 г для проведения эксперимента, состоящего из трёх опытов.

2. В каждом отдельном опыте изменяется частота вращения барабана–осадительного электрода.

3. Устанавливается требуемое значение частоты вращения барабана электрического сепаратора для 1-го опыта, напряжение, подаваемое на электроды, производительность вибропитателя.

4. Исходный материал загружается в бункер, включается вибропитатель и выполняется опыт.

Внимание! Включение в «сеть» электрического сепаратора и установка необходимых режимов его работы выполняет преподаватель.

Основные требования техники безопасности!

Включение электрического сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания и отсутствия видимых повреждений оборудования. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (*резиновом*) *коврике.*

5. Полученные продукты взвешиваются, их массы $M_к$, $M_{пп}$ и $M_х$ заносятся в столбец 2 таблицы 7.

6. Концентрат (проводники) укладывают монослоем на немагнитную поверхность. С помощью ручного магнита в чехле выделяют из концентрата магнитные частицы. Магнитные частицы взвешивают с определением массы $K_к$. Аналогично выделяют из промпродукта и хвостов (непроводников) магнитные частицы, которые в дальнейшем взвешиваются с определением масс $K_{пп}$ и $K_х$. Массы магнитных частиц, выделенных из концентрата, промпродукта и хвостов, заносятся

в столбец 3 таблицы 7. Методика выделения сильномагнитных частиц из продукта магнитного обогащения с помощью ручного магнита приведена в лабораторной работе № 4.

7. Пункты 3–6 повторяются при проведении других опытов.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы $M_к$, $M_{пп}$, $M_х$, $K_к$, $K_{пп}$, $K_х$ (см. таблицу 7).

Таблица 7 – Результаты коронно-электростатической сепарации

Продукт	Масса, г		Выход, %	Массовая доля частиц–проводников, %	Извлечение частиц–проводников, %
	продукта	частиц–проводников			
1	2	3	4	5	6
Опыт № 1 (режим № 1, n =…об/мин)					
Концентрат	$M_к$	$K_к$			
Промпродукт	$M_{пп}$	$K_{пп}$			
Хвосты	$M_х$	$K_х$			
Исходный	M_α	K_α			
Опыт № 2 (режим № 2, n =…об/мин)					
Концентрат	$M_к$	$K_к$			
Промпродукт	$M_{пп}$	$K_{пп}$			
Хвосты	$M_х$	$K_х$			
Исходный	M_α	K_α			
Опыт № 3 (режим № 3, n =…об/мин)					
Концентрат	$M_к$	$K_к$			
Промпродукт	$M_{пп}$	$K_{пп}$			
Хвосты	$M_х$	$K_х$			
Исходный	M_α	K_α			

Массу M_α рассчитывают по формуле (2) и записывают в столбец 2. Массу K_α рассчитывают по формуле: $K_\alpha = K_к + K_{пп} + K_х$ и записывают в столбец 3 таблицы 7.

Выходы продуктов, массовые доли магнитной фракции в продуктах и извлечения магнитной фракции в продукты рассчитывают с использованием формул (3), (5)–(8) и (10). Результаты заносят в столбцы 4–6 таблицы 7.

По полученным данным строятся графические зависимости выходов продуктов разделения (первый рисунок) и массовых долей частиц–проводников в продуктах разделения (второй рисунок) от ча-

стоты вращения барабана–осадительного электрода. Пример оформления графической зависимости приведён на рисунке 4.

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как частота вращения барабана–осадительного электрода влияет на выходы продуктов разделения и на массовую долю частиц–проводников в продуктах разделения.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 7), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 8

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопрос: «Как поведут себя экспериментальные зависимости при снижении частоты вращения барабана–осадительного электрода до одного об/мин или при гипотетическом увеличении частоты вращения барабана до бесконечности?».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

РАЗДЕЛЕНИЕ ПО КРУПНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОАДГЕЗИОННОЙ СЕПАРАЦИИ

Цель работы: ознакомление с процессом электроадгезионной сепарации и определение влияния частоты вращения барабана на классифицирующие возможности электроадгезионного сепаратора.

Пояснения к работе

Электроадгезионное обогащение применяется для разделения по крупности и по форме однородных по минеральному составу продуктов. Процесс электроадгезионного обогащения определяется силами адгезии, тяжести, центробежными. Под адгезией обычно понимают сцепление между двумя приведенными в контакт поверхностями различных по своей природе материалов. При электроадгезионной сепарации сила адгезии в основном определяется электрическими силами. В процессе разделения исходный материал подвергается зарядке, далее он поступает на вращающийся барабан, в результате чего одни

частицы (более мелкие) удерживаются на поверхности барабана за счет сил адгезии и транспортируются в свой приемник. Другие, более крупные, отрываются от поверхности барабана под воздействием сил тяжести и центробежной силы и попадают в другой приемник. Если исходный продукт перед разделением получает заряд путем электризации трением, то данный метод называется трибоадгезионным.

В настоящей работе заряд частицам будет сообщаться не путем трения, а путем коронного разряда, поэтому способ разделения будем в общем виде именовать электроадгезионным. Работа выполняется на лабораторном коронно-электростатическом сепараторе ЭС-2 или сепараторе КЭС-26/30 (принципиальная конструкция этих сепараторов приведена на рисунке 11).

Коронный электрический сепаратор в электроадгезионном режиме при классификации частиц-диэлектриков работает следующим образом. Исходный продукт из бункера *1* поступает на вибропитатель *2* и далее на вращающийся осадительный электрод–барабан *3* (см. рисунок 11). Попадая в поле коронного разряда, все частицы получают отрицательный заряд. При этом чем меньше размер частицы, тем больший удельный заряд она получит. Далее, заряженные частицы, находящиеся на вращающемся электроде–барабане с положительным зарядом, притягиваются к барабану («–» к «+»).

На более крупные частицы центробежная сила действует сильнее, и сила притяжения крупных частиц к барабану за счет силы адгезии низка (как молекулярная, так и электрическая зеркального отображения), поэтому крупные частицы оторвутся от барабана раньше и попадут в приёмник *8* для грубозернистой фракции. На более мелкие частицы центробежная сила действует в меньшей степени, и сила притяжения мелких частиц к барабану за счет силы адгезии более высокая. Поэтому мелкие частицы притянутся к барабану и попадут в приёмник тонкозернистой фракции *10*. В приёмник *9* попадут частицы с промежуточной крупностью (см. рисунок 11).

Необходимые материалы и оборудование:

– продукт крупностью менее 1 мм (кварц или полевой шпат) – три навески по 100 г;

– электрический сепаратор ЭС-2 или КЭС-26/30;

– чашки для продуктов;

– вибровстряхиватель с комплектом сит;

– электронные весы.

Методика проведения работы

1. Подготавливаются три навески исходного материала по 100 г для проведения эксперимента, состоящего из трёх опытов.

2. В каждом отдельном опыте изменяется частота вращения барабана–осадительного электрода.

3. Устанавливается требуемое значение частоты вращения барабана электрического сепаратора для 1-го опыта, напряжение, подаваемое на коронирующий электрод (на отклоняющий электрод напряжение не подаётся), производительность вибропитателя.

4. Исходный материал загружается в бункер, включается вибропитатель и выполняется опыт.

Внимание! Включение в «сеть» электрического сепаратора и установку необходимых режимов его работы выполняет преподаватель.

Основные требования техники безопасности!

Включение электрического сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания и отсутствия видимых повреждений оборудования. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (*резиновом*) *коврике.*

5. Материал приёмников *8* и *9* объединяется в грубозернистый продукт (это принято при проведении эксперимента). Материал в приёмнике *10* представляет собой тонкозернистую фракцию (см. рисунок 11).

6. Полученные продукты взвешиваются, их массы $M_{«–»}$ и $M_{«+»}$ заносятся в столбец 2 таблицы 8.

7. Из тонкозернистого и грубозернистого продуктов путём их рассева на вибровстряхивателе выделяется контрольный класс крупности (–0,1+0 мм). Для этого используется набор сит с размерами отверстий: 0,315; 0,16; 0,1 мм (сверху вниз).

8. Классы крупности –0,1+0 мм, выделенные из тонкозернистого и грубозернистого продуктов, взвешивают с определением масс $K_{«–»}$ и $K_{«+»}$. Массы заносятся в столбец 3 таблицы 8.

9. Пункты 3–8 повторяются при проведении других опытов.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы $M_{«–»}$ и $M_{«+»}$, $K_{«–»}$ и $K_{«+»}$ (см. таблицу 8).

Массу M_α рассчитывают по формуле: $M_\alpha = M_{«-»} + M_{«+»}$ и записывают в столбец 2. Массу K_α рассчитывают по формуле: $K_\alpha = K_{«-»} + K_{«+»}$ и записывают в столбец 3 таблицы 8.

Выходы продуктов рассчитывают по формулам (3) и (5).

Массовые доли класса крупности –0,1+0 мм в исходном, тонкозернистом и грубозернистом продуктах рассчитывают по формулам:

$$\alpha^{-0,1} = 100 \cdot K_\alpha / M_\alpha; \quad \beta^{-0,1} = 100 \cdot K_{«-»} / M_{«-»}; \quad \nu^{-0,1} = 100 \cdot K_{«+»} / M_{«+»}. \qquad (17)$$

Извлечения класса крупности –0,1+0 мм (полезного компонента) в продукты рассчитывают с использованием формул (8) и (10).

Результаты расчётов выходов, массовых долей и извлечений заносят в столбцы 4, 5 и 6 таблицы 8.

Таблица 8 – Результаты электроадгезионной сепарации

Продукт	Масса, г		Выход, %	Массовая доля класса крупности –0,1+0 мм, %	Извлечение класса крупности –0,1+0 мм, %	Эффективность классификации, %
	продукта	Класса крупности –0,1+0 мм				
1	2	3	4	5	6	7
Опыт № 1 (режим № 1, n =…об/мин)						
Тонкозернистый	$M_{«-»}$	$K_{«-»}$				$E_{кл1}$
Грубозернистый	$M_{«+»}$	$K_{«+»}$				
Исходный	M_α	K_α				
Опыт № 1 (режим № 2, n =…об/мин)						
Тонкозернистый	$M_{«-»}$	$K_{«-»}$				$E_{кл2}$
Грубозернистый	$M_{«+»}$	$K_{«+»}$				
Исходный	M_α	K_α				
Опыт № 1 (режим № 3, n =…об/мин)						
Тонкозернистый	$M_{«-»}$	$K_{«-»}$				$E_{кл3}$
Грубозернистый	$M_{«+»}$	$K_{«+»}$				
Исходный	M_α	K_α				

Эффективность классификации в каждом опыте рассчитывают по формуле:

$$E_{кл} = 100 \cdot (\varepsilon_{«-»} - \gamma_{«-»}) / (100 - \alpha^{-0,1}), \qquad (18)$$

где $\varepsilon_{«-»}$ и $\gamma_{«-»}$ – извлечение и выход тонкозернистой фракции, %.

По полученным данным строятся графические зависимости массовой доли класса крупности –0,1+0 мм в тонкозернистом продукте, выхода тонкозернистого продукта и эффективности классификации

от частоты вращения барабана–осадительного электрода. Зависимости строятся на одном графике, пример оформления которого, приведён на рисунке 4.

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как частота вращения барабана–осадительного электрода влияет на массовую долю класса крупности –0,1+0 мм в тонкозернистом продукте, на выход тонкозернистого продукта и на эффективность классификации.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 8), рисунок с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 9

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопрос: «Как поведут себя экспериментальные зависимости при снижении частоты вращения барабана–осадительного электрода до одного об/мин или при гипотетическом увеличении частоты вращения барабана до бесконечности?».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Цель работы: освоение методики определения диэлектрической проницаемости минералов, ознакомление с процессом диэлектрической сепарации.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в диэлектрическом сепараторе ДСК

В настоящее время в промышленных условиях диэлектрическая сепарация не применяется. Она нашла применение в лабораторных условиях для разделения минералов (для выделения «чистых» минералов), неудовлетворительно обогащаемых гравитационными, флотационными и магнитными методами и имеющих значительные отличия в диэлектрической проницаемости ($\varepsilon_м$). Разделение в диэлектрических сепараторах происходит в результате различного действия пондеромоторных сил в жидкой среде диэлектрика с диэлектриче-

ской проницаемостью (ε_c), занимающей промежуточное положение между диэлектрическими проницаемостями разделяемых минералов ($\varepsilon_{м1}$ и $\varepsilon_{м2}$).

Работа выполняется на лабораторном диэлектрическом сепараторе ДСК. Сепаратор состоит из ванны (кюветы) *1*, заполненной жидким диэлектриком, сферического *2* и плоского *3* электродов (рисунок 12). Ванна, сферический и плоский электрод имеют круговое сечение в горизонтальной плоскости. Электроды подключаются к источнику переменного напряжения (до 3 кВ). Для исключения пробоя между электродами при разделении проводящих частиц сферический электрод изолируют плёнкой из целлофана или другого диэлектрика.

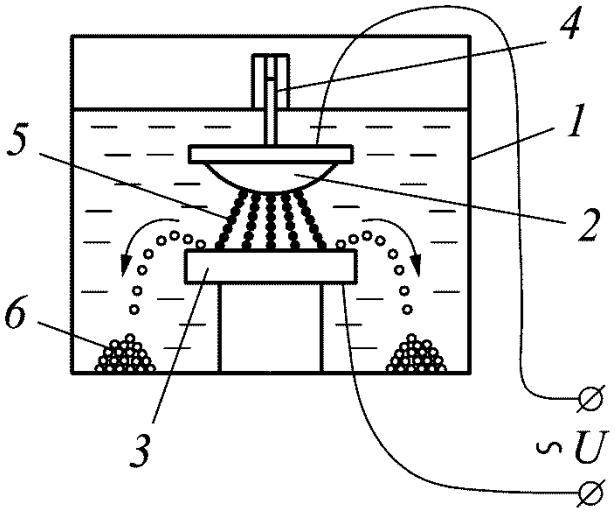


Рисунок 12 – Диэлектрический сепаратор ДСК:
1 – ванна (кювета); *2* – сферический электрод; *3* – плоский электрод; *4* – устройство для изменения положения по вертикали сферического электрода; *5* – минералы с $\varepsilon_{м1}>\varepsilon_c$; *6* – минералы с $\varepsilon_{м2}<\varepsilon_c$

Разделяемый материал помещается на плоский электрод *3* и вместе с ним опускается в кювету *1*, заполненную жидким диэлектриком. Сверху устанавливается сферический электрод *2*, положение которого по вертикали можно регулировать при помощи микрометрического винта *4*, изменяя межэлектродное расстояние. При подаче переменного напряжения на электроды в межэлектродной зоне устанавливается неоднородное электрическое поле, максимальное в центре.

Минералы *5*, имеющие $\varepsilon_{м1}>\varepsilon_c$ смещаются к центру электродной пары и образуют между электродами «цепочки».

Минералы *6*, имеющие $\varepsilon_{м2}<\varepsilon_c$ выталкиваются в более слабые участки электрического поля, смещаются к периферии плоского электрода и падают с него (см. рисунок 12). По окончании сепарации вручную извлекают продукты разделения. Пондеромоторную силу увеличивают путём уменьшения зазора между электродами и увеличения рабочего напряжения.

Необходимые материалы и оборудование:

– смесь двух минералов с различными диэлектрическими проницаемостями (крупность –0,2+0,02 мм, 20-30 г), например кварц и магнетит;

– диэлектрический сепаратор ДСК;

– диэлектрические жидкости: керосин и бутиловый спирт или керосин и нитробензол;

– чашки для продуктов;

– электронные весы.

Методика проведения работы

1. Приготавливается диэлектрическая жидкость для осуществления разделения смеси магнетита и кварца.

Диэлектрическая проницаемость магнетита равна $\varepsilon_{м1}$=33,7–81, диэлектрическая проницаемость кварца равна $\varepsilon_{м2}$=4,5–6. Для разделения этих минералов необходимо приготовить жидкость с промежуточной диэлектрической проницаемостью, например ε_c =10–15.

В качестве диэлектрической жидкости могут быть использованы чистые жидкости или смеси взаимно растворяющихся жидкостей, обладающих малой удельной электрической проводимостью (менее 10^{-8} См/м). Диэлектрическая проницаемость смеси двух жидкостей определяется по формуле:

$$\varepsilon_c = (V_1 \cdot \varepsilon_1 + V_2 \cdot \varepsilon_2) / (V_1 + V_2), \qquad (19)$$

где ε_c, ε_1, ε_2 – диэлектрические проницаемости смеси двух жидкостей (среды разделения), первой жидкости (керосина, ε_1=2), второй жидкости (нитробензола с ε_2=36 или бутилового спирта с ε_2=17,8), соответственно; V_1, и V_2 – объемы первой и второй жидкостей.

Применение смесей керосин–бутиловый спирт или керосин–нитробензол позволяет иметь жидкость с диэлектрической проницаемостью в диапазонах 2,0–17,8 или 2,0–36,0.

Смешиваем 80 $см^3$ керосина и 120 $см^3$ бутилового спирта. По формуле (19) рассчитываем диэлектрическую проницаемость полученной жидкости: ε_c=11,48.

2. При помощи гайки и контргайки, которые навертываются на шток верхнего (сферического) электрода, производится установка на ноль шкалы, показывающей расстояние между двумя электродами. При этом верхний сферический электрод должен касаться диска нижнего электрода. Поднимая верхний электрод, устанавливаем необхо-

димый зазор между верхним и нижним электродами (задаётся преподавателем, до 10 мм).

3. Снимается крышка сепаратора вместе с верхним электродом и ставится на специальную подставку, которая установлена на одной плите с сепаратором. Вынимается нижний электрод и на его центр специальной мерной ложечкой загружается сепарируемый материал, после чего электрод ставится на место.

4. В цилиндрическую ванну (кювету) сепаратора заливается диэлектрическая жидкость нужных свойств.

5. Крышка сепаратора вместе с верхним электродом устанавливается сверху на место.

6. На электроды подается высокое напряжение. Напряжение, подаваемое на электроды сепаратора, рекомендуется увеличивать до максимального значения постепенно. Это обеспечивает чистоту получаемых фракций. Частицы магнетита, имеющие большую диэлектрическую проницаемость, чем диэлектрическая проницаемость жидкости, остаются на диске нижнего электрода или образуют «столбики» между электродами. Частицы кварца, имеющие меньшую диэлектрическую проницаемость, чем у жидкости, выталкиваются с диска нижнего электрода и падают на дно ванны сепаратора, образуя «кольцо».

7. После окончания сепарации, что определяется визуально, высокое напряжение снимается, сепаратор выключается из питающей сети переменного тока (U=220 В) и разбирается. С нижнего электрода смывается в чашку первый продукт разделения. Ванна сепаратора вынимается из корпуса, жидкость из нее сливается и фильтруется, а оставшийся на дне второй продукт разделения переводится в другую чашку. Получаемые в результате сепарации продукты последовательно промываются, сушатся и взвешиваются.

Основные требования техники безопасности!

Включение в «сеть» сепаратора ДСК производится после визуальной проверки надежности заземления, наличия сухого диэлектрического коврика у сепаратора и отсутствия повреждений корпуса.

Напряжение на сепаратор подается только после того, как крышки ванны сепаратора будут закрыты. Высокое напряжение подаётся на прибор только во время работы, после выполнения всех подготовительных операций. Окончание процесса сепарации сопровождается немедленным выключением высокого напряжения. Заключительные операции ведутся при выключенных тумблерах

«Сеть» и «Высокое напряжение». Переключать пульт на выбранную шкалу высокого напряжения (0–1500 В или 0–3000 В) необходимо при выключенном «высоком напряжении». Перед включением тумблера «Высокое напряжение» необходимо убедиться, что ручка регулятора напряжения установлена на «ноль».

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

По формуле (3) рассчитываются выходы магнетита и кварца. С помощью ручного магнита и дополнительно с помощью оптического микроскопа оценивается наличие магнетита в полученном кварцевом продукте и наличие кварца в магнетитовом продукте. Методика выделения сильномагнитных частиц из продуктов разделения с помощью ручного магнита приведена в лабораторной работе № 4. По экспериментальным данным делается вывод о «чистоте» полученных фракций магнетита и кварца.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 10

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пелевин А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения. Магнитные методы обогащения: учебник. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 296 с.

2. Пелевин А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения: учебное пособие. 3-е изд., испр. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. 159 с.

3. Кравец Б. Н., Эрдэнэцогт П., Пелевин А. Е. Специальные и комбинированные методы обогащения: учебно-научное издание. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 314 с. (на русском и монгольском языках).

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Компьютерная верстка *автора*

Корректура И. А. Крестьянинова

Подписано в печать .2019 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 80 $^{1}/_{16}$.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,19 Уч.-изд. л. 2,65 Тираж 80 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
« 18 » сентября 2015 г.
Председатель комиссии
_____ проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2015

П 23

Р е ц е н з е н т : *Ю. П. Морозов*, профессор кафедры ОПИ УГГУ

Практикум рассмотрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 08 сентября 2015 г. (протокол № 1) и рекомендован для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых: практикум / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 43 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой дисциплины «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых»» для проведения практических занятий в интерактивной форме по освоению теоретических и практических расчетов элементов технологических схем, определения свойств минералов и характеристик оборудования.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Пелевин А. Е., 2015
© Уральский государственный горный университет, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е 4

1. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ БАРАБАННОГО МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА 5

1.1. Связь между индукцией и напряжённостью магнитного поля в среде, вакууме, воздухе и в воде. Перевод из единиц СИ в СГСМ 5

1.2. Определение напряжённости (индукции) магнитного поля на поверхности барабана (ленты), коэффициента неоднородности магнитного поля и шага полюсов открытой многополюсной системы по экспериментальным измерениям с помощью тесламетра 7

2. РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ЧАСТИЦУ 11

3. ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПРИ МАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ 13

3.1. Движение частиц в сухих сепараторах с верхней подачей 14

3.2. Движение частиц в сепараторах с нижней подачей 17

3.3. Движение частиц в электрических сепараторах 21

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ МИНЕРАЛОВ 27

4.1. Пондеромоторный метод Фарадея и метод Гюи 27

4.2. Расчёт магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды 30

5. РАСЧЁТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ 32

6. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ МАГНИТНОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОБОГАЩЕНИИ 35

6.1. Расчёт одной операции разделения 35

6.2. Расчёт показателей разделения в трёхпродуктовом сепараторе 37

6.3. Расчёт замкнутого цикла измельчения, включающего операцию магнитной сепарации 40

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 44

В В Е Д Е Н И Е

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью практических работ является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Магнитные и электрические процессы», и освоение инженерных расчётов для:

- определения требуемых основных характеристик магнитных сепараторов и выбора типа магнитного сепаратора для обогащения руды с известными магнитными характеристиками;
- определения магнитных свойств руды и разделяемых частиц;
- оценки влияния режимов работы сепараторов на процесс разделения частиц;
- расчёта производительности промышленных сепараторов;
- нахождения технологических показателей разделения в операциях схем обогащения.

Практические занятия направлены на подготовку студента к решению прикладных производственных задач.

Практические работы выполняются в интерактивной форме – индивидуально и бригадами из нескольких человек. При индивидуальном выполнении практической работы каждый студент выполняет свой вариант задания. При выполнении практической работы группой студентов каждой бригаде выдаётся свой вариант задания, направленный на определение влияния заданного фактора на изучаемую функцию. Каждый студент одной бригады выполняет индивидуальный расчёт при заданном значении факторов. По результатам расчёта студенты одной бригады делают практический вывод о влияния заданного фактора на изучаемую функцию. Результаты группового расчёта представляются в табличной форме и графически.

Практические расчёты, выполненные в течение семестра, оформляются в единый индивидуальный отчёт, оформленный на листах формата А4. Отчёт включает здание (номер варианта), расчётные формулы с размерностью величин; формулы с подставленными значениями её составляющих; результаты расчёта, таблицы и графические зависимости, выводы. Расчеты выполняются с точностью до второго знака после запятой.

1. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ БАРАБАННОГО МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА

1.1. Связь между индукцией и напряжённостью магнитного поля в среде, вакууме, воздухе и в воде. Перевод из единиц СИ в СГСМ

Индукция и напряжённость магнитного поля в системе СИ измеряются соответственно в теслах (Тл) и в «амперах на метр» (А/м). На практике напряжённость магнитного поля сепаратора указывают в «килоамперах на метр» (кА/м). Индукция и напряжённость магнитного поля в системе СГСМ измеряются соответственно в гауссах (Гс) и в эрстедах (Э). Индукция магнитного поля связана с напряжённостью магнитного поля соотношением

$$B=\mu\mu_0 H, \qquad (1.1)$$

где B и H – индукция и напряжённость магнитного поля, Тл и А/м соответственно; μ – магнитная проницаемость среды (относительная); μ_0 – магнитная проницаемость вакуума или магнитная постоянная, Гн/м.

Магнитная постоянная μ_0 в системе СИ равна $4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м, в системе СГСМ – единице.

Магнитная проницаемость (относительная) вакуума, воздуха и воды соответственно равна 1,0; 1,00000037 и 0,999991. Поэтому в вакууме, воздухе и в воде (принимая $\mu=1$) индукция и напряжённость магнитного поля будут связаны соотношением

$$B=\mu_0 H. \qquad (1.2)$$

Величина μ_0 является константой и служит для перехода от единиц измерения напряженности магнитного поля к единицам измерения индукции магнитного поля в вакууме, в воздухе, в воде и в других средах с $\mu\sim1$. Поэтому в вакууме и в других средах, не обладающих магнитными свойствами, как напряжённость, так и индукцию магнитного поля можно использовать в качестве количественной характеристики магнитного поля. Эти величины будут иметь одинаковый физический смысл, и связь между их единицами измерения будет прямой. Для барабанных магнитных сепараторов можно использовать как индукцию, так и напряжённость магнитного поля в зоне разделения сепаратора (в Тл или в кА/м). На промышленных предприятиях иногда используют единицы СГСМ – эрстеды или гауссы (редко). Для перехода от значений напряжённости к индукции

и наоборот следует пользоваться формулой (1.2).

Соотношение между единицами напряжённости магнитного поля в системах СИ и СГСМ следующее: 1 А/м = $4\pi \cdot 10^{-3}$ Э ≈ (1/80) Э.

Соотношение между единицами индукции магнитного поля в системах СИ и СГСМ следующее: 1 Тл = 10^4 Гс.

Если зона разделения сепаратора заполнена ферромагнитной средой, что характерно для высокоградиентных и феррогидростатических сепараторов, то в качестве силовой характеристики магнитного поля следует использовать индукцию магнитного поля.

Задача № 1.1

В паспорте барабанного сепаратора, в котором осуществляется разделение в воздушной среде ($\mu \sim 1$), приведена максимальная индукция магнитного поля на поверхности барабана, равная 0,25 Тл.

Перевести 0,25 Тл в Гс, кА/м и Э. Выполнить обратный переход от кА/м и Э к Тл и Гс.

Решение

0,25 Тл · 10^4 = 2500 Гс = 2500 Э;

0,25 Тл / ($4\pi \cdot 10^{-7}$) = 0,25 Тл · 800000 = 200000 А/м = 200 кА/м;

200000 А/м · ($4\pi \cdot 10^{-3}$) = 200000 А/м / 80 = 2500 Э.

Решение (обратный переход)

2500 Э / ($4\pi \cdot 10^{-3}$) = 2500 Э · 80 = 200000 А/м = 200 кА/м;

200 кА/м = 200000 А/м = 200000 · ($4\pi \cdot 10^{-7}$) = 200000 / 800000 = 0,25 Тл; 2500 Гс = 2500 Э = 0,25 Тл / 10^4. Номер

Задания и варианты приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Задания и варианты для задачи № 1.1

Перевести значение индукции магнитного поля из Тл в Гс и в значение напряжённости магнитного поля (в кА/м и Э)				Перевести значение напряжённости магнитного поля из Э в кА/м и в значение индукции магнитного поля (в Тл и Гс)			
Номер варианта	*B*, Тл	Номер варианта	*B*, Тл	Номер варианта	*H*, кА/м	Номер варианта	*H*, кА/м
1	0,1	11	1,1	21	80	31	880
2	0,2	12	1,2	22	160	32	960
3	0,3	13	1,3	23	240	33	1040
4	0,4	14	1,4	24	320	34	1120
5	0,5	15	1,5	25	400	35	1200
6	0,6	16	1,6	26	480	36	1280
7	0,7	17	1,7	27	560	37	1360
8	0,8	18	1,8	28	640	38	1440
9	0,9	19	1,9	29	720	39	1520
10	1,0	20	2,0	30	800	40	1600

1.2. Определение напряжённости (индукции) магнитного поля на поверхности барабана (ленты), коэффициента неоднородности магнитного поля и шага полюсов открытой многополюсной системы по экспериментальным измерениям с помощью тесламетра

Индукция и напряженность магнитного поля – силовые характеристики магнитного поля, поэтому они являются основной паспортной характеристикой магнитного сепаратора. Чем выше индукция или напряженность магнитного поля, тем с большей силой частица будет притягиваться к магнитной системе сепаратора.

Индукцию или напряженность магнитного поля определяют с помощью измерительного прибора, называемого тесламетр. Для барабанного сепаратора ($\mu \sim 1$) измерения выполняют на поверхности барабана (над серединой полюса) и на различном расстоянии (3-5 значений) с помощью щупа с датчиком Холла. Обычно в качестве максимального расстояния принимают расстояние от поверхности барабана до дна ванны (глубину ванны) для мокрых сепараторов ПБМ или максимальную высоту слоя исходного материала для сухих сепараторов ПБС.

Изменение индукции магнитного поля по нормали к поверхности барабана (полюсов) определяется равенством

$$B_\Delta = B_0 e^{-c\Delta}, \qquad (1.3)$$

где B_Δ – индукция на расстоянии Δ от барабана (полюса), Тл; B_0 – напряженность на поверхности барабана ($\Delta=0$), Тл; c – коэффициент неоднородности магнитного поля, $м^{-1}$.

При расположении полюсов по цилиндрической поверхности (барабан) коэффициент неоднородности поля

$$c=\pi/S+1/R, \qquad (1.4)$$

где S – шаг полюсов многополюсной магнитной системы, м; R – радиус цилиндрической поверхности, м.

При расположении полюсов в плоскости ($R\to\infty$) коэффициент неоднородности поля

$$c=\pi/S. \qquad (1.5)$$

Формула (1.3) и формулы (1.4) и (1.5), связывающие коэффициент неоднородности магнитного поля и шаг полюсов, являются приблизительными, и их можно использовать для электромагнитных систем и систем из ферритбариевых постоянных магнитов.

Задача № 1.2

Для сепаратора ПБМ-П-90/250 выполнены измерения индукции магнитного поля:

Расстояние, мм:	0	15	30	50
Индукция, Тл:	0,16	0,11	0,08	0,05

Построить зависимость, характеризующую уменьшение индукции магнитного поля при удалении от поверхности барабана сепаратора. Рассчитать:

- теоретическое значение индукции на поверхности футерованного барабана (толщина футеровки 5 мм) и на дне ванны;
- коэффициент неоднородности магнитного поля;
- шаг полюсов многополюсной магнитной системы.

При решении использовать миллиметры в качестве единиц длины.

Решение

Графическая экспериментальная зависимость (1.3) с теоретическим уравнением приведена на рис. 1.2.

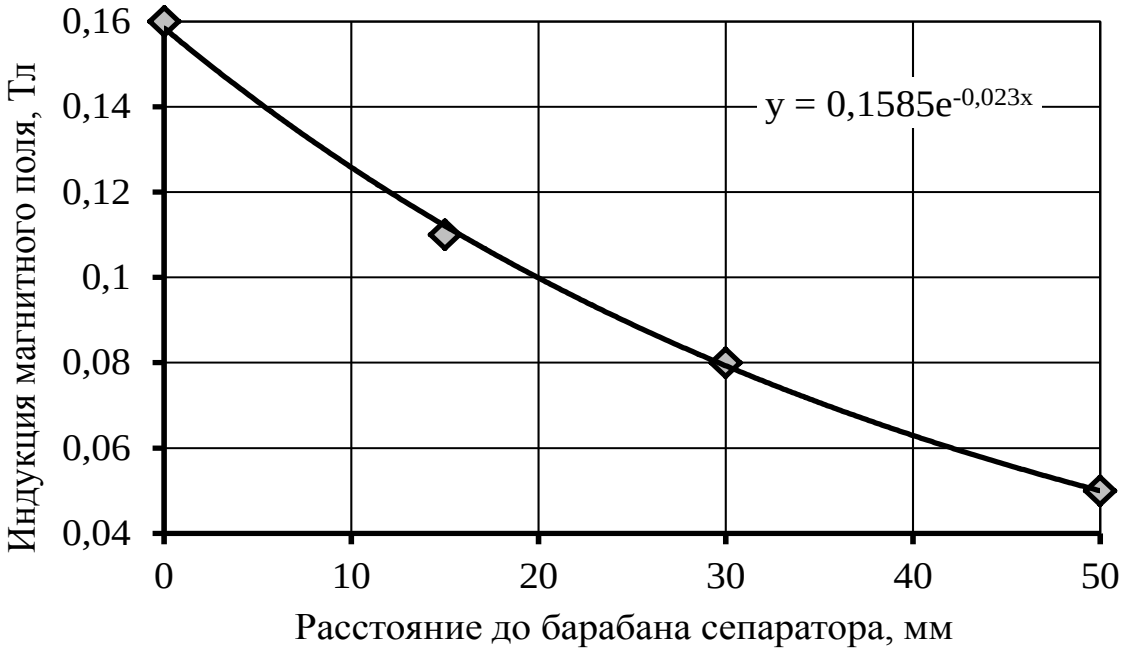


Рис.1.2. Зависимость индукции магнитного поля от расстояния до поверхности барабана сепаратора

Для нахождения величин B_0 и c необходимо выполнить линеаризацию уравнения (1.3) и воспользоваться методом наименьших квадратов. Для линеаризации уравнения (1.3) необходимо взять натуральный логарифм правой и левой частей

$$\ln(B_\Delta)=\ln(B_0)-c\Delta.$$

Используя метод наименьших квадратов, запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{N}\ln(B_{\Delta i}) = \ln(B_0)N - c\sum_{i=1}^{N}\Delta_i; \\ \sum_{i=1}^{N}\ln(B_{\Delta i})\Delta_i = \ln(B_0)\sum_{i=1}^{N}\Delta_i - c\sum_{i=1}^{N}\Delta_i^2, \end{cases}$$

где i и N – номер и количество экспериментальных данных (N=4 в задаче № 1.2).

Решением системы уравнений будут являться неизвестные коэффициенты $\ln(B_0)$ и c. Для нахождения $\ln(B_0)$ и c рассчитываем необходимые суммы:

$\sum\Delta_i$=95; $\sum\Delta_i^2$=3625; $\sum(\ln(B_{\Delta i}))$= -9,56; $\sum(\ln(B_{\Delta i})\cdot\Delta_i)$= -258,67.

Коэффициент неоднородности магнитного поля c=0,023 мм$^{-1}$. Величина $\ln(B_0)$= -1,84. Для нахождения B_0 число «e» возводим в степень $\ln(B_0)$ и получаем B_0=0,1585 Тл.

По уравнению (1.3) и найденным значениям c и B_0 строим тео-

ретическую зависимость (см. рис. 1.1).

Используя формулу (1.4), находим шаг полюсов (при R=450 мм для сепаратора ПБМ-П-90/250): S=151 мм.

Теоретическое значение индукции на поверхности футеровки барабана с толщиной 5 мм и на дне ванны (50 мм) рассчитываем по уравнению (1.3) при найденных значениях B_0, c и величин x=5 мм и x=50 мм. Получаем B_5=0,14 Тл и B_{50}=0,05 Тл.

Задание для задачи № 1.2

Варианты задачи № 1.2 приведены в табл. 1.2.

Задача № 1.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет: построение зависимости, характеризующей уменьшение индукции магнитного поля при удалении от поверхности барабана сепаратора (см. рис. 1.1); расчёт величин B_0, c; построение теоретической зависимости; расчёт шага полюсов магнитной системы; расчёт индукции магнитного поля на поверхности футеровки барабана с толщиной 5 мм и на дне ванны.

Каждая бригада строит зависимость индукции магнитного поля на дне ванны сепаратора от шага полюсов магнитной системы и делает вывод по полученной зависимости.

Таблица 1.2

Варианты для задачи № 1.2

Номер варианта	Расстояние Δ, мм				Номер варианта	Расстояние Δ, мм			
	0	15	30	50		0	30	60	100
	Индукция, Тл					Индукция, Тл			

1	0,16	0,07	0,04	0,01	16	0,16	0,07	0,04	0,01
2	0,16	0,08	0,05	0,02	17	0,16	0,08	0,05	0,02
3	0,16	0,09	0,06	0,03	18	0,16	0,09	0,06	0,03
4	0,16	0,10	0,07	0,04	19	0,16	0,10	0,07	0,04
5	0,16	0,11	0,08	0,05	20	0,16	0,11	0,08	0,05
6	0,18	0,09	0,06	0,03	21	0,18	0,09	0,06	0,03
7	0,18	0,10	0,07	0,04	22	0,18	0,10	0,07	0,04
8	0,18	0,11	0,08	0,05	23	0,18	0,11	0,08	0,05
9	0,18	0,12	0,09	0,06	24	0,18	0,12	0,09	0,06
10	0,18	0,13	0,1	0,07	25	0,18	0,13	0,1	0,07
11	0,20	0,09	0,03	0,01	26	0,20	0,09	0,03	0,01
12	0,20	0,10	0,06	0,02	27	0,20	0,10	0,06	0,02
13	0,20	0,11	0,07	0,03	28	0,20	0,11	0,07	0,03
14	0,20	0,12	0,08	0,04	29	0,20	0,12	0,08	0,04
15	0,20	0,13	0,09	0,05	30	0,20	0,13	0,09	0,05

2. РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ЧАСТИЦУ

Удельная магнитная сила (отнесённая к единице массы), действующая на частицу кубической формы с размером d, находящейся на расстоянии Δ от поверхности полюса, Н/кг:

$$f_{\text{м}} = \frac{F_{\text{м}}}{m} = \frac{a\mu_0\chi H_0^2}{2d} e^{-2c\Delta}(1-e^{-2cd}), \qquad (2.1)$$

где $F_{\text{м}}$ – магнитная сила, Н; m – масса частицы, кг; a – поправочный коэффициент, зависящий от крупности (высоты) частицы: a=1,1 (при d<5 мм), a=1,5 (при d=5-25 мм), a=2 (при d>25 мм); d – высота (размер) частицы, м; μ_0 – магнитная проницаемость вакуума или магнитная постоянная, Гн/м; $\mu_0=4\pi\cdot10^{-7}$; χ – удельная магнитная восприимчивость частицы, м^3/кг; H_0 – напряжённость магнитного поля на рабочей поверхности магнитной системы, А/м; c – коэффициент неоднородности магнитного поля, м$^{-1}$; Δ – расстояние от рабочей поверхности магнитной системы до частицы, мм.

Задача № 2

Частица с размером d=30 мм и с удельной восприимчивостью $\chi=4\cdot10^{-4}$ м^3/кг находится на неподвижном конвейере под подвесным железоотделителем с плоской многополюсной системой. Расстояние L между лентой конвейера и рабочей поверхностью магнитной системы равно 0,15 м. Напряжённость магнитного поля на рабочей по-

верхности магнитной системы равна 160 кА/м. Шаг полюсов магнитной системы железоотделителя равен 0,25 м.

Рассчитать удельную магнитную силу, действующую на частицу по формуле (2.1). Вывести формулу для расчёта удельной магнитной силы с помощью индукции магнитного поля. Рассчитать удельную магнитную силу по полученной формуле и сравнить результаты.

Сделать вывод: притянется ли частица к магнитной системе железоотделителя? Принять, что на частицу значимо действуют сила тяжести и магнитная сила.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формуле (1.5) рассчитываем коэффициент неоднородности магнитного поля, c=12,57 м$^{-1}$. Расстояние $\Delta=L-d$=0,15–0,03=0,12 м от рабочей поверхности магнитной системы до частицы находится путём вычитания из расстояния между лентой конвейера и рабочей поверхностью магнитной системы значения высоты (размера) частицы d. По формуле (2.1) находим значение удельной магнитной силы, действующей на частицу, $f_м(H)$=11,13 Н/кг.

Используя формулы (1.2) и (2.1), выводим формулу для расчёта удельной магнитной силы с помощью индукции магнитного поля. Переводим заданное значение напряжённости в индукцию магнитного поля: 160 кА/м=0,2 Тл. Рассчитываем удельную магнитную силу ($f_м(B)$=11,13 Н/кг) и сравниваем результаты: $f_м(H)= f_м(B)$.

Сравниваем удельную магнитную силу и ускорение свободного падения – если $f_м > g$, то частица притянется к магнитной системе железоотделителя, если $f_м < g$, то частица останется на ленте конвейера. Такое сравнение допустимо, так как размерности Н/кг и м/с^2 эквивалентны.

Задание для задачи № 2

Варианты задачи № 2 приведены в табл. 2.1.

Задача № 2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – вариант).

Таблица 2.1

Варианты для задачи № 2

Номер варианта	$\chi \cdot 10^{-4}$, $м^3/кг$	H_0, кА/м	d, мм	S, м	L, мм	Номер варианта	$\chi \cdot 10^{-4}$, $м^3/кг$	H_0, кА/м	d, мм	S, м	L, мм
1	2	160	30	0,25	0,15	16	0,7	160	30	0,25	0,1
2	3	160	30	0,25	0,15	17	0,9	160	30	0,25	0,1
3	4	160	30	0,25	0,15	18	1,1	160	30	0,25	0,1
4	5	160	30	0,25	0,15	19	1,3	160	30	0,25	0,1
5	6	160	30	0,25	0,15	20	1,5	160	30	0,25	0,1
6	1	200	30	0,25	0,15	21	0,4	200	30	0,25	0,1
7	2	200	30	0,25	0,15	22	0,6	200	30	0,25	0,1
8	3	200	30	0,25	0,15	23	0,8	200	30	0,25	0,1
9	4	200	30	0,25	0,15	24	1,0	200	30	0,25	0,1
10	5	200	30	0,25	0,15	25	1,2	200	30	0,25	0,1
11	0,5	240	30	0,25	0,15	26	0,1	240	30	0,25	0,1
12	1	240	30	0,25	0,15	27	0,3	240	30	0,25	0,1
13	2	240	30	0,25	0,15	28	0,5	240	30	0,25	0,1
14	3	240	30	0,25	0,15	29	0,7	240	30	0,25	0,1
15	4	240	30	0,25	0,15	30	0,9	240	30	0,25	0,1

Каждый студент выполняет расчёт удельной магнитной силы, действующей на частицу с заданными значениями d и χ, используя величины напряжённости и индукции магнитного поля (результаты должны быть равными), и делает вывод о притяжении (непритяжении) частицы к магнитной системе железоотделителя.

Каждая бригада строит зависимость удельной магнитной силы от величины χ и делает вывод по полученной зависимости. На этом же графике строится горизонтальная линия, соответствующая величине ускорения свободного падения. Найти абсциссу точки пересечения двух линий, равную граничному значению удельной магнитной восприимчивости $\chi_{гр}$. Сделать вывод, как будут взаимодействовать с магнитным полем частицы, имеющие $\chi > \chi_{гр}$ и $\chi < \chi_{гр}$.

3. ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПРИ МАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ

3.1. Движение частиц в сухих сепараторах с верхней подачей

В магнитных сепараторах с верхней подачей материала частицы руды подаются на барабан или валок и транспортируются им в зону разделения. В зависимости от суммарного действия на частицу магнитной и механической сил частица оторвется от барабана при определенном угле его поворота. Если магнитная сила, действующая на частицу, превышает результирующую механических сил, то частица попадёт в магнитный продукт. Если магнитная сила, действующая на частицу, меньше суммарных механических сил, то частица попадёт в немагнитный продукт.

При движении частицы через рабочую зону сепаратора с верхней подачей на частицу будут действовать силы: магнитная, сила тяжести, центробежная, сила трения (рис. 3.1).

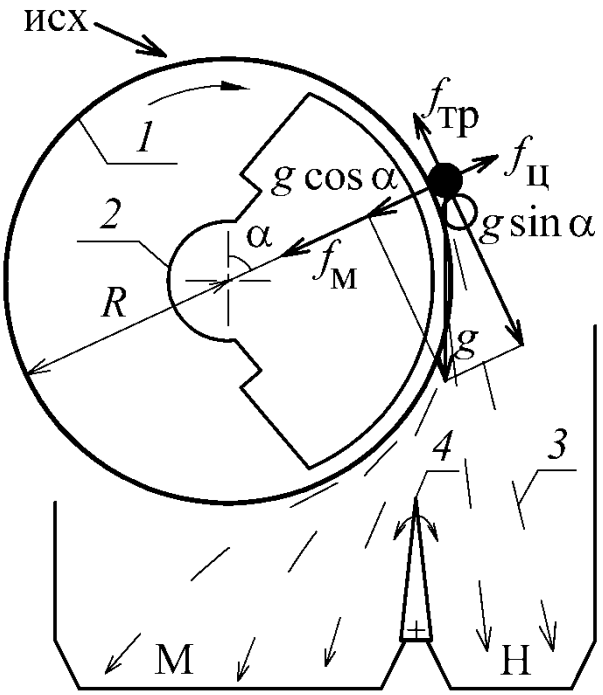


Рис. 3.1. Схема сил, действующих на частицы в магнитном сепараторе с верхней подачей материала:
1 – барабан; *2* – магнитная система; *3* – траектории движения частиц; *4* – шибер

При движении единичной частицы условие попадания частицы в магнитный продукт выглядит следующим образом [1]:

$$f_м \geq f_ц - g\cos\alpha + g\sin\alpha/\mathrm{tg}\varphi = f_ц + g\sin(\alpha-\varphi)/\sin\varphi, \qquad (3.1)$$

где $f_м$ и $f_ц$ – удельные магнитная и центробежная силы Н/кг; g – ускорение свободного падения 9,81 м/с^2; tgφ – коэффициент трения; α – угол поворота барабана (угол положения частицы на барабане), град.

Удельная центробежная сила, возникающая при движении частицы по криволинейной траектории при $d/R > 0{,}05$ равна

$$f_ц = \upsilon^2 (R + 0{,}5d)^2 / R^3, \qquad (3.2)$$

где υ – линейная скорость вращения барабана сепаратора, м/с; R – радиус барабана, м.

Условие (3.1) справедливо для движения единичной частицы с вращающимся барабаном сепаратора. В том случае, когда в обогащаемой руде содержатся магнитные частицы, сильно притянутые к барабану, они не позволяют менее богатым кускам руды смещаться по поверхности барабана (скользить) под влиянием тангенциальной составляющей силы тяжести $g\sin\alpha$. Кроме того, если сильномагнитная частица находится перед немагнитной частицей, то возникнет добавочная сила трения (трение между частицами), которая будет способствовать отрыву немагнитной частицы при большем угле поворота барабана. Поэтому величину удельной магнитной силы, необходимой для извлечения магнитных частиц, можно уменьшить на коэффициент $(1+\alpha_м)$. Удельная магнитная сила, необходимая для извлечения граничной магнитной частицы при монослойном движении материала [1]:

$$f_м \geq (f_ц - g\cos\alpha)/(1+\alpha_м), \qquad (3.3)$$

где $\alpha_м$ – содержание сильномагнитных частиц в исходной руде, д. ед.

При расчёте магнитной силы необходимо знать коэффициент неоднородности магнитного поля c или шаг S полюсов многополюсной магнитной системы. Величину оптимального шага полюсов, обеспечивающего максимальную магнитную силу, действующую на максимальный размер куска, можно определить следующим образом. Возьмём частную производную формулы (2.1) по c и приравняем её к нулю. Из полученного равенства выразим c:

$$c = \ln[(\Delta + d)/\Delta] / 2d. \qquad (3.4)$$

Используя уравнения (1.4) и (3.4), найдём S:

$$S = \frac{2\pi dR}{R\ln(1 + d/\Delta) - 2d}. \qquad (3.5)$$

Используя равенство (3.3), можно определить параметры и режимы работы магнитного сепаратора, при которых частицы с заданными магнитными свойствами попадут в магнитный продукт при заданном угле поворота барабана. К характеристикам магнитного сепаратора, которые можно определить из условия (3.3), относятся:

напряженность (индукция) магнитного поля на поверхности полюса H_0, полюсный шаг S, расстояние от поверхности полюса до частицы Δ, скорость вращения барабана υ и его радиус R. Определение характеристик сепаратора необходимо проводить для частиц заданной крупности (максимальной).

Задача № 3.1

Частицы с размером (с высотой) d=30 мм движутся по барабану сепаратора ПБС-90/150 (см. рис. 3.1). Расстояние Δ между частицами и рабочей поверхностью магнитной системы Δ=10 мм. Содержание сильномагнитных частиц в исходной руде $\alpha_м$ =0,1 д. ед. Линейная скорость вращения барабана сепаратора υ =1,2 м/с. Принять, что на частицу значимо действуют магнитная и центробежная силы и сила тяжести. Необходимо обеспечить попадание в магнитный продукт частиц с удельной магнитной восприимчивостью $\chi_{гр} \geq 0{,}1 \cdot 10^{-4}$ м^3/кг при угле поворота барабана α=120^0.

Определить основные параметры магнитной системы барабанного сепаратора ПБС с верхней подачей – H_0 и S. Определить напряжённость магнитного поля H_{10} на рабочей поверхности барабана при Δ=10 мм.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формулам (3.4) и (3.5) рассчитываем оптимальный коэффициент неоднородности магнитного поля и оптимальный шаг полюсов: c=23,1 м$^{-1}$ и S=0,15 м. По формуле (3.3) рассчитываем удельную центробежную силу $f_ц$=3,42 Н/кг.

Подставляем в выражение (3.3) вместо $f_м$ формулу (2.1) и выводим формулу для расчёта напряжённости магнитного поля на поверхности магнитной системы. Далее выполняем расчёт: H_0=195,51 кА/м. Напряжённость магнитного поля H_{10} на рабочей поверхности барабана при Δ=x=10 мм рассчитываем по формуле (1.3), используя вместо индукции напряжённость магнитного поля – H_{10}=155,18 кА/м.

Задание для задачи № 3.1

Варианты задачи № 3.1 приведены в табл. 3.1.

Задача № 3.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – вариант).

Таблица 3.1

Варианты для задачи № 3.1

(Δ=10 мм, $\alpha_м$ =0,1 д. ед., α=120^0)

Номер варианта	d, мм	$\chi \cdot 10^{-4}$, м^3/кг	R, м	υ, м/с	Номер варианта	d, мм	$\chi \cdot 10^{-4}$, м^3/кг	R, м	υ, м/с
1	30	0,1	0,45	1,0	16	30	0,1	0,45	1,2
2	30	0,1	0,45	1,1	17	40	0,1	0,45	1,2
3	30	0,1	0,45	1,2	18	50	0,1	0,45	1,2
4	30	0,1	0,45	1,3	19	60	0,1	0,45	1,2
5	30	0,1	0,45	1,5	20	70	0,1	0,45	1,2
6	30	0,1	0,35	1,2	21	50	0,1	0,45	1,2
7	30	0,1	0,40	1,2	22	50	0,2	0,45	1,2
8	30	0,1	0,45	1,2	23	50	0,3	0,45	1,2
9	30	0,1	0,50	1,2	24	50	0,4	0,45	1,2
10	30	0,1	0,55	1,2	25	50	0,5	0,45	1,2
11	30	0,1	0,45	1,2	26	70	0,1	0,35	1,5
12	30	0,2	0,45	1,2	27	70	0,1	0,45	1,5
13	30	0,3	0,45	1,2	28	70	0,1	0,55	1,5
14	30	0,4	0,45	1,2	29	70	0,1	0,65	1,5
15	30	0,5	0,45	1,2	30	70	0,1	0,75	1,5

Каждый студент выполняет расчёт основных параметров магнитной системы барабанного сепаратора ПБС с верхней подачей – H_0, H_{10} и S, используя заданные величины.

Каждая бригада строит зависимость напряжённости магнитного поля H_{10} на рабочей поверхности барабана от варьируемой величины и делает вывод по полученной зависимости.

3.2. Движение частиц в сепараторах с нижней подачей

В магнитных сепараторах с нижней подачей материала частицы материала подаются под барабан сепаратора. При сепарации необходимо добиться, чтобы магнитные частицы, пройдя в горизонтальном направлении путь длиной L, равный длине ванны сепаратора (длине рабочей зоны), успели сместиться в вертикальном направлении на расстояние h, равное высоте рабочей зоны (глубине ванны) (рис. 3.2). При выполнении данного условия магнитные частицы извлекутся из общего потока материала, притянутся к магнитной системе и вынесутся барабаном в зону разгрузки. При расчете траектории рассматривается граничная частица, находящаяся на дне ванны сепаратора, поскольку если эта частица успеет пройти в вертикальном направлении путь h, находясь в рабочей зоне сепаратора, то все другие частицы с $\chi > \chi_{гр}$ успеют извлечься из потока материала независимо от их

начального положения при входе в ванну сепаратора (по высоте) [3].

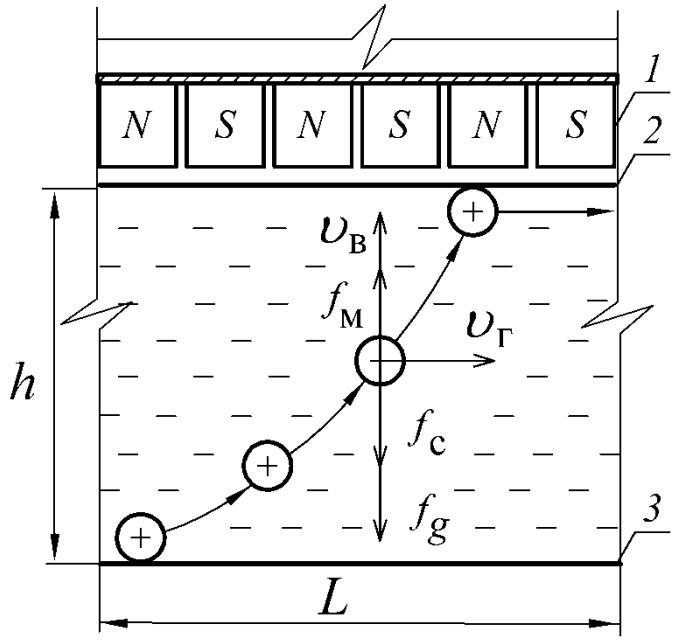


Рис. 3.2. Схема сил, действующих на частицы в мокром магнитном сепараторе с нижней подачей материала:
1 – магнитная система; *2* – обечайка барабана; *3* – дно ванны сепаратора

При мокрой магнитной сепарации (ММС) и при нижней подаче материала частицы обычно перемещаются по криволинейной траектории, вдоль поверхности барабана или валка. При этом силы, действующие в нормальном к поверхности барабана направлении, будут изменяться. Нормальная составляющая силы тяжести будет зависеть от угла положения частицы α относительно оси барабана. Магнитная и центробежная силы будут зависеть от расстояния Δ от частицы до обечайки барабана. При снижении расстояния Δ (при движении частицы вверх) магнитная и центробежная силы будут возрастать.

Учёт изменения магнитной и центробежной сил и силы тяжести в процессе движения частицы вверх не позволяет получить аналитическое решение и требует применения численных методов решения дифференциальных уравнений на ЭВМ. Поэтому для упрощения расчётов условно примем сечение ванны в виде прямоугольника, а значение магнитной силы постоянным при $\Delta=h$ (см. рис. 3.2). За начало координат принимается нижняя точка ванны сепаратора в месте начала рабочей зоны, направление оси абсцисс – слева направо (от 0 до L), направление оси ординат – снизу вверх (от 0 до h).

При таком упрощении в вертикальном направлении на частицу действуют силы: тяжести, магнитная и вязкостного сопротивления. Центробежная сила будет равна нулю.

В установившемся режиме частица движется в горизонтальном направлении со скоростью пульпы ($\upsilon_г$). На этом основании можно считать, что скорость частицы относительно скорости пульпы равна нулю, и все силы, действующие по горизонтали, скомпенсированы. Следовательно, в горизонтальном направлении частица не испытывает воздействия сил и движется равномерно со скоростью пульпы $\upsilon_г$.

Удельная сила тяжести, уменьшенная на величину силы Архимеда, вычисляется по формуле

$$f_g = g(\rho - \rho_c)/\rho, \qquad (3.6)$$

где ρ, ρ_c – плотность соответственно частицы и воды, кг/м^3; g - ускорение силы тяжести, м/с^2.

В противоположном направлении на частицу действует удельная магнитная сила, которая вычисляется по формуле (2.1). При движении частицы с $\chi > \chi_{гр}$ от дна ванны к обечайке барабана удельная магнитная сила увеличивается при уменьшении Δ. Для упрощения расчётов примем величину Δ постоянной, равной глубине ванны h.

При перемещении частицы в пульпе возникает сила вязкостного сопротивления (сила сопротивления среды), зависящая от вертикальной составляющей скорости перемещения частицы и направленная против этой скорости. Для частиц крупностью менее 0,1 мм удельная сила сопротивления изменяется по закону Стокса:

$$f_c = 18\mu\upsilon_в/(\rho d^2), \qquad (3.7)$$

где μ - коэффициент динамической вязкости (для воды $\mu = 10^{-3}$ Н·с/м^2); d - диаметр частицы, м; $\upsilon_в$ - вертикальная составляющая скорости частицы, м/с.

Удельная сила вязкостного сопротивления направлена противоположно равнодействующей сил $f_м$ и f_g. При увеличении содержания твердого в пульпе увеличивается её кажущаяся вязкость и плотность и, следовательно, сила сопротивления среды. С некоторым допущением силу сопротивления будем рассчитывать по формуле (3.7) при значении μ для воды.

В начальный момент времени при поступлении частицы в рабочую зону сепаратора сила сопротивления будет равна нулю ($\upsilon_в = 0$). Частица начнет движение в вертикальном направлении (к барабану сепаратора) при $f_м > f_g$. Уравнение движения частицы в вертикальном направлении запишется следующим образом:

$$d\upsilon_в/dt = f_м - f_g - f_с. \qquad (3.8)$$

Заменим $f_м - f_g$ на a и $18\mu/(\rho d^2)$ на b. После преобразований и подстановки уравнение движения частицы в вертикальном направлении представляет собой линейное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$dt = d\upsilon_в/(a - b\upsilon_в).$$

Решение дифференциального уравнения дает формулу для расчета перемещения частицы в вертикальном направлении:

$$y_t = \frac{a}{b}\left(t + \frac{e^{-tb}}{b}\right) - \frac{a}{b^2}\ , \qquad (3.9)$$

где y_t – текущая координата частицы, м.

Примем, что в вертикальном направлении частица прошла путь $y_t = h$. Для притяжения частицы к барабану сепаратора необходимо, чтобы частица в горизонтальном направлении за то же время t прошла путь, меньший или равный L. Время, за которое частица пройдет путь L:

$$t = L/\upsilon_г. \qquad (3.10)$$

Подставим в формулу (3.9) вместо y_t величину h, вместо t зависимость (3.10), а вместо a – разность $f_м - f_g$ и выразим значение магнитной силы:

$$f_м \geq f_g + h/\left[\frac{1}{b}\left(\frac{L}{\upsilon_г} + \frac{e^{-\frac{L}{\upsilon_г}b}}{b} - \frac{1}{b}\right)\right]\ , \qquad (3.11)$$

где b – коэффициент, равный $18\mu/(\rho d^2)$, $с^{-1}$.

Величина $f_м$, рассчитанная по формуле (3.11), будет характеризовать магнитную силу, при которой в магнитный продукт попадут частицы с $\chi \geq \chi_{гр}$, а частицы с $\chi < \chi_{гр}$ попадут в немагнитный продукт.

Задача № 3.2

Частица с размером d=0,07 мм движется в ванне сепаратора ПБМ-ПП-90/250 (см. рис. 3.2). Расстояние Δ между частицей и поверхностью барабана (глубина ванны) $\Delta = h$=50 мм. Поправочный коэффициент, связанный с флокулообразованием тонких частиц, принять a=2. Шаг полюсов (по поверхности барабана) S=0,15 м. Напряжённость магнитного поля на поверхности барабана H_0=128 кА/м.

Длина рабочей зоны ванны L=0,6 м. Плотность частиц ρ=4500 кг/м^3. Скорость пульпы (частиц) в горизонтальном направлении $\upsilon_г$ = 0,5 м/с.

Определить величину минимального значения удельной магнитной восприимчивости частицы ($\chi_{гр}$), при которой частица попадёт в магнитный продукт.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формуле (3.6) рассчитываем удельную силу тяжести f_g=7,63 Н/кг. Рассчитываем коэффициент b=18μ/(ρd^2)=818,33 с$^{-1}$. По формуле (3.11) рассчитываем минимальное значение удельной магнитной силы, необходимой для извлечения частицы в магнитный продукт: $f_м$=41,68 Н/кг. По формуле (1.4) рассчитываем коэффициент неоднородности поля: c=23,17 м$^{-1}$.

Используя формулу (2.1), выводим формулу для расчёта минимального значения удельной магнитной восприимчивости частицы, при которой частица попадёт в магнитный продукт, и выполняем расчёт: $\chi_{гр}$=0,00044=4,4·10^{-4} м^3/кг.

Задание для задачи № 3.2

Варианты задачи № 3.2 приведены в табл. 3.2.

Задача № 3.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт минимального значения удельной магнитной восприимчивости частицы, при которой частица попадёт в магнитный продукт, используя заданные величины.

Каждая бригада строит зависимость минимального значения удельной магнитной восприимчивости извлекаемой частицы $\chi_{гр}$ от варьируемой величины и делает вывод по полученной зависимости.

3.3. Движение частиц в электрических сепараторах

При электрической сепарации (ЭС) на частицы действуют электрические силы. Точный расчёт электрических сил затруднителен, что связано с приблизительной оценкой показателей электрического поля, сложностью оценки электрических свойств частиц (прежде всего сростков) и величины зарядов, получаемых частицами.

Таблица 3.2

Варианты для задачи № 3.2

(Δ=50 мм; a=1,5; S=0,15 м; R=0,45 м; L=0,6 м; ρ=4500 кг/м^3)

Номер варианта	d, мм	H_0, кА/м	υ, м/с	Номер варианта	d, мм	H_0, кА/м	υ, м/с
1	0,02	128	0,5	16	0,02	200	0,5
2	0,04	128	0,5	17	0,04	200	0,5
3	0,06	128	0,5	18	0,06	200	0,5
4	0,08	128	0,5	19	0,08	200	0,5
5	0,10	128	0,5	20	0,10	200	0,5
6	0,10	96	0,5	21	0,07	96	0,5
7	0,10	112	0,5	22	0,07	112	0,5
8	0,10	128	0,5	23	0,07	128	0,5
9	0,10	160	0,5	24	0,07	160	0,5
10	0,10	200	0,5	25	0,07	200	0,5
11	0,10	128	0,1	26	0,10	200	0,1
12	0,10	128	0,3	27	0,10	200	0,3
13	0,10	128	0,5	28	0,10	200	0,5
14	0,10	128	0,7	29	0,10	200	0,7
15	0,10	128	0,9	30	0,10	200	0,9

Рассмотрим динамику движения в коронном барабанном сепараторе смеси из двух типов частиц – проводников и непроводников (см. рис. 3.3).

В межэлектродном пространстве между осадительным электродом *1* и коронирующим электродом *2* на заряженные частицы действуют электростатическая сила (сила Кулона) $F_э$ и пондеромоторная электрическая сила $F_п$, зависящая от неоднородности электрического поля и диэлектрической проницаемости среды и частиц. По данным работ [1, 2], сила $F_п$ в воздушной среде мала, и ею можно пренебречь. Поэтому в качестве электрической силы, обеспечивающей разделение частиц, будет являться электростатическая сила Кулона $F_э$. После выхода частицы из межэлектродного пространства на частицу будет действовать сила зеркального отображения $F_з$, также относящаяся к Кулоновым силам и способствующая удержанию частицы на барабане.

Кроме электрических сил при движении частицы через рабочую зону сепаратора на частицу будут действовать механические силы: тяжести, центробежная, трения. На мелкие частицы будет действовать сила адгезии, вызывающая прилипание пылевидных частиц к барабану (силу адгезии рассматривать не будем).

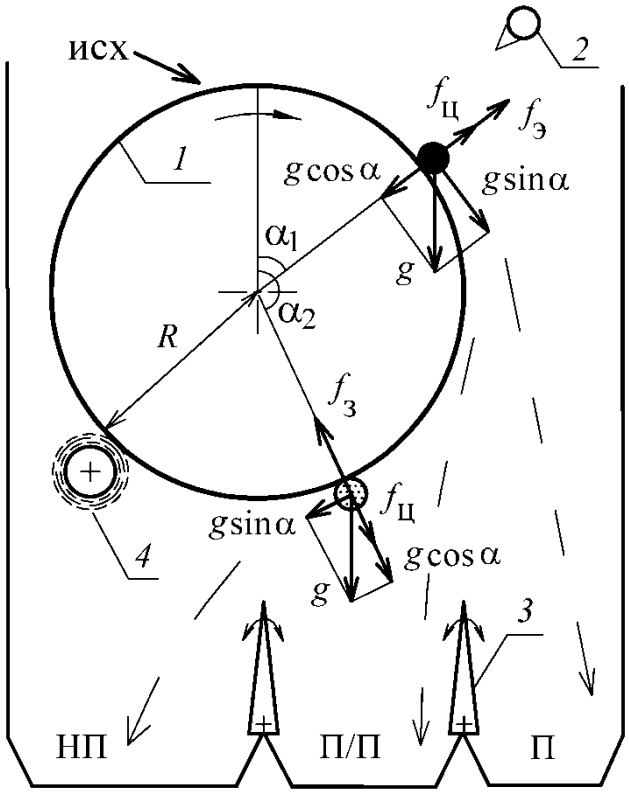


Рис. 3.3. Схема сил, действующих на частицы в барабанном коронном электрическом сепараторе:
1 – барабан-электрод; *2* – коронирующий электрод; *3* – шибер; *4* – щётка;
П, П/П и НП – проводники (●), промпродукт и непроводники (⊙)

По аналогии с разделением в магнитных сепараторах (см. условие (3.3)) примем, что при монослойной подаче материала частицы, закрепившиеся на барабане, не позволяют другим частицам смещаться по поверхности барабана (скользить) под влиянием тангенциальной составляющей силы тяжести $g\sin\alpha$. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать баланс сил в нормальном к поверхности барабана направлении (силу трения и тангенциальную составляющую силы тяжести $g\sin\alpha$ рассматривать не будем, см. рис. 3.2).

Для барабанного коронного сепаратора можно выделить две основные зоны разделения:

1) зону зарядки частиц проводников и непроводников (межэлектродное пространство) и отталкивание от барабана проводников (при выходе из межэлектродного пространства);

2) зону удерживания частиц непроводников на барабане от окончания межэлектродного пространства до щётки *4* (см. рис. 3.3).

Рассмотрим действие сил на частицы проводников и непроводников в выделенных зонах разделения барабанного коронного сепа-

ратора. В межэлектродном пространстве проводники и непроводники получат от коронирующего электрода максимальный заряд:

$$q_\infty = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0[1+2(\varepsilon_ч-1)/(\varepsilon_ч+2)]r^2E_к, \qquad (3.12)$$

где ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м; ε и $\varepsilon_ч$ – диэлектрические (относительные) проницаемости воздуха (ε=1) и частицы; r – радиус частицы, м; $E_к$ – напряжённость электрического поля в межэлектродном пространстве на барабане, В/м.

Проводник мгновенно получит отрицательный заряд в поле коронного разряда, затем перезарядится на барабане и получит положительный заряд. После выхода из межэлектродного пространства положительно заряженная частица проводника оттолкнётся от барабана под действием силы электростатического поля и центробежной силы. Условие отрыва проводника от барабана выглядит следующим образом (см. рис. 3.3):

$$f_э + f_ц \geq g\cos\alpha, \qquad (3.13)$$

где $f_э$ – удельная электростатическая сила, Н/кг.

Удельная центробежная сила рассчитывается по формуле (3.2). Учитывая малый размер частиц, $f_ц$ можно рассчитать по более простой формуле:

$$f_ц = \upsilon^2 / R. \qquad (3.14)$$

Удельная электростатическая сила для случая, когда частица лежит на барабане:

$$f_э = F_э / m = q\,E / m = q^2 / (4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2 m), \qquad (3.15)$$

где q – заряд частицы-проводника после перезарядки на барабане, Кл; E – напряжённость электрического поля, создаваемого заряженной частицей, В/м.

Заряд частицы-проводника q после перезарядки на барабане будет меньше заряда q_∞, и его можно рассчитать:

$$q = k_q\, q_\infty, \qquad (3.16)$$

где k_q – коэффициент уменьшения заряда.

При обогащении в коронном сепараторе условие (3.13) должно всегда выполняться – частица-проводник оторвётся от барабана при угле его поворота $\alpha_1 \approx 25\text{-}30^0$ (зависит от угла установки коронирующего электрода).

Частица-непроводник также получит отрицательный заряд в поле коронного разряда и притянется к барабану под действием элек-

тростатической силы. Частица-непроводник не будет разряжаться на барабане и сохранит свой отрицательный заряд. При выходе из межэлектродного пространства частица-непроводник будет притягиваться к барабану под действием силы зеркального отображения.

Условие притяжения частицы-непроводника к барабану выглядит следующим образом (см. рис. 3.3):

$$f_з \geq f_ц - g\cos\alpha, \qquad (3.17)$$

где $f_з$ – удельная сила зеркального отображения, Н/кг.

Удельная сила зеркального отображения для случая, когда частица лежит на барабане:

$$f_з = F_з / m = q_{ост} E / m = q^2_{ост} / (16\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2 m), \qquad (3.18)$$

где $q_{ост}$ – остаточный заряд частицы-непроводника после выхода из межэлектродного пространства, Кл.

Если при угле поворота барабана $\alpha_2=180^0$ ($\cos\alpha=1$) условие (3.17) будет выполнено, то частица-непроводник в дальнейшем не оторвётся от барабана и будет удалена с него щёткой *4* (см. рис. 3.3). Если при угле поворота барабана $\alpha_2=180^0$ условие (3.17) не будет выполнено, то частица-непроводник оторвётся от барабана при угле $\alpha_2<180^0$. Для этого случая угол отрыва частицы-непроводника

$$\alpha_2=\arccos\left[(f_ц - f_з)/g\right]. \qquad (3.19)$$

Используя равенства (3.13) и (3.17), можно определить параметры и режимы работы электрического сепаратора, при которых частицы с известными электрическими свойствами попадут в различные приёмники.

Задача № 3.3

Смесь частиц разделяется на коронном барабанном сепараторе (см. рис. 3.3). Напряжённость электрического поля в межэлектродном пространстве на барабане составляет 5 кВ/см. Угол установки коронирующего электрода относительно поворота барабана с R=0,17 м составляет 30^0. Линейная скорость вращения барабана υ =1 м/с.

Исходный продукт представлен частицами двух минералов – ильменита (проводник) и кварца (непроводник). Диэлектрические проницаемости (относительные) кварца и ильменита равны 5 и 55 соответственно. Размер частиц кварца и ильменита (радиус) составляет 0,2 и 0,2 мм соответственно. Плотности частиц кварца и ильменита равны 2600 и 4700 кг/м^3 соответственно. Форму частиц принять ша-

рообразной.

Коэффициент уменьшения максимального абсолютного заряда частиц ильменита после выхода из межэлектродного пространства (после перезарядки) k_q =0,7. Частицы кварца получат в поле коронного разряда максимальный заряд (k_q =1).

Принять, что после выхода из межэлектродного пространства на частицы ильменита значимо действуют электростатическая и центробежная силы и сила тяжести, а на частицы кварца – сила зеркального отображения, сила тяжести и центробежная сила.

Рассчитать суммарную удельную силу, действующую на частицы ильменита (f_Σ) в момент их отрыва от барабана при угле его поворота $\alpha_1=30^0$ (угол установки коронирующего электрода).

Определить, останутся ли частицы кварца на барабане при его угле поворота $\alpha_2=180^0$. Если «да», то сделать вывод, как необходимо частицы кварца разгружать с барабана. Если частицы кварца оторвутся от барабана при угле $\alpha_2<180^0$, то рассчитать угол их отрыва.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формуле (3.12) рассчитываем максимальный заряд, полученный частицами кварца и ильменита в поле коронного разряда: q_∞(кварц)=q(кварц)=4,7662·10^{-12} и q_∞(ильменит)=6,4386·10^{-12} Кл. По формуле (3.16) рассчитываем заряд частиц ильменита после выхода из межэлектродного пространства: q(ильменит)=4,5070·10^{-12} Кл.

Рассчитываем массы частиц кварца и ильменита: 8,7127·10^{-8} и 1,5750·10^{-7} соответственно.

По формуле (3.15) рассчитываем удельную электростатическую силу, действующую на частицы ильменита: $f_э$=28,9929 Н/м. По формуле (3.14) рассчитываем удельную центробежную силу, действующую на частицы кварца и ильменита: $f_ц$=5,8824 Н/м. По формуле (3.18) рассчитываем удельную силу зеркального отображения, действующую на частицы кварца: $f_э$=14,6530 Н/м.

Используя формулу (3.13), рассчитываем суммарную удельную силу, действующую на частицы ильменита в момент их отрыва от барабана при угле его поворота $\alpha_1=30^0$. Суммарная удельная сила: $f_\Sigma= f_э + f_ц – g\cos\alpha$=26,3795 Н/кг.

Проверяем выполнение условия (3.17) для частиц кварца при угле поворота барабана $\alpha_2=180^0$. Условие не выполняется ($f_\Sigma<0$; $f_\Sigma = f_з – –f_ц+g\cos\alpha= –1,0393$ Н/кг), следовательно, частицы кварца оторвутся

при угле $\alpha_2<180^0$. По формуле (3.19) рассчитываем угол отрыва частиц кварца $\alpha_2=153{,}4^0$.

Задание для задачи № 3.3

Варианты задачи № 3.3 приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Варианты для задачи № 3.3

(E=5 кВ/см; $\varepsilon_{кв}$=5; $\varepsilon_{ильм}$=55; $\rho_{кв}$=2600 кг/м^3; $\rho_{ильм}$=2600 кг/м^3; k_q =1; $\alpha_1=30^0$)

Номер варианта	r, мм	R, м	υ, м/с	Номер варианта	r, мм	R, м	υ, м/с
1	0,05	0,17	1,0	16	0,05	0,15	1,2
2	0,10	0,17	1,0	17	0,10	0,15	1,2
3	0,15	0,17	1,0	18	0,15	0,15	1,2
4	0,20	0,17	1,0	19	0,20	0,15	1,2
5	0,25	0,17	1,0	20	0,25	0,15	1,2
6	0,2	0,11	1,0	21	0,10	0,11	1,2
7	0,2	0,13	1,0	22	0,10	0,13	1,2
8	0,2	0,15	1,0	23	0,10	0,15	1,2
9	0,2	0,17	1,0	24	0,10	0,17	1,2
10	0,2	0,19	1,0	25	0,10	0,19	1,2
11	0,2	0,17	1,0	26	0,10	0,15	1,0
12	0,2	0,17	1,1	27	0,10	0,15	1,1
13	0,2	0,17	1,2	28	0,10	0,15	1,2
14	0,2	0,17	1,3	29	0,10	0,15	1,3
15	0,2	0,17	1,4	30	0,10	0,15	1,4

Задача № 3.3 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт суммарной удельной силы, действующей на частицы ильменита (f_Σ) в момент их отрыва от барабана при угле его поворота $\alpha_1=30^0$. Каждый студент определяет угол отрыва от барабана частиц кварца α_2.

Каждая бригада строит зависимость суммарной удельной силы, действующей на частицы ильменита (f_Σ), и зависимость угла отрыва от барабана частиц кварца (α_2) от варьируемой величины и делает вывод по полученным зависимостям.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ МИНЕРАЛОВ

4.1. Пондеромоторный метод Фарадея и метод Гюи

Определение магнитной восприимчивости минералов основано на взвешивании образцов, помещённых в магнитное поле. Чем больше прирост «массы» образца в магнитном поле, тем выше его магнитные свойства.

Для определения магнитной восприимчивости слабомагнитных минералов применяют пондеромоторный метод, предложенный Фарадеем. Магнитную восприимчивость образца определяют косвенным методом – сравнивают магнитные силы, действующие на исследуемый образец и эталон.

Измерения выполняют три-четыре раза, а затем по средним значениям рассчитывают удельную магнитную восприимчивость образца по формуле

$$\chi_{об}=\chi_{эт}m_{эт}\Delta m_{об}/(m_{об}\Delta m_{эт}), \qquad (4.1)$$

где $\chi_{эт}$ – удельная магнитная восприимчивость эталона, м^3/кг; $m_{эт}$ – масса эталона, кг; $m_{об}$ – масса образца, кг; $\Delta m_{об}$ – кажущийся прирост массы образца в магнитном поле, кг; $\Delta m_{эт}$ – кажущийся прирост массы эталона в магнитном поле, кг.

Для определения магнитной восприимчивости сильномагнитных минералов применяют метод Гюи. Он основан на измерении силы, действующей на измельченный образец, помещённый в длинный немагнитный цилиндр. Цилиндр помещается в соленоидную катушку. Удельная магнитная восприимчивость исследуемого образца

$$\chi=2\cdot l\cdot g\cdot\Delta m/(\mu_0\cdot H^2\cdot m), \qquad (4.2)$$

где χ – удельная магнитная восприимчивость образца, м^3/кг; l – длина образца в цилиндре, м; g – ускорение свободного падения, м/с; Δm – кажущийся прирост массы образца в магнитном поле, кг; H – напряжённость магнитного поля, А/м; m – масса образца, кг.

Задача № 4.1

На магнитных весах с помощью метода Фарадея выполнены измерения удельной магнитной восприимчивости марганцевой руды.

Удельная магнитная восприимчивость эталона $\chi_{эт}=9{,}55\cdot10^{-7}$ м^3/кг. Масса эталона и образца 80 и 75 г соответственно. Масса эталона и образца в магнитном поле $m_{эт(м)}=100$ и $m_{об(м)}=79$ г соответственно.

Рассчитать удельную магнитную восприимчивость образца марганцевой руды.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

Рассчитываем кажущийся прирост массы эталона в магнитном поле: $\Delta m_{эт}$=0,1–0,08=0,02 кг. Рассчитываем кажущийся прирост массы образца в магнитном поле: $\Delta m_{об}$=0,079–0,075=0,004 кг. По формуле (4.1) рассчитываем удельную магнитную восприимчивость образца марганцевой руды: $\chi_{об}=2{,}12\cdot10^{-7}$ м^3/кг.

Задание для задачи № 4.1

Варианты задачи № 4.1 приведены в табл. 4.1.

Задача № 4.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт удельной магнитной восприимчивости образца марганцевой руды.

Каждая бригада строит зависимость удельной магнитной восприимчивости образца марганцевой руды от прироста массы образца в магнитном поле ($\Delta m_{об}$) и делает вывод по полученной зависимости.

Таблица 4.1

Варианты для задачи № 4.1

($m_{эт}$=80 г; $m_{эт(м)}$=100 г)

Номер варианта	$m_{об(м)}$, г	$m_{об}$, г	$\chi_{эт}$, м^3/кг	Номер варианта	$m_{об(м)}$, г	$m_{об}$, г	$\chi_{эт}$, м^3/кг
1	83	80	$8{,}3\cdot10^{-7}$	16	77,5	77	$8{,}3\cdot10^{-7}$
2	85	80	$8{,}3\cdot10^{-7}$	17	78,0	77	$8{,}3\cdot10^{-7}$
3	87	80	$8{,}3\cdot10^{-7}$	18	78,5	77	$8{,}3\cdot10^{-7}$
4	89	80	$8{,}3\cdot10^{-7}$	19	79,0	77	$8{,}3\cdot10^{-7}$
5	91	80	$8{,}3\cdot10^{-7}$	20	79,5	77	$8{,}3\cdot10^{-7}$
6	77	75	$9{,}55\cdot10^{-7}$	21	80,3	80	$9{,}55\cdot10^{-7}$
7	80	75	$9{,}55\cdot10^{-7}$	22	80,6	80	$9{,}55\cdot10^{-7}$
8	83	75	$9{,}55\cdot10^{-7}$	23	80,9	80	$9{,}55\cdot10^{-7}$
9	86	75	$9{,}55\cdot10^{-7}$	24	81,2	80	$9{,}55\cdot10^{-7}$
10	89	75	$9{,}55\cdot10^{-7}$	25	84,5	80	$9{,}55\cdot10^{-7}$
11	78	77	$14{,}45\cdot10^{-7}$	26	83,1	83	$14{,}45\cdot10^{-7}$
12	80	77	$14{,}45\cdot10^{-7}$	27	83,2	83	$14{,}45\cdot10^{-7}$
13	82	77	$14{,}45\cdot10^{-7}$	28	83,3	83	$14{,}45\cdot10^{-7}$
14	84	77	$14{,}45\cdot10^{-7}$	29	83,4	83	$14{,}45\cdot10^{-7}$
15	86	77	$14{,}45\cdot10^{-7}$	30	83,5	83	$14{,}45\cdot10^{-7}$

Задача № 4.2

На магнитных весах с помощью метода Гюи выполнены измерения удельной магнитной восприимчивости магнетитовой руды.

Внутренний диаметр цилиндра и длина образца в цилиндре

d=18,5 и l=60 мм соответственно. Масса образца и масса образца в магнитном поле m=38 и $m_{(м)}$=252 г. Напряжённость магнитного поля 127 кА/м.

Рассчитать удельную и объёмную магнитную восприимчивость образца магнетитовой руды.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

Рассчитываем кажущийся прирост массы образца в магнитном поле: Δm=252–38=214 г =0,214 кг. По формуле (4.2) рассчитываем удельную магнитную восприимчивость образца магнетитовой руды: $\chi=3{,}27\cdot10^{-4}$ м^3/кг.

Рассчитываем площадь, объём, насыпную плотность и плотность образца: $S=2{,}688\cdot10^{-4}$ м^2; $V=1{,}613\cdot10^{-5}$ м^3; $\rho_н$=2356,13 кг/м^3; $\rho=\rho_н/k_\rho$=4283,87 кг/м^3 (коэффициент плотности принять k_ρ=0,55). Рассчитываем объёмную магнитную восприимчивость образца: $æ=\chi\cdot\rho$=1,401.

Задание для задачи № 4.2

Варианты задачи № 4.2 приведены в табл. 4.2.

Задача № 4.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт удельной и объёмной магнитной восприимчивости образца магнетитовой руды.

Каждая бригада строит зависимость удельной магнитной восприимчивости образца магнетитовой руды от напряжённости магнитного поля и делает вывод по полученной зависимости.

4.2. Расчёт магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды

Магнитная восприимчивость куска магнетитовой руды, содержащего определённое количество магнетита, зависит практически только от процентного содержания в нём магнетита. Объёмную магнитную восприимчивость сростка магнетита с другими минералами можно рассчитать по преобразованной формуле Г. Г. Бринга [1]:

$$æ_{ср}\approx10^{-4}\alpha^2æ_м, \qquad (4.3)$$

где α – массовая доля магнетита в сростке, %; $æ_м$ – объёмная магнитная восприимчивость частиц чистого магнетита.

Таблица 4.2

Варианты для задачи № 4.2

(m=38 г; d=18,5 мм; l=60 мм; k_ρ=0,55)

Номер варианта	H, кА/м	$m_{(м)}$, г	Номер варианта	H, кА/м	$m_{(м)}$, г
1	43	70	16	43	60
2	90	172	17	90	120
3	115	220	18	115	154
4	127	252	19	127	176
5	136	266	20	136	186
6	80	140	21	80	80
7	96	180	22	96	87
8	112	215	23	112	96
9	144	264	24	144	119
10	160	279	25	160	125
11	127	175	26	127	250
12	136	185	27	136	265
13	156	226	28	156	324
14	167	245	29	167	350
15	174	254	30	174	364

Удельная магнитная восприимчивость куска магнетитовой руды

$$\chi_{ср} \approx 1{,}13 \cdot 10^{-5} \alpha^2 / (127 + \alpha). \qquad (4.4)$$

Формула (4.4) получена после преобразования формулы (4.3) при плотности магнетита, равной 5000 кг/м^3, и плотности породы, равной 2800 кг/м^3. Удельная магнитная восприимчивость магнетита в формуле (4.4) принята равной $5 \cdot 10^{-4}$ м^3/кг [1].

Задача № 4.3

Рассчитать объёмную магнитную восприимчивость частицы чистого магнетита при плотности магнетита, равной 5000 кг/м^3, и удельной магнитной восприимчивости магнетита, равной $5 \cdot 10^{-4}$ м^3/кг. Рассчитать удельную и объёмную магнитную восприимчивость куска магнетитовой руды при массовой доле магнетита в куске руды α=50 %.

Решение

Рассчитываем объёмную магнитную восприимчивость чистого магнетита: $æ_м = \chi_м \cdot \rho_м = 2{,}5$. По формулам (4.3) и (4.4) рассчитываем удельную и объёмную магнитную восприимчивость куска магнетитовой руды: $æ_{ср} \approx 0{,}625$; $\chi_{ср} \approx 1{,}6 \cdot 10^{-4}$ м^3/кг.

Задание для задачи № 4.3

Варианты задачи № 4.3 приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Варианты для задачи № 4.3

Номер варианта	α, %	Номер варианта	α, %	Номер варианта	α, %
1	0	11	34,0	21	68,0
2	3,4	12	37,4	22	71,4
3	6,8	13	40,8	23	74,8
4	10,2	14	44,2	24	78,2
5	13,6	15	47,6	25	81,6
6	17,0	16	51,0	26	85,0
7	20,4	17	54,4	27	88,4
8	23,8	18	57,8	28	91,8
9	27,2	19	61,2	29	95,2
10	30,6	20	64,6	30	100,0

Задача № 4.3 выполняется студенческой группой. Каждому студенту выдаётся один вариант.

Каждый студент выполняет расчёт объёмной и удельной магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды в зависимости от массовой доли магнетита в куске.

Студенческая группа строит зависимости объёмной и удельной магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды от массовой доли магнетита в куске и делает вывод по полученной зависимости.

5. РАСЧЁТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ

Производительность сухих магнитных и электрических барабанных сепараторов с верхней подачей материала определяется длиной и скоростью вращения рабочего устройства (барабана) и крупностью и плотностью исходного продукта. Производительность по исходному продукту (Q) ориентировочно можно рассчитать по формуле, т/ч [4]:

$$Q = 0{,}82nL\upsilon\rho\frac{d_2 - d_1}{\lg(d_2 / d_1)}ab, \qquad (5.1)$$

где n – число головных (верхних) барабанов; L – рабочая длина барабана или валка, м; υ – скорость вращения головного барабана, м/с; ρ – плотность руды, т/м^3; d_1 и d_2 – наименьший и наибольший диаметры зёрен исходного продукта, мм (при d_1=0 принимается d_1=0,01d_2); a – коэффициент, зависящий от крупности питания; b – коэффициент, зависящий от соотношения между числом основных и перечистных барабанов.

Значения коэффициентов *a* и *b* при магнитном обогащении приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Значение коэффициентов *a* и *b* в формуле (5.1)

Крупность питания, мм	-10+0	-20+0	-30+0	от -40+0 до-60+0	-10+5	-20+6	-30+6	от -40+6 до -60+6
Коэффициент *a*	2,5	1,5	1,1	1,0	1,2	0,75	0,65	0,6
Отношение числа барабанов для перечистки хвостов к числу головных барабанов					0:1	1:2	1:1	2:2
Коэффициент *b*					1,0	1,25	1,5	1,5

Для барабанных электрических сепараторов коэффициенты *a* и *b* равны единице. Формула (5.1) определяет производительность сепаратора для условия, когда высота слоя исходного продукта равна d_2.

Значительный опыт эксплуатации магнитных и электрических сепараторов позволяет рассчитывать производительность всех типов сепараторов с использованием норм удельных нагрузок на 1 м ширины питания или рабочей длины барабана (валка) по формуле, т/ч:

$$Q=qK, \qquad (5.2)$$

где K – ширина потока исходного продукта, м; q – удельная производительность, т/(ч·м).

Удельная производительность сепаратора зависит от характеристики исходного продукта (крупность, плотность, массовая доля извлекаемого минерала, магнитные и электрические свойства) и от технологической задачи, решаемой с помощью сепарации.

Задача № 5.1

Рассчитать производительность магнитного сепаратора 2ПБС-90/250 при обогащении магнетитовой руды крупностью -25+0 мм с плотностью 3,4 т/м^3. Линейная скорость вращения головного барабана 1,2 м/с.

Решение

По табл. 5.1 находим значения коэффициентов: *a*=1,3; *b*=1,5. По формуле (5.1) рассчитываем производительность: *Q*=201,8 т/ч.

Задание для задачи № 5.1

Варианты задачи № 5.1 приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Варианты для задачи № 5.1

Номер варианта	*d*, мм	ρ, т/м^3	υ, м/с	Номер варианта	*d*, мм	ρ, т/м^3	υ, м/с
1	-10+0	3,4	1,0	16	-10+0	3,4	1,2
2	-15+0	3,4	1,0	17	-15+0	3,4	1,2
3	-20+0	3,4	1,0	18	-20+0	3,4	1,2
4	-25+0	3,4	1,0	19	-25+0	3,4	1,2
5	-30+0	3,4	1,0	20	-30+0	3,4	1,2
6	-12+0	3,2	1,0	21	-12+0	3,2	1,2
7	-12+0	3,3	1,0	22	-12+0	3,3	1,2
8	-12+0	3,4	1,0	23	-12+0	3,4	1,2
9	-12+0	3,5	1,0	24	-12+0	3,5	1,2
10	-12+0	3,6	1,0	25	-12+0	3,6	1,2
11	-20+0	3,4	1,0	26	-15+0	3,6	1,0
12	-20+0	3,4	1,1	27	-15+0	3,6	1,1
13	-20+0	3,4	1,2	28	-15+0	3,6	1,2
14	-20+0	3,4	1,3	29	-15+0	3,6	1,3
15	-20+0	3,4	1,4	30	-15+0	3,6	1,4

Задача № 5.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт производительности магнитного сепаратора. Тип сепаратора задаёт преподаватель. Каждая бригада строит зависимость производительности сепаратора от варьируемого параметра и делает вывод по полученной зависимости.

Задача № 5.2

Рассчитать производительность барабанного коронно-электростатического сепаратора КЭС-2000 при обогащении чернового ильменитового концентрата крупностью -0,5+0,045 мм с плотностью 4 т/м^3. Линейная скорость вращения головного барабана 1,8 м/с.

Решение

При расчёте производительности барабанных электрических сепараторов значения коэффициентов *a* и *b* принимаем равными единице. По формуле (5.1) рассчитываем производительность: Q=5,1 т/ч.

Задание для задачи № 5.2

Варианты задачи № 5.2 приведены в табл. 5.3.

Задача № 5.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт производительности электрического сепаратора. Тип сепаратора задаёт преподаватель.

Таблица 5.3

Варианты для задачи № 5.2

Номер варианта	d, мм	ρ, т/м^3	υ, м/с	Номер варианта	d, мм	ρ, т/м^3	υ, м/с
1	-0,1+0,045	4,0	2,0	16	-0,1+0,045	3,9	1,9
2	-0,2+0,045	4,0	2,0	17	-0,2+0,045	3,9	1,9
3	-0,5+0,045	4,0	2,0	18	-0,5+0,045	3,9	1,9
4	-1+0,071	4,0	2,0	19	-1+0,071	3,9	1,9
5	-1,5+0,1	4,0	2,0	20	-1,5+0,1	3,9	1,9
6	-0,5+0,045	3,4	2,0	21	-0,2+0,045	3,4	1,9
7	-0,5+0,045	3,6	2,0	22	-0,2+0,045	3,6	1,9
8	-0,5+0,045	3,8	2,0	23	-0,2+0,045	3,8	1,9
9	-0,5+0,045	4,0	2,0	24	-0,2+0,045	4,0	1,9
10	-0,5+0,045	4,2	2,0	25	-0,2+0,045	4,2	1,9
11	-0,3+0,071	4,0	1,6	26	-0,5+0,045	4,1	1,6
12	-0,3+0,071	4,0	1,8	27	-0,5+0,045	4,1	1,8
13	-0,3+0,071	4,0	2,0	28	-0,5+0,045	4,1	2,0
14	-0,3+0,071	4,0	2,2	29	-0,5+0,045	4,1	2,2
15	-0,3+0,071	4,0	2,4	30	-0,5+0,045	4,1	2,4

Каждая бригада строит зависимость производительности сепаратора от варьируемого параметра и делает вывод по полученной зависимости.

6. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ МАГНИТНОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОБОГАЩЕНИИ

6.1. Расчёт одной операции разделения

При генеральном опробовании технологической схемы отбираются пробы питания и продуктов разделения каждой операции. Пробы анализируются на массовую долю полезного компонента. Выходы продуктов рассчитываются. Технологическая схема рассчитывается сверху вниз. Для одной операции разделения на два продукта (рис. 6.1) справедлива система уравнений

$$\begin{cases} \gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3; \\ \gamma_1 \beta_1 = \gamma_2 \beta_2 + \gamma_3 \beta_2, \end{cases} \qquad (6.1)$$

где γ_1, γ_2 и γ_3 – выходы исходного продукта и продуктов разделения, %; β_1, β_2 и β_3 – массовые доли полезного компонента в исходном продукте и в продуктах разделения, %.

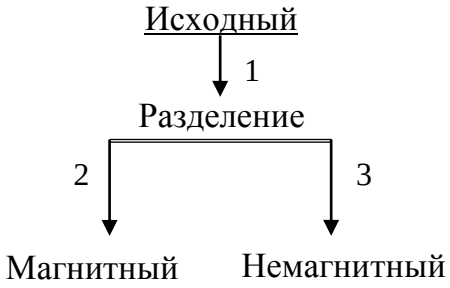


Рис. 6.1. Операция разделения на два продукта

Решая систему уравнений (6.1), можно найти выходы продуктов разделения γ_2 и γ_3 по известным значениям γ_1, β_1, β_2 и β_3:

$$\gamma_2 = \gamma_1 \frac{\beta_1 - \beta_3}{\beta_2 - \beta_3}; \qquad \gamma_3 = \gamma_1 \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_2 - \beta_3}. \tag{6.2}$$

Для первой операции выход исходного продукта равен 100 %. Для последующих операций выход исходного продукта равен выходу одного из продуктов разделения предыдущей операции.

Задача № 6.1

При сухой магнитной сепарации (СМС) мелкодроблёной магнетитовой руды получают промпродукт (магнитный продукт) и хвосты (немагнитный продукт). Рассчитать γ_2 и γ_3, если известно: γ_1=90 %, β_1=34 %, β_2=40 % и β_3=10 % (см. рис. 6.1).

Решение

По формулам (6.2) рассчитываем выходы: γ_2=72 % и γ_3=18 %. Выполняем проверку по первому уравнению системы (6.1): 72+18=90 %.

Задание для задачи № 6.1

Варианты задачи № 6.1 приведены в табл. 6.1.

Задача № 6.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт выходов γ_2 и γ_3.

Каждая бригада строит зависимости выходов магнитного и немагнитного продуктов (на одном графике) от варьируемого фактора и делает вывод по полученной зависимости.

Таблица 6.1

Варианты для задачи № 6.1

(γ_1=100 %)

Номер варианта	β_1, %	β_2, %	β_3, %	Номер варианта	β_1, %	β_2, %	β_3, %
1	20	40	10	16	20	30	10
2	24	40	10	17	22	30	10
3	28	40	10	18	24	30	10
4	32	40	10	19	26	30	10
5	36	40	10	20	28	30	10
6	30	32	10	21	16	17	6
7	30	34	10	22	16	18	6
8	30	36	10	23	16	19	6
9	30	38	10	24	16	20	6
10	30	40	10	25	16	21	6
11	30	35	10	26	25	27	8
12	30	35	12	27	25	27	9
13	30	35	14	28	25	27	10
14	30	35	16	29	25	27	11
15	30	35	18	30	25	27	12

6.2. Расчёт показателей разделения в трёхпродуктовом сепараторе

В трёхпродуктовых сухих магнитных или электрических сепараторах осуществляются две или три (или более) последовательные операции, то есть в одном сепараторе реализуется схема обогащения (рис. 6.2).

При опробовании таких сепараторов отбираются пробы питания и конечных продуктов разделения. Пробы анализируются на массовую долю полезного компонента. При этом внутренние продукты не опробуются, так как нет технической возможности.

Для процесса разделения в одном сепараторе на три продукта (см. рис. 6.2, *а*) справедлива система уравнений

$$\begin{cases} \gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_4 + \gamma_5; \\ \gamma_1 \beta_1 = \gamma_2 \beta_2 + \gamma_4 \beta_4 + \gamma_5 \beta_5. \end{cases} \qquad (6.3)$$

Для расчёта показателей разделения необходимо знать выходы двух продуктов – исходного и одного из трёх конечных. Их определяют по производительности с помощью конвейерных весов. Тогда,

используя уравнения материального баланса (6.3), можно рассчитать два других неизвестных выхода. Иногда выходы всех продуктов можно определить по показателям конвейерных весов. Тогда делают проверку по выполнению материального баланса (6.3).

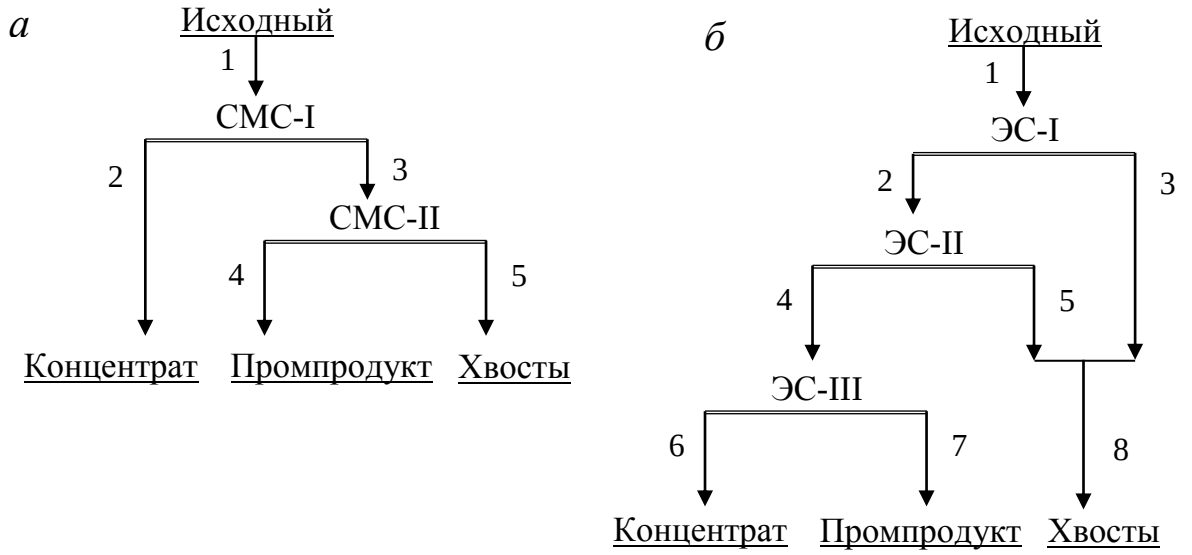


Рис. 6.2. Технологические схемы разделения в трёхпродуктовых сухих сепараторах:
а – двухбарабанный магнитный сепаратор; *б* – трёхбарабанный электрический сепаратор

Задача № 6.2

При сухой магнитной сепарации мелкодроблёной магнетитовой руды (после III стадии дробления) на трёхпродуктовом магнитном сепараторе получают аглоруду (концентрат), промпродукт и хвосты (см. рис. 6.2, *а*). Известно, что производительность исходного продукта Q_1=360 т/ч и γ_1=100 %. Если в схеме рудоподготовки дополнительно предусмотрена сухая магнитная сепарация после I или II стадии дробления, то γ_1<100 %.

Производительность по аглоруде Q_2=36 т/ч. По результатам опробования известно, что массовая доля железа в питании и в конечных продуктах разделения: β_1=35 %, β_2=50 %, β_4=36 % и β_5=10 %.

Рассчитать γ_2, γ_3, γ_4, γ_5, β_3, ε_1, ε_2, ε_4 и ε_5.

Решение

Рассчитываем $\gamma_2=100\cdot Q_2/Q_1$=10 %.

Используя первое уравнение системы (6.3), выводим формулу для расчёта γ_4:

$$\gamma_4=\gamma_1-\gamma_2-\gamma_5. \qquad (6.4)$$

Во второе уравнение системы (6.3) подставляем уравнение (6.4), выводим формулу для расчёта γ_5 и рассчитываем выход γ_5=9,23 %. По уравнению (6.4) рассчитываем выход γ_4=80,77 %.

Выход γ_3 рассчитываем по двум формулам:

$$\gamma_3=\gamma_4+\gamma_5 \text{ или } \gamma_3=\gamma_1-\gamma_2, \quad (6.5)$$

γ_3=90 %.

Массовую долю железа β_3 также рассчитываем по двум формулам:

$$\beta_3=(\gamma_4\cdot\beta_4+\gamma_5\cdot\beta_5)/\gamma_3 \text{ или } \beta_3=(\gamma_1\cdot\beta_1-\gamma_2\cdot\beta_2)/\gamma_3, \quad (6.6)$$

β_3=33,33 %.

Для конечных продуктов рассчитываем извлечения ε_1=100 %, ε_2=14,28 %, ε_4=83,08 и ε_5=2,64 % по общей формуле

$$\varepsilon_i=\gamma_i\cdot\beta_i/\beta_1, \quad (6.7)$$

где *i* – номер продукта.

Сумма $\varepsilon_2+\varepsilon_4+\varepsilon_5$ должна равняться ε_1=100 %. Выполняем эту проверку: $\varepsilon_2+\varepsilon_4+\varepsilon_5=\varepsilon_1$=100 %.

Задание для задачи № 6.2

Варианты задачи № 6.2 приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Варианты для задачи № 6.2

(γ_1=100 %, Q_1=360 т/ч, Q_2=36 т/ч, β_5=10 %)

Номер варианта	β_1, %	β_2, %	β_4, %	Номер варианта	β_1, %	β_2, %	β_4, %
1	30	50	36	16	22	48	25
2	31	50	36	17	23	48	25
3	32	50	36	18	24	48	25
4	33	50	36	19	25	48	25
5	34	50	36	20	26	48	25
6	30	48	36	21	25	48	24
7	30	49	36	22	25	49	24
8	30	50	36	23	25	50	24
9	30	51	36	24	25	51	24
10	30	52	36	25	25	52	24
11	30	48	31	26	25	49	23
12	30	48	32	27	25	49	24
13	30	48	33	28	25	49	25
14	30	48	34	29	25	49	26
15	30	48	35	30	25	49	27

Задача № 6.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт γ_2, γ_3, γ_4, γ_5, β_3, ε_1, ε_2, ε_4 и ε_5.

Каждая бригада строит зависимость выхода промпродукта γ_4 от варьируемого фактора и делает вывод по полученной зависимости.

6.3. Расчёт замкнутого цикла измельчения, включающего операцию магнитной сепарации

В схемах измельчения и обогащения железных руд часто во второй стадии измельчения в замкнутом цикле используют обогатительную операцию между мельницей и гидроциклонами (рис. 6.3). Использование мокрой магнитной сепарации (ММС) внутри замкнутого цикла позволяет снизить циркулирующую нагрузку за счёт вывода отвальных хвостов. Это приводит к повышению производительности мельницы и замкнутого цикла в целом.

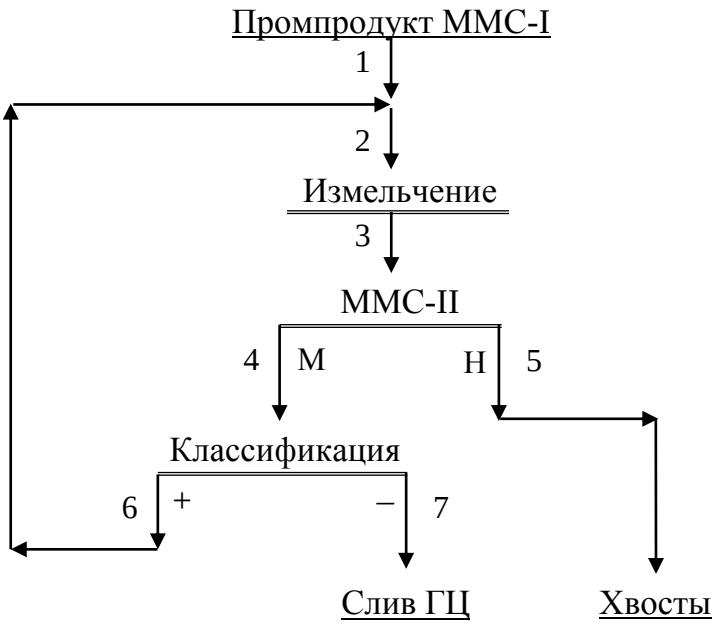


Рис. 6.3. Замкнутый цикл измельчения железной руды с обогатительной операцией

При опробовании таких замкнутых циклов измельчения отбираются пробы всех продуктов. Пробы анализируются на массовую долю железа и класса -71 (-44 мкм). Выходы продуктов рассчитываются (при известном выходе продукта № 1).

Расчёт замкнутого цикла измельчения с обогатительной операцией выполняется по массовым долям железа и расчётного класса крупности, например класса -71 мкм.

Замкнутый цикл измельчения (рис. 6.3) можно рассмотреть, как одну операцию разделения по железу. Тогда, при известных значениях γ_1, β_1, β_5 и β_7, будут справедливы уравнения (6.1) и (6.2). Применительно к рассматриваемому замкнутому циклу можно записать:

$$\gamma_7 = \gamma_1 \frac{\beta_1 - \beta_5}{\beta_7 - \beta_5}; \qquad \gamma_5 = \gamma_1 \frac{\beta_7 - \beta_1}{\beta_7 - \beta_5}, \tag{6.8}$$

где γ_i – выход *i*-го продукта, %; β_i – массовая доля железа в *i*-м продукте, %; *i* – номер продукта.

После расчёта выполняется проверка: $\gamma_1=\gamma_7+\gamma_5$.

Операцию классификации рассчитывают по массовой доле расчётного класса -71 мкм (необходимо знать β^{-71} в питании, сливе и песках гидроциклонов). Сначала принимают выход продукта № 4 равным 100 % и рассчитывают частные выходы продуктов № 5 и 7 (выходы к операции классификации). Для этого используют уравнения типа (6.1) и (6.2). Применительно к рассматриваемой операции классификации можно записать:

$$\gamma'_7 = \gamma'_4 \frac{\beta_4^{-71} - \beta_6^{-71}}{\beta_7^{-71} - \beta_6^{-71}}; \qquad \gamma'_6 = \gamma'_4 \frac{\beta_7^{-71} - \beta_4^{-71}}{\beta_7^{-71} - \beta_6^{-71}}, \tag{6.9}$$

где γ'_i – частный выход *i*-го продукта (выход к операции классификации), %; β_i^{-71} – массовая доля класса -71 мкм в *i*-м продукте.

После расчёта выполняется проверка: $\gamma'_7+\gamma'_6=100$ %.

Далее рассчитывают выходы продуктов № 4 и 6:

$$\gamma_4=100\cdot \gamma_7 / \gamma'_7; \quad \gamma_6= \gamma'_6 \cdot \gamma_4 /100. \tag{6.10}$$

После расчёта выполняется проверка: $\gamma_7=\gamma_4-\gamma_6$.

Выходы второго и третьего продуктов можно рассчитать по двум формулам:

$$\gamma_2=\gamma_3=\gamma_1+\gamma_6=\gamma_4+\gamma_5. \tag{6.11}$$

Расчёт $\gamma_2=\gamma_3$ выполняется по обеим формулам, результаты должны быть равны.

Циркулирующая нагрузка (*C*) рассчитывается по формуле:

$$C=100\cdot\gamma_6 / \gamma_1, \%. \tag{6.12}$$

Для расчёта массовых долей железа в шестом, втором и третьем продуктах необходимо знать массовую долю железа в четвёртом продукте:

$$\beta_6=(\gamma_4\cdot\beta_4-\gamma_7\cdot\beta_7)/(\gamma_4-\gamma_7); \qquad (6.13)$$

$$\beta_2=\beta_3=(\gamma_1\cdot\beta_1+\gamma_6\cdot\beta_6)/(\gamma_1+\gamma_6)=(\gamma_4\cdot\beta_4+\gamma_5\cdot\beta_5)/(\gamma_4+\gamma_5). \qquad (6.14)$$

Расчёт $\beta_2=\beta_3$ выполняется по обеим формулам (6.14), результаты должны быть равны.

Для расчёта массовых долей класса -71 мкм во втором и пятом продуктах необходимо знать массовую долю класса -71 мкм в первом и третьем продуктах:

$$\beta_2^{-71}=\frac{\gamma_1\cdot\beta_1^{-71}+\gamma_6\cdot\beta_6^{-71}}{\gamma_1+\gamma_6};\quad \beta_5^{-71}=\frac{\gamma_3\cdot\beta_3^{-71}-\gamma_4\cdot\beta_4^{-71}}{\gamma_3-\gamma_4}. \qquad (6.15)$$

Заканчивают расчёт замкнутого цикла измельчения определением показателей работы мельницы – производительности по твёрдому и удельной производительности и по классу -71 мкм:

$$Q_м=Q_1\cdot\gamma_2/\gamma_1=Q_1\cdot(1+C/100), \qquad (6.16)$$

где $Q_м$ – производительность мельницы, т/ч; Q_1 – исходная производительность замкнутого цикла (продукта № 1), т/ч.

$$q^{-71}=Q_м\frac{\beta_3^{-71}-\beta_2^{-71}}{100\cdot V}, \qquad (6.17)$$

где q^{-71} – удельная производительность мельницы (на единицу её объёма) по классу -71 мкм, т·ч/м^3; V – объём мельницы, м^3.

Задача № 6.3

Вторая стадия измельчения и обогащения титаномагнетитовой руды осуществляется в замкнутом цикле измельчения, приведённом на рис. 6.3.

По результатам опробования известны массовые доли железа и класса -71 мкм в продуктах: β_1=28,1 %; β_4=50 %; β_5=5,8 %; β_7=49,3 % и $\beta_1^{-71}=12{,}4\,\%$; $\beta_3^{-71}=34{,}8\,\%$; $\beta_4^{-71}=32{,}8\,\%$; $\beta_6^{-71}=21{,}4\,\%$; $\beta_7^{-71}=72\,\%$.

Исходная производительность замкнутого цикла Q_1=104 т/ч. Выход питания замкнутого цикла от руды γ_1=42,14 %. В замкнутом цикле используется мельница МШЦ-3600х5500 с объёмом V=48 м^3.

Рассчитать γ_2, γ_3, γ_4, γ_5, γ_6, γ_7, β_2, β_3, β_6, β_2^{-71}; β_5^{-71}, C, $Q_м$ и q^{-71}.

Решение

По формулам (6.8) рассчитываем выходы: γ_7=21,6 % и γ_5=20,54 %.

По формулам (6.9) рассчитываем частные выходы: γ'_7=22,53 % и γ'_6=77,47 %. Выполняем проверку: 22,53+77,47=100 %.

По формулам (6.10) рассчитываем выходы: γ_4=95,88 % и γ_6=74,28 %. Выполняем проверку: 21,6=95,88–74,28.

По обеим формулам (6.11) находим выходы: $\gamma_2=\gamma_3$=116,42=116,42 %. Результаты одинаковые.

По формуле (6.12) рассчитываем циркулирующую нагрузку: C=176,3 %.

По формулам (6.13) и (6.14) находим массовые доли железа: β_6=50,2 % и $\beta_2=\beta_3$=42,2 %. Расчёт $\beta_2=\beta_3$ выполняем по обеим формулам (6.14), результаты равны: 42,2=42,2.

По формулам (6.15) рассчитываем массовые доли: β_2^{-71}=18,14 % и β_5^{-71}=44,14 %.

По формулам (6.16) и (6.17) рассчитываем производительность мельницы по твёрдому (по питанию) и удельную производительность и по классу -71 мкм: $Q_м$=287,33 т/ч и q^{-71}=1,0 т·ч/м^3.

Задание для задачи № 6.3

Варианты задачи № 6.3 приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Варианты для задачи № 6.3

(γ_1=42,14 %, Q_1=104 т/ч, V=48 м^3, β_4=50 %; β_5=5,8 %; β_7=49,3 % и $\beta_1^{-71}=12{,}4$ %; $\beta_3^{-71}=34{,}8$ %; $\beta_4^{-71}=32{,}8$ %)

Номер варианта	β_1, %	β_6^{-71}, %	β_7^{-71}, %	Номер варианта	β_1, %	β_6^{-71}, %	β_7^{-71}, %
1	27	21	72	16	22	21	71
2	29	21	72	17	23	21	71
3	31	21	72	18	24	21	71
4	33	21	72	19	25	21	71
5	35	21	72	20	26	21	71
6	27	10	71	21	25	13	72
7	27	15	71	22	25	16	72
8	27	20	71	23	25	19	72
9	27	25	71	24	25	22	72
10	27	30	71	25	25	25	72
11	27	21	60	26	25	23	60
12	27	21	65	27	25	23	65
13	27	21	70	28	25	23	70
14	27	21	75	29	25	23	75
15	27	21	80	30	25	23	80

Задача № 6.3 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт γ_2, γ_3, γ_4, γ_5, γ_6, γ_7, β_2, β_3, β_6, β_2^{-71}; β_5^{-71}, C, $Q_м$ и q^{-71}.

Каждая бригада строит зависимость циркулирующей нагрузки от варьируемого фактора и делает вывод по полученной зависимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деркач В. Г. Специальные методы обогащения полезных ископаемых: учебник для вузов. М.: Недра, 1966. 338 с.

2. Кармазин В. В., Кармазин В. И.. Магнитные и электрические методы обогащения: учебник для вузов. М.: Недра, 2012. 669 с.

3. Пелевин А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения: учебное пособие. 3-е изд., исправленное. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. 159 с.

4. Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. 4-е изд. М.: Недра, 1982. 518 с.

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка А. Е. Пелевин

Подписано в печать 17.08.2015 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л. 2,7 Уч.-изд. л. 2,5 Тираж 100 экз. Заказ № 92

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.08 ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу
_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.Б.2.02 ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 6
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Обогащения полезных ископаемых	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Козин В. З.	Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ 3
ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ 4
1. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ 5
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 5
3. ДИАГРАММА ЧАСТИЦ И ПОНЯТИЕ
О ШКАЛЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ 8
4. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ШКАЛЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ СВОБОДНОМ ПАДЕНИИ 10
5. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТОВ 15

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ

Контрольная работа является средством текущего контроля при изучении дисциплины «Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых» и представляет собой самостоятельную инженерную работу студента.

Контрольная работа по основам теории гравитационных методов обогащения предназначена для освоения методик расчётов выбора шкалы сит предварительного грохочения и шкалы гидравлической классификации, а также расчёта теоретически возможных показателей обогащения получаемых классов крупности и гидравлических классов.

Во время выполнения контрольной работы студент овладевает следующими компетенциями:

ПСК-6.2: способность выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию;

ПСК-6.3: способность выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработки и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования.

Результаты обучения, достижение которых свидетельствует об освоении компетенции: знание теории гравитационных методов разделения минералов; умение выбирать схему гравитационного обогащения; владение методикой расчета диаграммы частиц.

Контрольная работа оформляется в виде сброшюрованной пояснительной записки и сдаётся для проверки преподавателю.

Оценка за контрольную работу определяется по пятибалльной шкале за правильность выполнения:

5 баллов – работа выполнена без ошибок;

4 балла – работа выполнена с ошибками, исправленными после указания на них;

3 балла – работа выполнена с ошибками, исправляемыми с помощью преподавателя;

2 балла и ниже – работа выполнена неверно

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Рассчитать шкалу гидравлической (пневматической) классификации в условиях свободного падения, если необходимо разделить смесь зёрен двух минералов. Максимальная крупность частиц смеси равна d_{max}, плотности минералов δ_1 и δ_1, коэффициенты формы ω_1 и ω_2.

Реологические характеристики среды принять при температуре 18-20 °С. При чётном номере варианта среда разделения вода, при нечётном – воздух.

Рассчитать не менее пяти точек для минерала каждой плотности. Расчёт ведётся до тех пор, пока крупность зёрен минерала не станет меньше 0,02 мм или величина скорости не будет меньше 0,001 м/с.

Для полученных значений крупности зёрен и конечных скоростей их падения построить диаграмму частиц при свободном падении.

Предложить схему обогащения рассматриваемой смеси минералов.

Варианты заданий контрольной работы

Номер варианта	d_{max}, мм	Плотность минералов, кг/м^3		Коэффициент формы		Номер варианта	d_{max}, мм	Плотность минералов, кг/м^3		Коэффициент формы	
		δ_1	δ_2	ω_1	ω_2			δ_1	δ_2	ω_1	ω_2
1	2,5	2700	5500	0,7	0,8	**16**	1,7	2700	5000	0,7	0,8
2	3,0	2700	6000	0,6	0,8	**17**	2,9	2700	5500	0,5	0,8
3	1,5	2700	6000	0,7	0,9	**18**	2,3	2700	6000	0,7	0,9
4	2,0	2700	6000	0,5	0,9	**19**	5,0	2700	6000	0,7	0,8
5	2,7	2700	6000	0,6	0,9	**20**	5,0	2700	6000	0,6	0,9
6	4,0	2700	5000	0,8	0,8	**21**	2,6	2700	4700	0,4	0,8
7	3,5	2700	5000	0,5	0,7	**22**	1,9	2700	4900	0,7	0,9
8	1,5	2700	5000	0,6	0,7	**23**	0,8	2700	5200	0,7	0,8
9	1,0	2700	4500	0,6	0,8	**24**	5,0	2700	4500	0,7	0,8
10	2,8	2700	5000	0,7	0,8	**25**	3,0	2700	6000	0,7	0,2
11	1,8	2700	3800	0,5	0,8	**26**	1,0	2700	3650	0,7	0,7
12	2,2	2700	4800	0,5	0,8	**27**	1,9	2700	4000	0,7	0,9
13	2,6	2700	7500	0,6	0,8	**28**	5,0	1400	1900	0,7	0,8
14	3,2	2700	7500	0,7	0,9	**29**	6,0	1400	2000	0,6	0,2
15	0,9	2700	5500	0,6	0,8	**30**	8,0	1400	1800	0,5	0,6

1. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Результатом усвоения теоретических основ гравитационных методов обогащения является умение решать конкретные практические задачи по расчёту основной характеристики минеральных частиц – *гидравлической крупности*, то есть величины конечной скорости свободного (v_o) и стесненного падения ($v_{ст}$) в той или иной среде разделения; времени достижения этих скоростей и пути, проходимом отдельной минеральной частицей от начала движения до достижения конечной скорости падения. Результаты таких расчётов могут быть использованы при расчете основных конструктивных и технологических параметров машин и аппаратов гравитационного обогащения полезных ископаемых и техногенного сырья.

Вторая группа задач, имеющих важное практическое значение, включает в себя построение диаграммы частиц и расчёт шкалы гидравлической (пневматической) классификации сырья известного минералогического состава. Сравнение различных шкал гидравлической классификации с одновременным графическим изображением диаграмм частиц при различных концентрациях твердого в пульпе позволяют оценивать возможности разделения тех или иных минералов гравитационными методами обогащения, выбирать методы обогащения и подбирать оптимальные параметры ведения процесса разделения минералов в том или ином аппарате или машине.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В основу всех расчетов положено:

1. Характеристики минеральных частиц – параметры, которые влияют на величину скорости падения частицы в среде разделения:

- *крупность частицы*, оцениваемая эквивалентным диаметром ($d_э$) – диаметром шара, равного по объему минеральной частице, м; $d_э = \sqrt[3]{6V_ч/\pi}$, где $V_ч$ – объём частицы, м^3.
- *плотность частицы* (δ), кг/м^3;
- *форма частицы*, характеризующаяся коэффициентом сферичности – (ω), $\omega = \pi d^2_э / F_ч$, где $F_ч$ – площадь частицы, м^2.

Все три указанные выше характеристики минеральной частицы объединяются понятием *удельная поверхность частицы* – $S_{уд}$, м^2/кг,

которая рассчитывается как отношение площади поверхности частицы к её массе с учетом закона Архимеда:

$$S_{\text{уд}} = 6/\left(d_{\text{э}}\left(\delta - \Delta\right)\omega\right), \qquad (1)$$

где Δ – плотность среды разделения, кг/м^3.

2. Характеристики сред разделения. В качестве сред разделения в гравитационных методах обогащения используются: вода, воздух и тяжелые среды. Тяжелые среды имеют плотность больше, чем плотность воды, могут быть однородными – растворы солей и искусственные органические и неорганические жидкости, и неоднородными – суспензии, которые представляют собой пульпу, состоящую из воды и мелких (тонкоизмельченных) естественных или искусственных минералов – утяжелителей.

Среды разделения характеризуются реологическими параметрами: *плотностью* (Δ) в кг/м^3 и *вязкостью* (μ), Па·с.

При температуре 18-20 ºС и атмосферном давлении 760 мм ртутного столба реологические параметры:

для воды: Δ=1000 кг/м^3; μ=0,00101 Па·с;

для воздуха: Δ=1,23 кг/м^3; μ=0,00002 Па·с.

Тяжелые среды имеют плотность более 1000 кг/м^3 и вязкость более 0,001 Па·с.

3. Силы сопротивления среды. Различают две силы сопротивления среды, действующие на тело: сила динамического (ньютоновского) сопротивления среды ($P_{\text{д}}$) и сила вязкостного (стоксовского) сопротивления среды ($P_{\text{в}}$). Эти силы всегда присутствуют вместе, но доля их участия в общем сопротивлении падающему или движущемуся в среде твердому телу зависит от скорости относительного перемещения тела и среды. Величина этих сил рассчитывается по формулам:

$$P_{\text{д}} = \pi d^2 v^2 \Delta/16, \qquad (2)$$

$$P_{\text{в}} = 3\pi\mu d v. \qquad (3)$$

4. Гравитационная сила или вес тела в среде с учетом закона Архимеда рассчитывается как

$$G_0 = \pi d^3(\delta - \Delta) g/6. \qquad (4)$$

Тело начинает падать в среде под действием силы тяжести с максимальным ускорением g=9,81 м/с^2, но с появлением скорости относительного движения возникает сила сопротивления среды движущемуся телу, и, по мере увеличения скорости падения тела,

сопротивление среды увеличивается до тех пор, пока не наступит равенство

$$G_0=P_д+P_в \qquad (5)$$

При этом падающее тело достигает наибольшей скорости падения и, в дальнейшем, продолжает падать с постоянной скоростью без ускорения. Если минеральная частица падает в неограниченном пространстве среды и ей ничего не мешает падать, то такие условия называют *свободным падением*. Максимальная скорость падения частицы в таком случае называется *конечной скоростью свободного падения,* которая обозначается символом v_0 и рассчитывается, исходя из условия (5) по формуле:

$$v_0 = \frac{4(\delta-\Delta)S_{уд}}{\Delta}\left(\sqrt{\mu^2+\frac{\Delta g}{(\delta-\Delta)^2 S_{уд}^3}}-\mu\right). \qquad (6)$$

Если для какой-либо частицы известна величина v_0, то можно рассчитать величину её удельной поверхности:

$$S_{уд} = \frac{\sqrt{\Delta^2 v_0^4 + 512\mu g(\delta-\Delta)v_0} - \Delta v_0^2}{16\mu(\delta-\Delta)v_0}. \qquad (7)$$

Время достижения конечной скорости свободного падения (t_0) и путь, проходимый частицей до достижения конечной скорости падения (h_0), рассчитываются по формулам П. В. Лященко:

$$t_0 = \frac{2{,}5 v_0 \delta}{(\delta-\Delta)g} \qquad (8)$$

$$h_0 = \frac{1{,}8 v_0^2 \delta}{(\delta-\Delta)g} \qquad (9)$$

Частицы минералов, отличающиеся по крупности, плотности и форме, но имеющие одинаковую конечную скорость падения называются *равнопадающими*.

Равнопадаемость частиц оценивается отношением эквивалентных диаметров ($d_э$) равнопадающих частиц, всегда большего к меньшему, которое называют *коэффициентом равнопадаемости – е*.

3. ДИАГРАММА ЧАСТИЦ И ПОНЯТИЕ О ШКАЛЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Предположим, что имеем смесь частиц двух минералов плотностью δ_1 и δ_2, причём $\delta_1<\delta_2$, максимальная крупность частиц равна d_{max}, коэффициенты формы (ω) равны.

Рассчитаем скорости свободного падения частиц этих минералов для различной крупности, начиная с d_{max} и постепенно уменьшая эту крупность с определённым небольшим шагом. Затем построим графики зависимостей $v_0=f(d)$. Такие графики следует строить в логарифмической сетке, так как величины $d_э$ и v_0 могут иметь весьма широкий диапазон, когда диаметры частиц и скорости их падения отличаются на два и более порядка. Примерные графики приведены на рисунке 1.

На рисунке 1 графическое изображение зависимостей скоростей падения от размеров частей изображено в логарифмической сетке, то есть, $\lg v_0=f(\lg d)$, но на дополнительных осях показаны абсолютные значения величин v_0 и d (не в масштабе) – оси v_0 и $d_э$.

Представим, что вся смесь минералов помещена в восходящий поток воды, скорость которого равна скорости падения минерала плотностью δ_1 и крупностью d_{max}:

$$u_1=v_{01}.$$

В восходящем потоке с такой скоростью будут «тонуть», то есть двигаться вниз частицы минерала плотностью δ_2 и крупностью в диапазоне $-d_{max}+d_1$. Этот класс «тяжёлого» минерала назовём *первым гидравлическим классом* (I класс). Он состоит только из зёрен минералов плотностью δ_2. Таким образом, выделим из общей смеси минеральных частиц первый гидравлический класс, а оставшуюся смесь минералов поместим в восходящий поток воды, имеющий скорость u_2 равную v_{02} – конечной скорости падения частицы плотностью δ_1 и крупностью d_1. В этом потоке выпадут в осадок частицы плотностью δ_1 в диапазоне крупности $-d_{max}+d_1$ и частицы плотностью δ_2 в диапазоне крупности $-d_1+d_2$. Таким образом, осадок составит *второй гидравлический класс* крупности $-d_{max}+d_2$, который отличается от классов крупности, получаемых рассеиванием на ситах, тем, что в нём крупная часть ($-d_{max}+d_1$) представлена зёрнами «лёгкого» минерала (δ_1), а мелкая часть – *равнопадающими* зёрнами «тяжёлого» минерала.

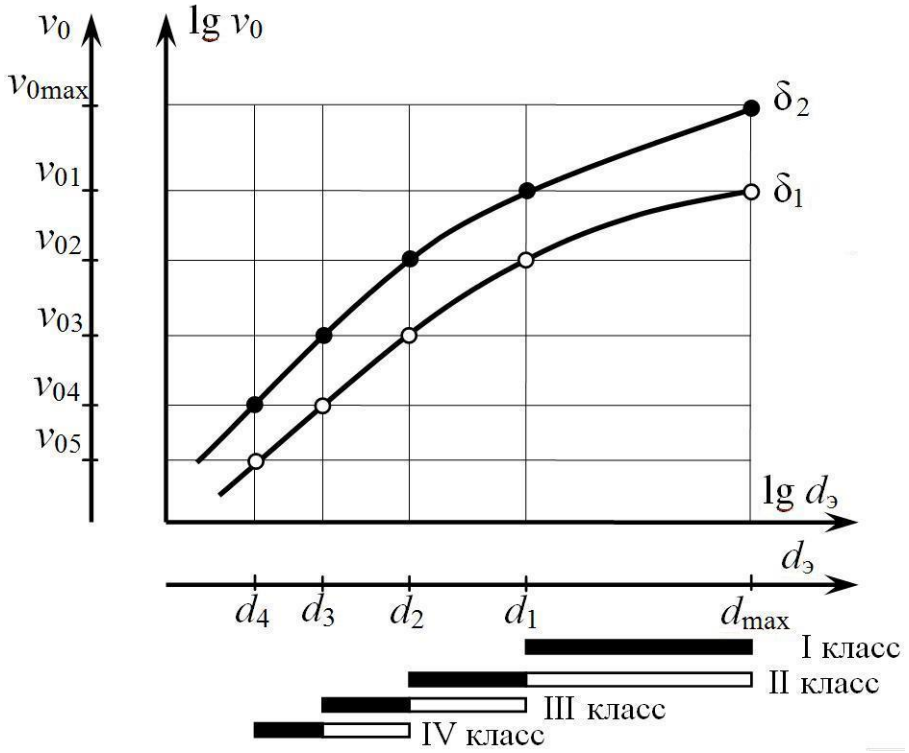


Рисунок 1 – Примерная диаграмма частиц

Эти рассуждения можно продолжать дальше, двигаясь по кривым скоростей падения вниз и определяя крупность гидравлических классов. Такие графические построения и называют *диаграммой частиц*.

Диаграмма частиц наглядно показывает состав и диапазон крупностей гидравлических классов и иллюстрирует понятия: «коэффициент равнопадаемости», «шкала гидравлической классификации», «модуль шкалы гидравлической классификации».

Для приведённого примера коэффициенты равнопадаемости для различных гидравлических классов крупности рассчитывают как

$$e_1 = d_{max} / d_1,\ e_2 = d_1 / d_2,\ e_3 = d_2 / d_3 \ldots e_n = d_{n-1} / d_n.$$

Шкала гидравлической классификации v_{01}: v_{02}: v_{03} … v_{0n}, представляет собой *ряд скоростей восходящего потока*, при котором получаются «узкие» гидравлические классы:

$$u_1 = v_{01};\ u_2 = v_{02} \ldots u_n = v_{0n}.$$

Модулем шкалы гидравлической классификации (m) называют отношение рядом стоящих скоростей восходящего потока (большей к меньшей) в шкале гидравлической классификации:

$$m_1 = v_{01}/v_{02};\ m_2 = v_{02}/v_{03};\ m_3 = v_{03}/v_{04}, \ldots m_n = v_{0n}/v_{0n+1}.$$

Следует иметь в виду, что *e* и *m* величины переменные и лишь для частиц в некоторых диапазонах крупности могут иметь примерно одинаковые значения.

4. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ШКАЛЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ СВОБОДНОМ ПАДЕНИИ

Рассмотрим методику расчёта шкалы гидравлической классификации на конкретном примере.

Примем, что исходный продукт состоит из двух минералов.

Исходные данные:

максимальная крупность частиц	d_{max}=3,5 мм;
плотность первого минерала	δ_1=2700 кг/м^3;
плотность второго минерала	δ_2=5000 кг/м^3;
коэффициент формы первого минерала	ω_1=0,72;
коэффициент формы второго минерала	ω_2=0,80;
плотность среды	Δ=1000 кг/м^3;
динамическая вязкость среды	μ=0,001 Па·с.

Внимание: все расчёты рекомендуется выполнять с помощью табличного процессора (MS Excel).

Расчёт шкалы гидравлической классификации следует начинать с расчёта величин удельных поверхностей для частиц для частиц крупностью d_{max} обоих минералов по формуле (1), м^2/кг:

для первого минерала:

$$S_{уд}^{d_{max}} = \frac{6}{d_{max}(\delta_1 - \Delta)\omega_1} = \frac{6}{3{,}5 \cdot 10^{-3}(2700 - 1000)\cdot 0{,}72} = 1{,}4006;$$

для второго минерала:

$$S_{уд}^{d_{max}} = \frac{6}{d_{max}(\delta_2 - \Delta)\omega_2} = \frac{6}{3{,}5 \cdot 10^{-3}(5000 - 1000)\cdot 0{,}80} = 0{,}5357.$$

Затем следует рассчитать величины конечных скоростей падения этих частиц по формуле (6).

Так как эта формула будет использована многократно при расчёте каждого из циклов, необходимо предварительно создать для неё расчётную «маску» в табличном процессоре. Постоянными величинами в формуле будут являться Δ, μ, g, и δ, а переменной – $S_{уд}$. Причём, величина $S_{уд}$ будет своей для каждого вновь рассчитанного размера частиц.

Например, для первого минерала расчётная формула будет выглядеть как

$$v_0 = \frac{4\cdot(\delta_1-\Delta)\cdot S_{\text{уд}}^{d_{\max}}}{\Delta}\left(\sqrt{\mu^2+\frac{\Delta g}{(\delta_1-\Delta)^2\left(S_{\text{уд}}^{d_{\max}}\right)^3}}-\mu\right).$$

Рассчитанные в примере конечные скорости падения частиц составили, м/с

для первого минерала v_0^1=0,3256;

для второго минерала v_0^2=0,5327.

Полученные величины конечных скоростей падения первого и второго минерала следует сравнить. Меньшая скорость будет соответствовать «лёгкому» минералу.

В примере «лёгким» оказался минерал с меньшей плотностью. Однако, возможен вариант, когда «лёгким» оказывается минерал бóльшей плотности. Если коэффициент формы у частиц минерала (δ_2) будет значительно меньше коэффициента формы частиц минерала плотностью δ_1, то есть при условиях: $\delta_2 >> \delta_1$, а $\omega_1 >> \omega_2$, тогда возможно $v_0^1 < v_0^2$. В этом случае следует считать минерал плотностью δ_2 «лёгким» минералом.

В дальнейшем рекомендуется величины скоростей, соответствующие «лёгкому» минералу обозначать с верхним индексом «л», а «тяжёлому» – «т», например: $v_0^{\text{л}}$=0,3256 м/ с; $v_0^{\text{т}}$=0,5327 м/с.

Полученные значения скоростей для крупности $d_{\max}$ будут являться координатами начальных точек кривых на диаграмме частиц для первого и второго минералов.

Координаты всех последующих точек рассчитывают в циклах по следующему алгоритму:

1. Рассчитать конечную скорость падения «лёгкого» минерала $v^{\text{л}}_0$ по формуле (6), м/с

для первого цикла

$$v_{01}^{\text{л}} = \frac{4\cdot(\delta_1-\Delta)\cdot S_{\text{уд}}^{d_{\max}}}{\Delta}\left(\sqrt{\mu^2+\frac{\Delta g}{(\delta_1-\Delta)^2\left(S_{\text{уд}}^{d_{\max}}\right)^3}}-\mu\right);$$

для второго и всех последующих циклов

$$v_{0n}^{л} = \frac{4\cdot(\delta_1-\Delta)\cdot S_{уд}^{d_n}}{\Delta}\left(\sqrt{\mu^2+\frac{\Delta g}{(\delta_1-\Delta)^2\left(S_{уд}^{d_n}\right)^3}}-\mu\right);$$

2. Рассчитать удельную поверхность равнопадающей частицы «тяжёлого» минерала, имеющую конечную скорость падения равную $v^{л}_{0n}$ – $S^{т}_{уд}$ по формуле (7), м^2/кг

$$S_{уд}^{т} = \frac{\sqrt{\Delta^2\left(v_{0n}^{л}\right)^4+512\mu g(\delta_т-\Delta)v_{0n}}-\Delta\left(v_{0n}^{л}\right)^2}{16\mu(\delta_т-\Delta)v_{0n}^{л}}.$$

3. По найденной удельной поверхности равнопадающей частицы найти удельную поверхность равновеликого шара – $S^{т\ шара}_{уд}$, м^2/кг

$$S_{уд}^{т\ шар} = S_{уд}^{т}\cdot\omega_т.$$

4. Определить размер равнопадающей «тяжёлой» частицы, имеющую конечную скорость падения равную $v^{л}_{0n}$, мм

$$d_1 = 6\cdot10^3 \Big/ S_{уд}^{т\ шар}\left(\delta_т-\Delta\right).$$

5. Рассчитать коэффициент равнопадаемости:

для первого цикла

$$e_1 = d_{max} / d_1$$

для второго и всех последующих циклов

$$e_n = d_{n-1} / d_n.$$

6. Начиная со второго цикла, рассчитать модуль шкалы гидравлической классификации:

$$m_1=v_{01}/v_{02};\ m_2=v_{02}/v_{03};\ m_3=v_{03}/v_{04},\ \ldots\ m_n=v_{0n}/v_{0n+1}.$$

7. Цикл завершается расчётом по формуле (1) величины удельной поверхности частицы «лёгкого» минерала с размером d_1 – $S^{d_1}_{уд}$, м^2/кг, которая является исходной величиной для начала расчёта следующего цикла.

Расчёт рекомендуется вести в таблице вида

Номер цикла	$S^{л}_{уд}$, м^2/кг	$v^{л}_{0n}$, м/с	$S^{т}_{уд}$, м^2/кг	$S^{т\ шара}_{уд}$, м^2/кг	d_1, мм	e	m	$S^{d_1}_{уд}$, м^2/кг
1	1,4006	0,3253	1,3123	1,0498	1,4288	2,45	-	3,4308
2	3,4308	0,1916	2,8778	2,3022	0,651	2,19	1,70	7,5236
3	7,5236	0,1017	5,5124	4,4099	0,3401	1,92	1,88	14,4116
…	…	…	…	…	…	…	…	…

Рекомендуемое количество циклов не менее 5. Расчёт ведётся до тех пор, пока крупность зёрен минерала не станет меньше 0,02 мм или величина скорости не будет меньше 0,001 м/с.

После завершения расчётов следует составить массивы для построения диаграммы частиц вида $\lg v_0 = f(\lg d)$, $e = f(\lg d)$, $m = f(\lg d)$.

«Лёгкий» минерал		**«Тяжёлый» минерал**		**Коэффициент равнопадаемости**		**Модуль шкалы**	
$\lg d_i$	$\lg v_{0i}$	$\lg d_i$	$\lg v_{0i}$	$\lg d$	e	$\lg d_i$	m
$\lg d_{max}$	$\lg v^{л}_{0}$	$\lg d_{max}$	$\lg v^{т}_{0}$	$(\lg d_{max}+\lg d_1)/2$	e_1	–	-
$\lg d_1$	$\lg v^{л}_{01}$	$\lg d_1$	$\lg v^{л}_{0}$	$(\lg d_1+\lg d_2)/2$	e_2	$\lg d_1$	m_1
$\lg d_2$	$\lg v^{л}_{02}$	$\lg d_1$	$\lg v^{л}_{01}$	$(\lg d_2+\lg d_3)/2$	e_3	$\lg d_2$	m_2
…	…	…	…	…	…	…	…
$\lg d_n$	$\lg v^{л}_{0n}$	$\lg d_n$	$\lg v^{л}_{0n-1}$	$(\lg d_n+\lg d_{n+1})/2$	e_n	$\lg d_n$	m_{n-1}

Диаграмма частиц при свободном падении в водной среде для приведённого примера представлена на рисунке 2.

При построении зависимостей $e = f(\lg d)$ значения $\lg d_i$ отмечаются на графике в середине каждого класса. Например, первое значение коэффициента равнопадаемости e_1=2,45 отмечается на графике между значениями $\lg d_{max}$=0,54 и $\lg d_1$=0,15, второе e_2=2,19 между $\lg d_1$=0,15 и $\lg d_2$=-0,19 и так далее.

Зависимость $m = f(\lg d)$ строится по точкам, соответствующим $d_1, d_2, d_3, \ldots d_n$. Пример зависимостей приведён на рисунке 3.

При расчёте по заданным исходным данным скорость падения тяжёлых частиц VIII класса составила 0,0007 м/с при их крупности 0,02 мм, следовательно, по условиям задачи расчёт можно прекратить.

Результаты расчётов шкалы классификации следует представить в виде рисунков 1, 2 и таблицы 1.

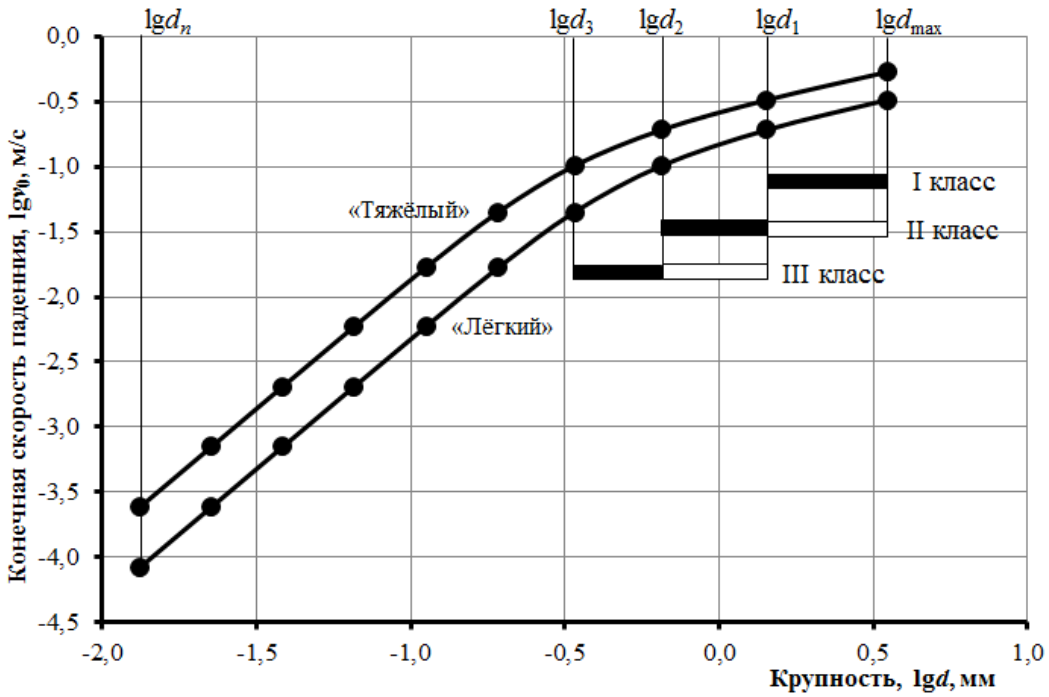


Рисунок 2 – Диаграмма частиц при свободном падении

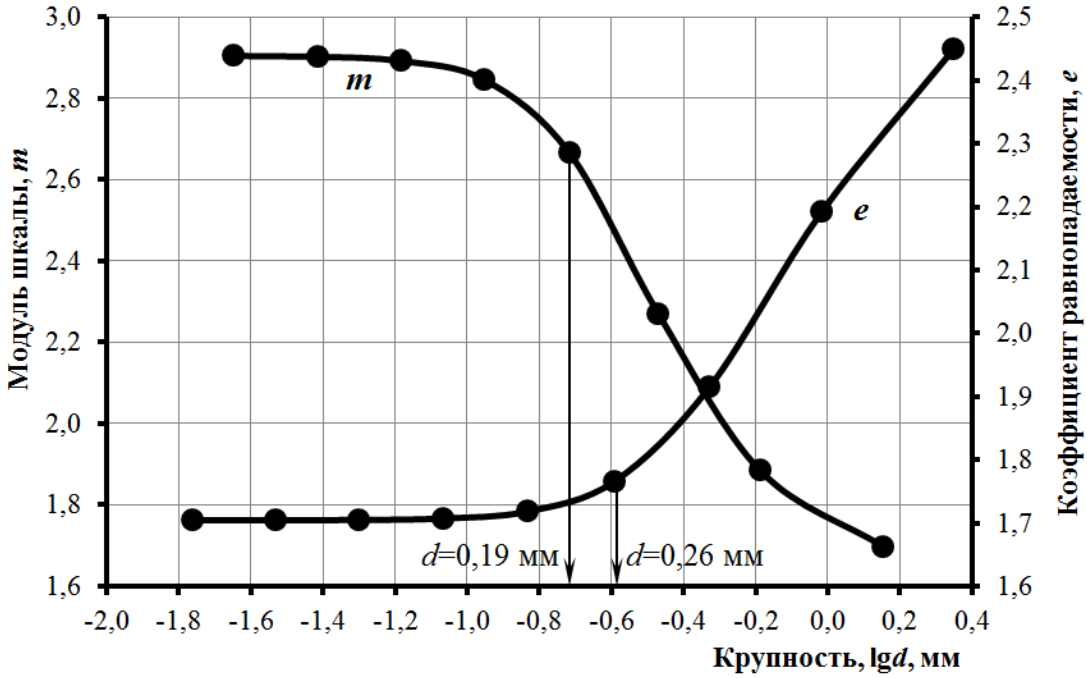


Рисунок 3 – Шкала гидравлической классификации

Таблица 1 – Результаты расчетов шкалы классификации в условиях свободного падения

Гидравлический класс, мм				Шкала классификации, м/с	*e*	*m*
№	размер класса	размер «тяжёлых» частиц	размер «лёгких» частиц			
I	$-d_{max}+d_1$	$-d_{max}+d_1$	–	$v_0^{т}$	–	–
II	$-d_{max}+d_2$	$-d_1+d_2$	$-d_{max}+d_1$	$v_0^{л}$	e_1	–
III	$-d_1+d_3$	$-d_2+d_3$	$-d_1+d_2$	$v_{02}^{л}$	e_2	m_1
IV	$-d_2+d_4$	$-d_3+d_4$	$-d_2+d_3$	$v_{03}^{л}$	e_3	m_2
V	$-d_3+d_5$	$-d_4+d_5$	$-d_3+d_4$	$v_{04}^{л}$	e_4	m_3
VI	$-d_4+d_6$	$-d_5+d_6$	$-d_4+d_5$	$v_{05}^{л}$	e_5	m_4
VII	$-d_5+d_7$	$-d_6+d_7$	$-d_5+d_6$	$v_{06}^{л}$	e_6	m_5
VII	$-d_6+d_8$	$-d_7+d_8$	$-d_6+d_7$	$v_{07}^{л}$	e_7	m_6

Расчёт шкалы гидравлической классификации с построением диаграммы частиц позволяет выбирать и оценивать технологические схемы гравитационного обогащения. Полученные данные помогают правильно выбрать шкалу предварительной классификации исходного продукта перед обогащением, выбирать и сравнивать методы получения классов – грохочением или гидравлической классификацией. Шкала гидравлической классификации в сочетании с анализом распределения полезного минерала по классам крупности, а также при наличии результатов фракционных анализов и диаграммы частиц дают возможность выбрать оптимальную схему обогащения и рассчитать теоретически возможные показатели обогащения. При расчёте параметров процессов гравитационного обогащения и конструктивных размеров машин и аппаратов следует руководствоваться результатами данных расчётов.

5. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТОВ

При анализе полученных результатов прежде всего следует обращать внимание на характер изменения величин «*e*» и «*m*». По рисунку 3 видно, что значение коэффициентов равнопадаемости уменьшается с уменьшением крупности частиц, но для частиц крупностью менее 0,26 мм он остается практически постоянным. Величина модуля шкалы гидравлической классификации, наоборот, с уменьшением размеров минеральных зёрен увеличивается, и для крупностей менее 0,19 мм она практически постоянна. Отсюда можно сделать вывод, что при подготовке к обогащению руды, состоящей из

рассматриваемой смеси минералов, крупную её часть (более 1 мм) следует делить на классы крупности с модулем сит 2,2, а остальную (мелкую часть) лучше делить на гидравлические классы. При таком разделении общее количество классов будет наименьшим.

Предположим, тяжёлый минерал является ценным компонентом, а лёгкий хвостами. Также допустим, что гранулометрическая характеристика смеси лёгкого и тяжёлого минералов имеет прямолинейный вид, а тяжёлый минерал распределён по классам крупности равномерно, то есть тоже имеет прямолинейную характеристику гранулометрического состава. Тогда извлечение тяжёлого минерала (концентрата) в первый гидравлический класс, состоящий только из зёрен тяжёлого минерала составит:

$$\varepsilon = 100 \cdot \left(d_{\max} - d_1\right)/d_{\max} = 100 \cdot \left(3{,}5 - 1{,}428\right)/3{,}5 = 59{,}18\ \%..$$

Таким образом, в нашем конкретном случае, при максимальной крупности исходного 3,5 мм, теоретически возможен следующий вариант технологической схемы (рисунок 4):*

Первая операция – гидравлическая классификация с получением следующих гидравлических классов:

I класс: -3,5+1,4 мм – *концентрат* (тяжёлый минерал);

II класс: -3,5+0,7 мм, который при последующем грохочении на сите 1,4 мм разделится на

хвосты (лёгкий минерал) – класс -3,5+1,4 мм

концентрат (тяжёлый минерал) – класс -1,4+0,7 мм;

III класс: -1,4+0,35 мм, который на сите 0,7 мм также можно разделить

хвосты (лёгкий минерал) – класс -1,4+0,7 мм

концентрат (тяжёлый минерал) – класс -0,7+0,35 мм;

IV класс: -0,7+0,2 мм – на обогащение на сотрясательном концентрационном столе с получением концентрата и хвостов.

V класс: -0,35+0,02 мм – обогащение на шламовом сотрясательном концентрационном столе.

Класс -0,02+0 мм – шламы, можно признать отвальными хвостами. Извлечение в них тяжёлого минерала составит

$$\varepsilon = 100 \cdot \left(0{,}02 - 0\right)/3{,}5 \approx 0{,}65\ \%.$$

Схема обогащения представлена на рисунке 4.

* На рисунке 4 приведен один из возможных вариантов технологической схемы обогащения. Предложите свой вариант.



Рисунок 4 – Примерная схема обогащения

Дополнительно можно рассчитать расстояния h_0, проходимые самыми крупными частицами в классе, и время прохождения этого расстояния до достижения v_{0i} по формулам (8) и (9). Величины h_{0i} и t_{0i} следует учитывать при выборе типа классификатора или при его конструировании. Так как классификаторы обычно имеют обычно 4, 6 или 8 камер, то достаточно рассчитать величины h_{0i} и t_{0i} для первых четырёх (шести) гидравлических классов.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Т. Ю. Овчинникова

ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического
факультета
«12» февраля 2016 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

Т. Ю. Овчинникова

ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Гравитационные методы
обогащения полезных ископаемых» для студентов
специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2016

О 35

Р е ц е н з е н т: *Е. Ф. Цыпин*, профессор кафедры
обогащения полезных ископаемых, доктор технических наук.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «30» ноября 2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Овчинникова Т. Ю.

О 35 Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения / Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 38 с.

Учебно-методическое пособие написано на основе методических указаний Меринова Н. Ф. «Гравитационные методы обогащения» (2008), которые переработаны и дополнены согласно требованиям Федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых» (модуль «Обогатительные процессы») и содержит элементы теории, постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений гравитационных методов обогащения и методик оценки обогатимости при их использовании. В пособии приведены пояснения к лабораторным работам, методики их выполнения, обработки результатов и оформления, а также требования к содержанию отчетов по каждой лабораторной работе.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Овчинникова Т. Ю., 2016
© Уральский
государственный
горный университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЁТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ 4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ 5

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВОДЕ 8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РУД И МИНЕРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПИКНОМЕТРА 11

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ МЕЛКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЁРЕН В ВОДЕ 13

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ 16

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. РАБОТА НА ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ 18

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОНКОИЗМЕЛЬЧЁННЫХ МИНЕРАЛОВ СИТОВЫМ АНАЛИЗОМ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ (СЕДИМЕНТАЦИОННЫМ АНАЛИЗОМ) 21

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. РАБОТА НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ 26

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. РАБОТА НА ВИНТОВОМ СЕПАРАТОРЕ 30

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10. РАБОТА НА ПОЛОЧНОМ ВОЗДУШНОМ СЕПАРАТОРЕ 33

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11. РАБОТА НА ЦЕНТРОБЕЖНОМ КОНЦЕНТРАТОРЕ 35

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 38

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЁТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Отчёт по лабораторным работам представляется преподавателю на проверку в виде сброшюрованной пояснительной записки, оформленной на листах формата А4. После проверки отчёта преподаватель назначает время защиты. Содержание пояснительной записки:

- титульный лист;
- содержание;
- лабораторные работы в порядке их выполнения;
- список использованных источников.

Отчёт является официальным документом и оформляется по определенным правилам, в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95.

Оформление заголовков, рисунков и таблиц следует выполнять так же, как в предлагаемом учебно-методическом пособии.

Лабораторные работы выполняют бригадой в составе 4-6 человек. Бригадир отвечает за дисциплину в бригаде во время выполнения лабораторной работы, получает и сдаёт приборы и материалы, необходимые для выполнения работы, контролирует процесс выполнения работы и обмена данными между членами бригады.

На каждом лабораторном занятии каждый член бригады ведёт рабочую тетрадь, которую представляет по окончании занятия на подпись преподавателю. В рабочей тетради записывают название лабораторной работы, цель и порядок выполнения, перечисляют необходимые материалы, оборудование и инструменты, приводят таблицы с результатами измерений и расчётов.

Чистовой вариант отчёта выполняют на основе записей в рабочей тетради. Отчёт по каждой лабораторной работе начинают с новой страницы. Отчёт содержит порядковый номер и название лабораторной работы, цель и порядок выполнения, необходимые материалы, оборудование и инструменты, таблицы с результатами измерений и расчёты, при необходимости графический материал, включающий в себя зависимости, эскизы и кинематические схемы привода оборудования. Отчёт по лабораторной работе завершают выводом, в котором обсуждают результаты работы, сравнивают значения, полученные экспериментальным и расчётным путём, оценивают эффективность разделения при обогащении.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – освоение метода определения объёмной плотности (δ) и эквивалентного диаметра ($d_э$) кусков минералов произвольной формы.

Пояснение к работе

Для определения величин δ и $d_э$ куска минерала достаточно определить массу куска и его объём. Вычислив отношение массы куска к его объёму, получим плотность минерала. По величине объёма куска можно вычислить диаметр эквивалентного шара ($d_э$).

Определение массы куска и его объёма производится взвешиванием его в воздухе и погруженным в воду.

Взвешивание выполняют с помощью электронных весов, оборудованных устройством (крючком) для гидростатического взвешивания.

Разность масс куска в воздухе и воде будет численно равна массе воды, вытесненной куском минерала. Приняв плотность воды 1000 кг/м^3, получим равенство массы воды, вытесненной куском минерала, объёму куска, м^3. Точность определения массы и объёма куска зависит от точности взвешивания. Поэтому следует особое внимание уделить настройке и регулировке весов.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- куски минералов или материалов (выдаются преподавателем по одному на каждого члена бригады);
- линейка;
- электронные весы;
- стеклянный стакан;
- тонкие нити для подвешивания.

Методика проведения работы

Настраивают и регулируют (уравновешивают) весы.

Каждый кусок минерала обвязывают тонкой нитью с петлёй на конце и подвешивают на крючок электронных весов, полученное значение массы куска является массой в воздухе ($M_{в\ возд}$). Затем кусок погружают в наполненный водой стеклянный стакан так, чтобы

кусок был полностью погружён в воду, но не касался стенок и дна стакана. Полученное значение массы является массой куска в воде ($M_{\text{в воде}}$).

Кроме того, необходимо описать внешний вид куска, определить его геометрические размеры (lxbxh). Определить вид формы куска (шарообразная, округлая, угловатая, продолговатая, пластинчатая, игольчатая). По измеренным геометрическим размерам приблизительно определить площадь поверхности ($F_{\text{куска}}$) как сумму площадей всех граней. Определить размеры (диаметры) куска: среднеарифметический, среднегеометрический, максимальный. Результаты взвешиваний и измерений заносят в таблицу 1.1. Рекомендуется формировать общую таблицу на бригаду, которую в дальнейшем представляют в отчёте.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

Образец	**Масса, г**		**Объём куска, см^3**	**Геометрические размеры куска, мм**			**$F_{\text{куска}}$, мм^2**	**Диаметр куска, мм**		
	в воздухе $M_{\text{в возд}}$	**в воде** $M_{\text{в воде}}$		***l***	***b***	***h***		$d_{\text{ср}}$	$d_{\text{геом}}$	d_{max}
1	3,825	2,125	1,700	20	25	12	1560	19	18,7	31
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Обработка результатов опытов

Объём воды, вытесненной куском, согласно закону Архимеда, численно равен объёму куска. Для нахождения объёма куска рассчитывают массу (и объём) вытесненной куском воды, г:

$$M_{\text{воды}} = V_{\text{воды}}\,\rho_{\text{воды}} = M_{\text{в возд.}} - M_{\text{в воде}} = V_{\text{куска}}. \qquad (1.1)$$

Плотность куска вычисляют по формуле, г/см^3:

$$\delta = M_{\text{в возд}} / V_{\text{куска}}. \qquad (1.2)$$

Полученное значение необходимо перевести в единицы СИ, кг/м^3.

Для найденной плотности куска необходимо вычислить «эквивалентный» диаметр $d_{\text{э}}$ (см), определяемый из равенства

$$V_{\text{куска}} = \frac{\pi d_{\text{э}}^{3}}{6},$$

откуда

$$d_{\text{э}} = \sqrt[3]{6V_{\text{куска}}/\pi}. \qquad (1.3)$$

Полученное значение необходимо перевести в единицы СИ, м.

Результаты расчётов записывают в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты расчётов

Образец	$V_{куска}$, **м^3**	**δ, кг/м^3**	$d_э$, **м**	$F_{куска}$, **м^2**	$F_{шара}$, **м^2**	ω^F, **д. ед.**	**Удельная поверхность, $S_{уд}$, м^2/кг**	
							шара	**куска**
1	$V_{куска1}$	δ_1	$d_{э1}$	$F_{куска1}$	$F_{шара1}$	ω^F_1	$S_{уд.\ шара1}$	$S_{уд.\ куска1}$
2	$V_{куска2}$	δ_2	$d_{э2}$	$F_{куска2}$	$F_{шара2}$	ω^F_2	$S_{уд.\ шара2}$	$S_{уд.\ куска2}$
…	…	…	..	…	…	…	…	…

Так как те же самые образцы минералов (материалов) будут использованы в лабораторной работе № 2, необходимо выполнить дополнительные вычисления для каждого из образцов, а именно, определить площадь поверхности эквивалентного шара ($F_{шара}$), коэффициент сферичности куска (ω^F), удельные поверхности эквивалентного шара ($S_{уд.\ шара}$) и куска ($S_{уд.\ куска}$).

Расчёты следует выполнять по формулам:

Площадь поверхности эквивалентного шара $F_{шара}$, м^2:

$$F_{шара} = \pi d_э^2.$$

Коэффициент сферичности ω^F, д. ед:

$$\omega^F = F_{шара} / F_{куска},$$

где $F_{куска}$ – площадь поверхности куска, м^2, вычисляемая как сумма площадей поверхностей всех граней куска.

Удельная поверхность эквивалентного шара $S_{уд.\ шара}$, м^2/кг:

$$S_{уд.шара} = \frac{F_{шара}}{V_{куска}(\delta_{куска} - 1000)},$$

где δ – плотность куска, кг/м^3.

Удельная поверхность куска, $S_{куска}$, м^2/кг:

$$S_{куска} = S_{уд.шара} / \omega^F.$$

Результаты расчётов записывают в таблицу 1.2. Полученные значения понадобятся при выполнении лабораторной работы №2. Отчёт и вывод у этих работ общие.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВОДЕ

Цель работы – экспериментальное и расчётное определение величин конечных скоростей свободного падения ($v_{0пр}$ и $v_{0теор}$) кусков минералов и материалов.

Пояснение к работе

Величина экспериментальной конечной скорости падения ($v_{0пр}$) вычисляется как отношение расстояния между двумя горизонтальными плоскостями, которое проходит кусок минерала при свободном падении в воде, к времени прохождения этого расстояния. Точность определения величин $v_{0пр}$ зависит от точности замера времени прохождения высоты и соблюдения условий свободного падения. При анализе полученных результатов следует помнить, что частицы неправильной формы всегда имеют значение $v_{0пр}$ меньше, чем $v_{0теор}$ – конечной скорости падения эквивалентного по объёму шара.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- куски минералов и материалов с определёнными в работе № 1 величинами δ и $d_э$;
- труба со смотровыми окнами, доверху заполненная водой (уровень воды в трубе на 2-3 см ниже верхнего среза трубы);
- секундомер;
- мерная линейка или рулетка.

Методика проведения опытов

Включают освещение смотровых окон трубы. Замеряют время падения каждого куска в трубе от верхней до нижней метки. Для этого минерал погружается рукой в воду в центре трубы, затем отпускается. При прохождении минералом верхней отметки включают секундомер, при прохождении нижней – отключают. Время падения каждого куска (T) записывают в таблицу 2.1.

Замеряют расстояние (H) между верхней и нижней метками на трубе. Рассчитывают практические величины $v_{0пр}$ для каждого куска, м/с:

$$v_{0\,пр} = H/T. \qquad (2.1)$$

Полученные значения записывают в таблицу 2.1. Рекомендуется выполнять общую таблицу на бригаду.

Таблица 2.1 – Результаты измерений

Образец	**Плотность куска, кг/м^3**	**Эквивалентный диаметр, м**	**Путь (высота падения), м**	**Время падения, с**	**Практическая скорость, м/с**
1	δ_1	$d_{э1}$	H	T_1	$v_{0пр1}$
2	δ_2	$d_{э2}$		T_2	$v_{0пр2}$
…	..	…		…	…

По полученному значению $v_{0пр}$ рассчитывают величину удельной поверхности каждого куска, м^2/кг:

$$S_{\text{уд. куска}} = \frac{\sqrt{\Delta^2 v_{0пр}^4 + 512\mu g(\delta - \Delta)v_{0пр}} - \Delta v_{0пр}^2}{16\mu(\delta - \Delta)v_{0пр}}, \qquad (2.2)$$

где $v_{0\ пр}$ – практическая скорость падения, м/с; Δ – плотность воды, принять равной 1000 кг/м^3; μ – динамический коэффициент вязкости воды, принять равным 0,001 Па·с; g – ускорение свободного падения, принять равным 9,81 м/с^2.

Полученная величина должна быть близка к удельной поверхности куска, полученной в предыдущей работе.

Так же как и в предыдущей работе, нужно определить коэффициент сферичности частицы ω^v, д. ед.:

$$\omega^v = \frac{S_{\text{уд.шара}}}{S_{\text{уд.куска}}},. \qquad (2.3)$$

где $S_{\text{уд. шара}}$ определено в предыдущей работе; $S_{\text{уд. куска}}$ вычислено по формуле (2.2).

Полученное значение коэффициента сферичности ω^v необходимо сравнить с коэффициентом ω^F, полученным в предыдущей работе.

Затем, используя значение $S_{\text{уд. шара}}$, рассчитывают $v_{0теор}$ по формуле, м/с:

$$v_{0теор} = \frac{4(\delta - \Delta)\, S_{\text{уд.шара}}}{\Delta}\left(\sqrt{\mu^2 + \frac{g \cdot \Delta}{(\delta - \Delta)^2 S_{\text{уд.шара}}^3}} - \mu\right). \qquad (2.4)$$

Для найденного значения $v_{0пр}$ рассчитывают время (τ_0) достижения конечной скорости падения для каждого образца и путь (h_0), пройденный частицей до достижения этой скорости:

$$\tau_0 = \frac{2{,}5\, v_{0\text{пр}}\, \delta}{(\delta - \Delta)\, g}; \qquad (2.5)$$

$$h_0 = \frac{1{,}8\, v_{0\text{пр}}^2\, \delta}{(\delta - \Delta)\, g}. \qquad (2.6)$$

Результаты всех расчётов записывают в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчётов

Образец	$S_{\text{уд. куска}}$, **м^2/кг**	ω^v, **д. ед.**	$v_{0\text{теор}}$, **м/с**	τ_0, **с**	h_0, **м**
1	$S_{\text{уд. куска1}}$	ω^v_1	$v_{0\text{теор1}}$	τ_{01}	h_{01}
2	$S_{\text{уд. куска2}}$	ω^v_2	$v_{0\text{теор1}}$	τ_{02}	h_{02}
…	…	…	…	…	…

Оформление отчёта

По лабораторным работам № 1 и № 2 оформляют единый отчёт, состоящий из двух разделов.

В отчёте представляют все результаты измерений и расчётов в табличной форме (общие таблицы на бригаду), а также расчёты с приведением расчётных формул и результатами измерений на примере индивидуально полученных образцов.

Необходимо привести таблицу для сравнения результатов, полученных в лабораторной работе № 1 и № 2 (таблица 2.3).

В выводе нужно сравнить полученные результаты расчёта и указать на причины различия этих значений.

Таблица 2.3 – Сравнение результатов расчётов

Образец	**Удельная поверхность куска, м^2/кг**		**Коэффициент сферичности, д. ед.**		**Конечная скорость падения куска, м/с**	
	л/р №1	***л/р №2***	***л/р №1***	***л/р №2***	$v_{0\text{пр}}$	$v_{0\text{теор}}$
1	$S_{\text{уд. куска1}}$	$S_{\text{уд. куска1}}$	ω^F_1	ω^v_1	$v_{0\text{пр1}}$	$v_{0\text{теор1}}$
2	$S_{\text{уд. куска2}}$	$S_{\text{уд. куска2}}$	ω^F_2	ω^v_2	$v_{0\text{пр2}}$	$v_{0\text{теор1}}$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РУД И МИНЕРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПИКНОМЕТРА

Цель работы – практическое знакомство с одним из методов определения плотности руд и минералов, а именно с определением плотности тонкоизмельчённых материалов.

Пояснение к работе

При использовании этого метода достаточно знать объём пикнометра, массу исследуемого материала, помещаемого в пикнометр, массу воды в объёме пикнометра и массу воды, вытесненной из пикнометра исследуемым минералом. Плотность воды рассчитывают как отношение её массы в объёме пикнометра к объёму последнего ($V_{пик}$). По массе воды, вытесненной из пикнометра навеской, рассчитывают её объём – отношение этой массы к плотности жидкости. Это и будет объёмом исследуемой навески. Плотность исследуемого материала находят как отношение массы навески исследуемого материала к его объёму.

Перед взвешиванием пикнометра с минералом и жидкостью необходимо тщательным перемешиванием (взбалтыванием) или кипячением полностью удалить пузырьки воздуха из исследуемого материала, иначе плотность его будет определена меньшей, чем действительная.

Результаты исследования зависят от точности взвешивания, поэтому необходимо производить взвешивание с точностью ± 0,001 г.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- пикнометр известного объёма;
- электронные весы;
- исследуемая руда или минерал крупностью 0,1-0 мм (выдаётся преподавателем).

Методика выполнения работы

Перед выполнением работы необходимо составить таблицу результатов измерений (таблица 3.1), куда следует записывать результаты всех взвешиваний. Объём пикнометра в миллилитрах ($V_{пик}$) указан на нём (1 мл=1 $см^3$).

Таблица 3.1 – Результаты измерений

Масса пикнометра, г			
сухого	**с материалом**	**с материалом и водой**	**с водой**
M_1	M_2	M_3	M_4

1. Взвешивают сухой пикнометр. Массу записывают (M_1).

2. В сухой пикнометр помещают исследуемый материал так, чтобы он занимал от четверти до половины объёма пикнометра, после чего взвешивают пикнометр с исследуемым материалом. Массу записывают (M_2).

3. В пикнометр с исследуемым материалом наливают жидкость (воду) так, чтобы смочить материал, но не до полного объёма. Содержимое пикнометра тщательно взбалтывают, затем пикнометр дополняют жидкостью до метки на горлышке пикнометра. Взвешивают пикнометр с материалом и водой. Массу записывают (M_3).

4. Пикнометр освобождают от исследуемого материала, промывают жидкостью (водой), заполняют этой жидкостью до метки и взвешивают. Массу записывают (M_4).

Используя полученные массы, производят расчёты, результаты которых записывают в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчётов

Масса, г				**Плотность жидкости, г/см^3**	**Объём навески, см^3**	**Плотность материала, г/см^3**
навески	**воды**					
	в пикнометре	**в пикнометре с материалом и водой**	**вытесненной навеской**			
$M_{\text{навески}}$	$M_{\text{воды}}$	M'	M''	Δ	$V_{\text{навески}}$	$\delta_{\text{навески}}$

$M_{\text{навески}} = M_2 - M_1$ – масса навески, г;

$M_{\text{воды}} = M_4 - M_1$ – масса воды в пикнометре, г;

$M' = M_3 - M_{\text{навески}}$ – масса воды в пикнометре с материалом и водой, г;

$M'' = M_4 - M'$ – масса воды, вытесненной навеской, г;

$\Delta = M_{\text{воды}} / V_{\text{пик}}$ – плотность жидкости (воды), г/см^3;

$V_{\text{навески}} = M'' / \Delta$ – объём вытесненной жидкости (объём навески), см^3;

$\delta_{\text{навески}} = M_{\text{навески}} / V_{\text{навески}}$ – плотность материала, г/см^3.

Оформление отчёта

В отчёте представляют все результаты взвешиваний и расчёты в табличной форме. Найденные значения плотности материалов необходимо перевести в единицы СИ. По значению найденной плотности и методом визуальной диагностики определить предположительно исследуемый минерал или руду. В выводе указать вид материала (руды).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ МЕЛКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЁРЕН В ВОДЕ

Цель работы – экспериментальное определение конечных скоростей свободного падения мелкозернистых минералов.

Пояснение к работе

Практическая конечная скорость свободного падения ($v_{0пр}$) определяется для узкого класса крупности частиц. Поэтому необходимо определить эту величину для первой группы зёрен (3-10 зёрен), имеющих максимальный размер в этом классе крупности. Размер этих зёрен ($d_э$) следует принимать равным размеру квадратной ячейки сита, через которое прошёл этот класс при просеивании.

При расчёте теоретических значений $v_{0теор}$ следует рассчитывать $S_{уд}$ для $d_э$ по формулам (2.2) и (2.5) соответственно (см. лабораторную работу № 2).

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- исследуемый материал с известной плотностью (выдаётся преподавателем);
- вертикально установленная стеклянная труба, заполненная водой, имеющая верхнюю и нижнюю метки;
- рулетка или мерная линейка;
- секундомер;
- вибровстряхиватель с набором сит.

Методика проведения работы

От исследуемого материала отбирают навеску массой 20-25 г и просеивают на механическом встряхивателе на стандартном наборе сит в течение 10 мин.

Размер наибольших частиц в классе ($d_э$) принимается равным размеру отверстий верхнего сита, через которое прошёл данный класс крупности.

Каждый полученный класс (кроме первого и последнего) помещают в фарфоровую чашку и смачивают водой.

Порция смоченного материала определённого класса загружается в стеклянную трубу по центру. При прохождении группой первых минералов (3-10 зёрен) верхней отметки включается секундомер; при прохождении нижней – выключается. Такие замеры производятся с каждым классом крупности не менее трёх раз для расчёта средней скорости падения.

Вычисляется фактическая скорость свободного падения v_0:

$$v_0 = S/t, \qquad (4.1)$$

где S – путь, пройденный наиболее крупными частицами каждого класса (расстояние между метками на трубе), м; t – время падения частиц, с.

Средняя практическая скорость свободного падения рассчитывается как среднее арифметическое.

Результаты измерений записывают в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений

Класс крупности, мм	**Наибольший размер зерна в классе $d_э$, м**	**Путь, пройденный частицами S, м**	**Время падения частиц t, с**	**Практическая скорость свободного падения $v_{0пр}$, м/с**	
				частная	**средняя**
$-d_1+d_2$	d_1	S	t_1	v_{01}	$v_{0пр1}$
			t_2	v_{02}	
			t_3	v_{03}	
$-d_2+d_3$	d_2		…	…	$v_{0пр2}$
			…	…	
			…	…	
$-d_3+d_4$	d_3		…	…	$v_{0пр3}$

Приняв плотность воды 1000 кг/м^3, коэффициент динамической вязкости 0,001 Па·с и ускорение свободного падения 9,81 м/с^2, для наибольшего размера частиц в каждом классе ($d_{эi}$) рассчитывают:

удельную поверхность шара, м^2/кг:

$$S_{\text{уд.шара } i} = \frac{6}{d_{эi}(\delta - 1000)};$$

удельную поверхность частицы, м²/кг:

$$S_{\text{уд. частицы } i} = \frac{\sqrt{10^6 v_{0\text{пр}i}^4 + 5{,}023(\delta - 1000)v_{0\text{пр}i}} - 1000v_{0\text{пр}i}^2}{0{,}016(\delta - 1000)v_{0\text{пр}i}},$$

где $v_{0\text{пр }i}$ – средняя практическая скорость свободного падения, м/с;

коэффициент сферичности, д. ед.:

$$\omega_i = \frac{S_{\text{уд.шара}\,i}}{S_{\text{уд.частицы}i}};$$

затем, по универсальной формуле

$$v_{0\text{теор}} = \frac{(\delta - 1000)\, S_{\text{уд.частицы }i}}{250}\left(\sqrt{10^{-6} + \frac{9810}{(\delta - 1000)^2 S^3_{\text{уд.частицы }i}}} - 0{,}001\right)$$

рассчитывают значение теоретической конечной скорости свободного падения, $v_{0\text{теор}}$, м/с, а также время, требуемое для достижения этой скорости, с:

$$\tau_0 = \frac{2{,}5\, v_{0\text{пр}}\, \delta}{(\delta - 1000)\, g}$$

и путь, пройденный частицей до достижения этой скорости, м:

$$h_0 = \frac{1{,}8\, v_{0\text{пр}}^2\, \delta}{(\delta - 1000)\, g}.$$

Результаты расчётов записывают в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты расчётов

Наибольший размер зерна в классе d_i, м	**Удельная поверхность $S_{\text{уд}}$, м²/кг**		**Коэффициент сферичности ω, д. ед.**	**Скорость падения $v_{0\text{теор}}$, м/с**	**Время τ_0, с**	**Путь h_0, м**
	шара	**частицы**				
d_1	$S_{\text{уд. шара 1}}$	$S_{\text{уд. частицы 1}}$	ω_1	$v_{0\text{теор}1}$	τ_{01}	h_{01}
d_2	$S_{\text{уд. шара 2}}$	$S_{\text{уд. частицы 2}}$	ω_2	$v_{0\text{теор}2}$	τ_{02}	h_{02}
d_3	$S_{\text{уд. шара 3}}$	$S_{\text{уд. частицы 3}}$	ω_3	$v_{0\text{теор}3}$	τ_{03}	h_{03}

Оформление отчёта

В отчёте следует представить все расчёты с приведением формул и результатов замеров.

Дать анализ табличных данных:

1) указать ошибки определения значений $v_{0пр}$;

2) объяснить причины расхождения практических и теоретических значений скоростей свободного падения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ

Цель работы – практическое знакомство с методикой определения фракционного состава угля и освоение навыка построения кривых обогатимости.

Пояснение к работе

Фракционный анализ угля – это разделение угля по плотности на фракции, осуществляемое в тяжёлых средах с известной плотностью (растворы $ZnCl_2$ различной концентрации). По выходам различных фракций и их зольностям строят кривые обогатимости, позволяющие решать различные задачи, связанные с выбором и расчётом технологических схем обогащения и параметров процесса обогащения. В данной работе фракционный состав угля определяется студентами, а зольность фракций задаётся преподавателем. По этим данным строятся кривые обогатимости угля по методике /2/.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- набор бачков с растворами хлористого цинка различной плотности; плотность раствора указана на каждом бачке;
- дешламационный бачок с сетчатым дном;
- бачки для ссыпания фракций различной плотности;
- технические весы для взвешивания исходной навески угля и фракций различной плотности;
- сетчатый черпак для снятия всплывших фракций;
- резиновые перчатки для каждого члена бригады.

Методика проведения работы

Методика определения фракционного состава угля подробно описана в ГОСТ 4790-93 (ИСО 7936-92). Исследуемую навеску угля засыпают в дешламатор (бачок с сетчатым дном) и подвергают дешламации орошением сильной струёй воды или встряхиванием дешламатора, после чего дешламатор опускают в бачок с раствором хлористого цинка наименьшей плотности. Всплывшую часть исследуемой навески снимают сетчатым черпаком, давая стечь в бачок

раствору хлористого цинка, и ссыпают в бачок с сетчатым дном, прополаскивают чистой водой, высушивают до воздушно-сухого состояния, взвешивают и массу каждой фракции записывают в рабочую тетрадь. После этого определяют процентный выход её от исходной навески. Плотность данной фракции будет меньше плотности раствора, в котором она всплыла.

Дешламатор вместе с потонувшей частью навески на дне вынимают из первого бачка, дают стечь раствору (в тот же бачок) и переносят в бачок с раствором последующей плотности. Со всплывшей и потонувшей частями поступают так же, как и в предыдущем случае. Плотность зёрен всплывшей части находится в пределах плотности смежных растворов.

Характеристику полученных элементарных фракций следует представить в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристика элементарных фракций

Плотность фракций, кг/м^3	**Выход фракции**		**Массовая доля золы во фракции (зольность), %**	**Извлечение золы во фракцию, %**
	кг	**%**		
< 1300	m_1	γ_1	A_1^d	ε_1
1300-1400	m_2	γ_2	A_2^d	ε_2
1400-1500	m_3	γ_3	A_3^d	ε_3
1500-1600	m_4	γ_4	A_4^d	ε_4
1600-1700	m_5	γ_5	A_5^d	ε_5
>1700	m_6	γ_6	A_6^d	ε_6
Итого:	Σm_i	$\Sigma\gamma_i=100$	$\alpha = \Sigma(\gamma_i \cdot A_i^d) / \Sigma\gamma_i$	$\Sigma\varepsilon_i$

Зольность фракций для каждой бригады задаёт преподаватель, извлечение золы в каждую фракцию рассчитывают по формуле, %:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i \cdot A_i^d}{\alpha}, \qquad (5.1)$$

где γ – выход фракции, %; α – содержание золы в рядовом (исходном) угле, %; A^d – массовая доля золы во фракции, %; ε – извлечение золы во фракцию, %.

Результаты фракционирования пробы угля представляют в табличной форме (таблица 5.2).

Выходы всплывших и потонувших фракций рассчитывают суммированием, зольности – как средневзвешенные.

Таблица 5.2 – Фракционный состав угля

Плотность фракций, кг/м^3	**Элементарные фракции, %**		**Всплывшие фракции, %**		**Потонувшие фракции, %**	
	выход	**зольность**	**выход**	**зольность**	**выход**	**зольность**
< 1300	γ_1	A_1^d	γ_1	A_1^d	**$\Sigma\gamma_i$=100**	**α**
1300-1400	γ_2	A_2^d	…	…	…	…
1400-1500	γ_3	A_3^d	…	…	…	…
1500-1600	γ_4	A_4^d	…	…	…	…
1600-1700	γ_5	A_5^d	…	…	…	…
> 1700	γ_6	A_6^d	**$\Sigma\gamma_i$=100**	**α**	γ_6	A_6^d
Итого:	**$\Sigma\gamma_i$=100**	**α**	**-**	**-**	**-**	**-**

Оформление отчёта

В отчёте приводятся результаты фракционного анализа (см. таблицу 5.2), графические изображения кривых обогатимости с указанием точек, по которым строятся эти кривые. По кривым обогатимости следует определить технологические показатели разделения для заданных преподавателем условий. По виду кривой элементарных фракций и по расчёту коэффициента *Т* сделать вывод об обогатимости угля представленного фракционного состава.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

РАБОТА НА ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством поршневой отсадочной машины, регулирование и определение технологических параметров работы машины.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- поршневая отсадочная машина;
- обогащаемый материал (по указанию преподавателя);
- технические весы;
- металлическая линейка;
- мерный цилиндр ёмкостью 1000–2000 см^3;
- ёмкость для замера воды (таз, ведро);
- секундомер;
- приёмные ящики для концентрата, промпродукта и породы.

Методика проведения работы

Регулирование работы отсадочной машины при настройке технологического процесса

Открывают краны транспортной и подрешётной воды и заполняют машину водой. Включают привод машины. Равномерно подают исходный материал в загрузочный ящик машины. Во время накопления постели в обоих отделениях машины производят регулирование объема подрешётной и транспортной воды посредством вентилей.

После того как высота постели во втором (промпродуктовом) отсадочном отделении достигнет уровня сливного порога, открывают заслонки окон для разгрузки породы и промпродукта. В момент поднятия заслонки включают секундомер. С этого момента начинается основной опыт. Высота поднятия заслонки первого (породного) отделения устанавливается таким образом, чтобы туда разгружалась только тяжёлая фракция и не попадали зёрна лёгкой. Контроль качества разгружаемой фракции осуществляется визуально. Заслонка второго отделения поднимается на такую высоту, чтобы через сливной порог машины уходила только лёгкая фракция (по визуальному наблюдению).

Работа машины при отрегулированном процессе отсадки

Равномерная загрузка продолжается до тех пор, пока приёмные отделения для тяжёлой и промпродуктовой фракций не заполнятся. На этом опыт заканчивается. В момент окончания загрузки выключают секундомер, привод машины отключают.

Определение технологических параметров отсадочной машины

После выключения машины определяют расход транспортной воды путём её отбора из шланга за определённый промежуток времени. Расход транспортной воды определяется по формуле, $м^3/ч$:

$$W_{тр} = 3{,}6\ V_t\ /t, \qquad (6.1)$$

где V_t – объём транспортной воды (л), отобранной за время t (с).

Объём воды определяют с помощью мерного цилиндра.

Точно так же определяют общий расход воды. Для этого слив (перелив) отсадочной машины собирают в таз (ведро) и определяют объём собранной воды. Расход подрешётной воды определяют, вычитая из общего расхода расход транспортной воды.

Привод машины выключают. Разгружают полученные продукты обогащения. После естественного дренирования продукты обогащения взвешивают и по их суммарной массе определяют производительность отсадочной машины по исходному продукту, т/ч:

$$Q = 3{,}6 \cdot \frac{M_{\text{к}} + M_{\text{пп}} + M_{\text{п}}}{t}, \qquad (6.2)$$

где $M_{\text{к}}$, $M_{\text{пп}}$, $M_{\text{п}}$ – масса концентрата, промпродукта и породы, кг;
t – время, с.

Линейкой замеряют размеры отсадочных сит, вычисляют их площадь и рассчитывают удельную производительность, т/(м^2·ч):

$$q = Q/F_{\text{отсад}}.$$

Результаты всех измерений заносят в таблицы 6.1 и 6.2. Зольность продуктов обогащения задаёт преподаватель.

Таблица 6.1 – Условия проведения опыта

Расход воды, м^3/ч			**Производительность по исходному, т/ч**	**Площадь отсадочных сит, м^2**	**Удельная производительность, т/(м^2·ч)**
общий	**транспортной**	**подрешётной**			
$W_{\text{общ}}$	$W_{\text{тр}}$	$W_{\text{подр}}$	Q	F	q

Таблица 6.2 – Технологические показатели отсадки

Наименование продуктов обогащения	**Масса, кг**	**Выход, %**	**Зольность, %**	**Извлечение золы, %**
Концентрат	$M_{\text{к}}$	$\gamma_{\text{к}}$	$A_{\text{к}}^{d}$	$\varepsilon_{\text{к}}$
Промпродукт	$M_{\text{пп}}$	$\gamma_{\text{пп}}$	$A_{\text{пп}}^{d}$	$\varepsilon_{\text{пп}}$
Порода	$M_{\text{п}}$	$\gamma_{\text{п}}$	$A_{\text{п}}^{d}$	$\varepsilon_{\text{п}}$
Итого:	**ΣM_i**	**$\Sigma\gamma_i$=100**	**α**	**$\Sigma\varepsilon_i$**

Анализ продуктов обогащения

В работе следует принять, что промежуточным продуктом при обогащении на лабораторной поршневой отсадочной машине является продукт плотностью 1400-1600 кг/м^3. Поэтому каждый продукт обогащения подвергают расслаиванию в тяжёлых жидкостях с плотностью 1400 кг/м^3 и 1600 кг/м^3 на предмет засорения частицами двух других продуктов. Например, засорение концентрата оценивают по содержанию частиц промпродукта и породы в нём.

Рассмотрим получение фракций с различными плотностями на примере концентрата. Всю массу концентрата, полученного в процессе отсадки, помещают в дешламатор и погружают в ёмкость с

тяжёлой жидкостью с плотностью 1400 кг/м^3, всплывшую часть взвешивают, полученная фракция является концентратной. Потонувшую часть погружают в ёмкость с тяжёлой жидкостью с плотностью 1600 кг/м^3, всплывшая часть является промпродуктовой фракцией в концентрате, потонувшая – породной. Полученные фракции взвешивают и вычисляют коэффициенты засорения. Аналогично поступают с остальными продуктами отсадки. Результаты записывают в таблицу 6.3. Коэффициент засорения вычисляют отношением массы какой-либо фракции в продукте к массе всего этого продукта.

Таблица 6.3 – Коэффициенты засорения

Продукт	**Масса, кг**				**Коэффициент засорения**		
	продукта	**фракции**					
		концентратная	**промпродуктовая**	**породная**	**концентратом**	**промпродуктом**	**породой**
Концентрат	$M_к$	$m_к^к$	$m_к^{пп}$	$m_к^п$	-	$m_к^{пп}/M_к$	$m_к^п/M_к$
Промпродукт	$M_{пп}$	…	…	…	…	-	…
Порода	$M_п$	…	…	…	…	…	-

Оформление отчёта

В отчёте необходимо привести схематическое изображение отсадочной машины, на которой производился опыт. В отчете приводят все таблицы и расчёты. Необходимо дать краткое описание проведения опыта с указанием методов регулирования процесса отсадки и сделать выводы об эффективности разделения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОНКОИЗМЕЛЬЧЁННЫХ МИНЕРАЛОВ СИТОВЫМ АНАЛИЗОМ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ (СЕДИМЕНТАЦИОННЫМ АНАЛИЗОМ)

Цель работы – практическое знакомство с одним из методов гранулометрического анализа – гидравлической классификацией.

Пояснения к работе

Гидравлическая классификация используется для изучения гранулометрического состава тонкоизмельчённых продуктов, в случае, когда использовать ситовый анализ невозможно. Обычно этот метод используют как продолжение ситового анализа.

Исследуемую пробу подвергают ситовому анализу, затем самый мелкий класс (–0,071+0 мм) подвергают гидравлической классификации в классификаторе. При гидравлической классификации в восходящем потоке воды, при обеспечении условий свободного падения, происходит разделение минеральных частиц по их гидравлической крупности, т. е. по конечным скоростям свободного падения. При постоянном расходе воды в классификаторе скорость восходящего потока U в каждой камере классификатора будет равна отношению секундного расхода воды к площади сечения камеры.

В первой камере скорость восходящего потока U_1 по величине больше, чем во второй камере (U_2), а во второй – больше, чем в третьей (U_3) и т. д.

Если в первую камеру поместить исследуемую пробу, то по истечении некоторого времени в этой камере останутся частицы, имеющие скорость конечного падения, равную или большую U_1. Частицы наименьшего размера, оставшиеся в первой камере, характеризуются скоростью конечного падения v_{01}, численно равной U_1, крупность этих частиц будет равна d_1. Таким образом, в первой камере останутся частицы класса $+d_1$.

Во второй камере по истечении некоторого времени классификации останутся частицы класса $-d_1+d_2$, имеющие соответственно скорости $v_{01}>U_2$ и $v_{02} = U_2$. В третьей камере останутся частицы класса $– d_2+d_3$ и т. п.

Зная плотность исследуемого минерала и скорости восходящих потоков в каждой камере (U_1, U_2, U_3, U_4), можно рассчитать размеры наименьших частиц, остающихся в каждой камере, т. е. крупности разделения. Эти размеры рассчитываются по методике, приведённой ниже.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- лабораторный гидравлический классификатор;
- исследуемый материал или руда (даётся преподавателем);
- вибровстряхиватель с набором сит, включающим сито с размером отверстий 200 меш (0,071 мм);
- мерный цилиндр объёмом не менее 0,5 л;
- секундомер;
- фарфоровая чаша;
- резиновая трубка длиной не менее 0,5 м.

Методика проведения работы

Пробу исследуемого измельчённого минерала (руды) массой 100-150 г рассеивают на вибровстряхивателе в течение 20 мин. Полученные классы крупности взвешивают. Результаты взвешивания записывают в таблицу 7.1. Класс –200+0 меш (0,071-0 мм) после взвешивания помещают в фарфоровую чашку и тщательно смачивают водой так, чтобы смочились все минеральные частицы.

Таблица 7.1 – Гранулометрический состав исследуемой пробы

Класс, мм	**Десятичный логарифм (lg) наибольшего размера зёрен в классе**	**Выход**		
		частный		**суммарный**
		г	**%**	**%**
Ситовый анализ				
+0,320 (+48 меш)	-	2,10	3,2	3,2
–0,320+0,230 (48–65 меш)	-0,49	65,63	10,4	13,6
–0,230+0,150 (65–100 меш)	-0,63	20,19	13,6	16,0
–0,150+0,100 (100–150 меш)	-0,82	15,44	16,0	18,8
–0,100+0,071 (150–200 меш)	-1,00	13,13	18,8	62,0
–0,071+0,000	-1,15	11,17	38,0	-
Итого:		**127,65**	**100,00**	-
Гидравлическая классификация				
0,071–d_{P1}	-1,15	3,56	12,1	74,1
d_{P1}–d_{P2}	lg (d_{P1})	2,73	9,3	83,4
d_{P2}–d_{P3}	lg (d_{P2})	2,12	7,2	90,6
d_{P3}–d_{P4}	lg (d_{P3})	1,47	5,0	95,6
d_{P4}–0	lg (d_{P4})	1,29	4,4	100,0
Итого:		**11,17**	**38,0**	**-**
Всего:		**-**	**100,0**	**-**

Готовят к анализу гидравлический классификатор.

Замеряют площадь поперечного сечения прямоугольных частей всех камер классификатора (F_i, см^2).

Определяют необходимый дебет (расход) воды (Д) для первой камеры классификатора с тем расчётом, чтобы крупность разделения (d_1) в восходящем потоке в первой камере для исследуемого минерала составила 0,040-0,060 мм (уточняется преподавателем).

Принимается (по согласованию с преподавателем) коэффициент сферичности частиц в исследуемой пробе (ω).

Задавшись крупностью разделения (d_{P1}) в первой камере, рассчитывают скорость восходящего потока в этой камере (U_1), численно равную скорости свободного падения частицы d_1. Для этого рассчитывают удельную поверхность частицы d_1, м^2/кг:

$$S_{\text{уд}} = \frac{6}{d_1 \cdot (\delta - 1000) \cdot \omega}. \qquad (7.1)$$

Рассчитывают величину конечной скорости свободного падения v_0 этой частицы, м/с:

$$v_{01} = \frac{4 \cdot (\delta - 1000)}{1000} S_{\text{уд}} \left(\sqrt{10^{-6} + \frac{9{,}81 \cdot 1000}{(\delta - 1000)^2 S_{\text{уд}}^3}} - 10^{-3} \right); \qquad (7.2)$$

или, см/с:

$$v_{01}{}^1 = v_{01} \cdot 100.$$

Рассчитывают дебет (Д) воды, необходимый для создания восходящего потока в первой камере классификатора, равный по величине $v_{01}{}^1$, см^3/с:

$$\text{Д} = v_{01}{}^1 \cdot F_1, \qquad (7.3)$$

где F_1 – площадь поперечного сечения первой камеры, см^2.

Устанавливают рассчитанный дебет воды в классификаторе. Для этого классификатор заполняют водой, устанавливают постоянный расход воды, и с помощью мерного цилиндра проверяют правильность установки. Дебет воды корректируют изменением высоты выпускного отверстия шланга, питающего классификатор.

Когда трёхкратным замером будет установлено, что дебет воды в классификаторе близок к расчётному, его регулирование прекращают. Для установленного дебета ($\text{Д}_\text{у}$) уточняют крупность разделения в первой и остальных камерах. Для этого рассчитывают скорости восходящих потоков:

$$v_{01} = \frac{\text{Д}_\text{у}}{S_1}; \; v_{02} = \frac{\text{Д}_\text{у}}{S_2}, \; \ldots \text{и т. д.}, \qquad (7.4)$$

где $\text{Д}_\text{у}$ – установленный дебет (расход) воды в классификаторе, м^3; S_1 и S_2 – площади поперечного сечения первой, второй и т. д. камер классификатора, м^2.

Затем рассчитывают $S_{\text{уд}1}$; $S_{\text{уд}2}$ и т. д., м^2/кг:

$$S_{\text{уд}i} = \frac{\sqrt{10^6 v_{01}^4 + 512 \mu g (\delta - 1000) v_{01}} - 1000 v_{01}^2}{16 \mu (\delta - 1000) v_{01}}. \qquad (7.5)$$

Наконец, рассчитывают величины крупностей разделения, м:

$$d_{\text{Р}i} = \frac{6}{S_{\text{уд}} (\delta - 1000) \omega}. \qquad (7.6)$$

Производят определение гранулометрического состава класса –200+0 меш (0,071–0 мм) исследуемой пробы. Для этого в работающий классификатор из фарфоровой чашки постепенно небольшими порциями через стеклянную воронку загружается исследуемая проба вместе с потоком воды.

После загрузки всей пробы классификатор оставляют работать до тех пор, пока во всех камерах вода вновь не станет прозрачной после помутнения. За это время (2–4 часа) в классификаторе осуществляется отмывка частиц класса минус $d_{Р4}$. Конец отмывки дополнительно контролируется с помощью фарфоровой чашки. Для этого чашка наполняется сливом классификатора, затем отстаивается в течение 5–10 минут. После отстаивания вода из чашки осторожно сливается почти полностью. Если при вращении воды на дне чашки будут визуально видны хотя бы несколько твёрдых частиц, то отмывка ещё не закончена. Отсутствие частиц твёрдого на дне фарфоровой чашки укажет на законченность процесса отмывки частиц класса $–d_{Р4}$+0 мм.

По окончании процесса классификации подача воды в классификатор прекращается. После отстаивания в течение 10-15 минут бóльшую часть воды из камер классификатора удаляют с помощью сифона (резиновой трубки). Осадок твёрдых частиц в каждой камере вместе с остатком воды разгружают в металлические чашки, камеры промывают небольшими порциями воды (промывы сливают в те же чашки). Полученные классы крупности высушивают в сушильном шкафу, взвешивают, результаты записывают в таблицу 7.1. Массу класса $d_{Р4}$–0 мм определяют вычитанием из массы загруженного в классификатор класса 0,071-0 мм массы полученных в осадках классов крупности, г:

$$M_{d\text{Р4-0}} = M_{0,071\text{-0}} - M_{d\text{-4}}. \qquad (7.7)$$

Определяют десятичный логарифм (lg) значений максимальных размеров зёрен в каждом классе крупности или гидравлическом классе. Найденные значения записывают в таблицу 7.1.

Оформление отчёта

В отчёте следует представить все расчёты с приведением формул и результатов замеров. На основании данных заполненной таблицы построить графики гранулометрического состава исследуемой пробы в полулогарифмической шкале (рисунок 7.1): 1) график част-

ных выходов; 2) график суммарных выходов. Дать характеристику грансостава исследуемой пробы.

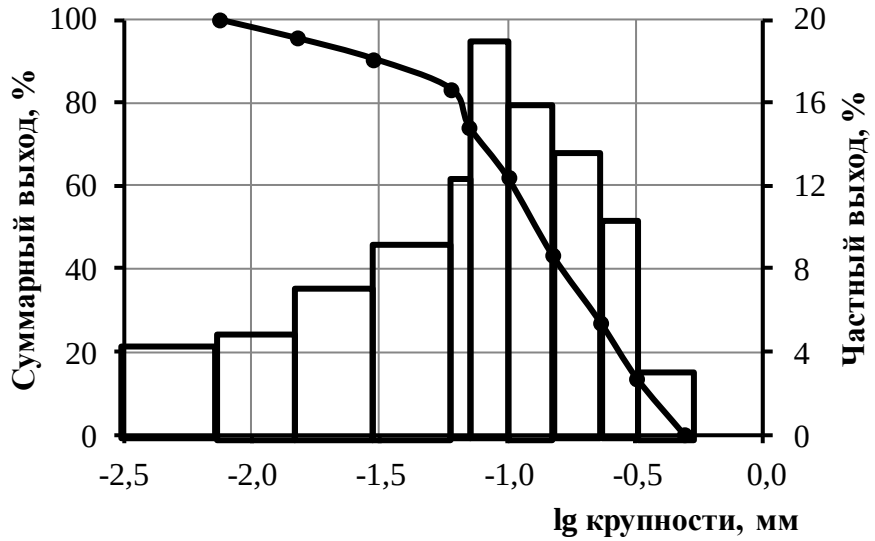


Рисунок 7.1 – Грансостав исследуемой пробы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

РАБОТА НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством концентрационного стола, регулирование и определение технологических параметров работы стола.

Пояснение к работе

Для оперативного регулирования процессом обогащения на столах пользуются изменением скорости и высоты смывного потока, которые зависят от расхода смывной воды и поперечного угла наклона деки стола. Веер продуктов обогащения на деке должен располагаться так, чтобы концентратная часть веера сходила с торца стола, а промпродуктовая и хвостовая – вдоль стола.

Для выполнения данной работы сначала осуществляют настройку процесса. При визуальном наблюдении добиваются хорошего веерообразования продуктов обогащения, регулируя процесс расходом смывной воды и углом поперечного наклона деки, затем проводят основной опыт с последующим расчётом полученных технологических показателей.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- исследуемый материал (выдаётся преподавателем);
- концентрационный стол;
- сосуд для определения расхода воды;
- угломер;
- секундомер;
- мерная линейка;
- фарфоровая чашка;
- лабораторные весы.

Методика проведения работы

Регулирование работы стола при настройке технологического процесса

Для того чтобы провести основной опыт при постоянных параметрах, осуществляется предварительное регулирование основных параметров стола:

1) угла наклона стола;

2) количества смывной воды и воды для образования пульпы.

Число качаний деки стола в минуту и амплитуда качаний (величина хода стола) в данной работе не регулируются.

Для настройки стола берётся исходный материал в количестве 4-5 кг и осуществляется его обогащение на столе. При этом производится регулировка угла наклона стола и количество подаваемой на стол воды так, чтобы основная масса тяжелых минералов перешла в концентрат. Контроль качества выделяемых хвостов осуществляется с помощью фарфоровой чашки. Для этого в фарфоровую чашку отбирают небольшие порции слива со стола по его периметру, начиная от мест слива шламов и заканчивая точками выхода концентрата. Регулировку параметров стола можно считать законченной, если при изменении угла наклона и количества подаваемой на стол воды уменьшить потери тяжелых минералов с хвостами не удаётся.

После того как процесс будет отрегулирован, прекращается загрузка на стол обогащаемого материала и дорабатывается весь материал с деки стола. После этого начинается основной опыт.

Основной опыт

Для основного опыта берут навеску исходного материала в количестве 7-8 кг. Не изменяя параметров стола, полученных при предварительной регулировке, производят равномерную по времени

загрузку исходного материала на стол. При этом замеряют время загрузки (время работы стола при поступлении исходного материала). При работе стола собирают только концентрат. Массу хвостов определяют из уравнения баланса.

Определение параметров работы стола

После загрузки стол работает до тех пор, пока вся руда не сойдёт с деки стола. Затем стол останавливают и производят замеры:

1) расхода воды, подаваемой в загрузочный жёлоб;
2) расхода смывной воды;
3) амплитуды колебания стола;
4) частоты качания стола;
5) угла поперечного и продольного наклона деки стола.

Замеры расходов смывной воды и воды, подаваемой в загрузочный жёлоб, осуществляют с помощью любой ёмкости для сбора воды, секундомера и мерного цилиндра. Амплитуду качаний стола замеряют зарисовкой диаграммы движения деки на листе бумаги. Для этого линейкой измеряют расстояние между двумя максимальными пиками, полученное значение делят пополам. Частоту качаний стола в минуту определяют с помощью секундомера и зарисованной диаграммы движения деки стола. Диаграмму необходимо привести в отчёте. Углы продольного и поперечного наклона деки стола фиксируют с помощью угломера трёхкратным замером. За действительный угол наклона деки принимается среднее арифметическое трёх замеров.

Обработка результатов опытов

Производительность стола определяют по формуле, т/ч:

$$Q = 3{,}6\ q/t, \qquad (8.1)$$

где q – навеска руды для основного опыта, кг; t – длительность загрузки исходного материала на столе, с.

Расход воды, подаваемой в загрузочный жёлоб, м^3/ч:

$$W_3 = 3{,}6\ V/t, \qquad (8.2)$$

где V – количество воды, поступающей в загрузочный жёлоб за время t, л; t – продолжительность отбора воды V_1, с.

Отношение Т:Ж в питании определяется как Q / W_3.

Расход смывной воды, м^3/ч:

$$W_C = 3{,}6\ V_1/t_1.$$

где V_1 – количество воды, поступающей в жёлоб смывной воды за время t_1, л; t_1 – продолжительность отбора воды V_1, с.

От полученных концентрата и хвостов отбирают пробы по 100-150 г, высушивают, определяют их плотность с помощью пикнометра и рассчитывают коэффициент контрастности как отношение плотности полученных концентрата и хвостов:

$$К = \delta_к/\delta_х,$$

где $\delta_к$, $\delta_х$ – плотности тяжёлого и лёгкого продуктов разделения соответственно, определяемые с помощью пикнометра.

Оформление отчёта

В начале отчёта должна быть сформулирована цель работы.

Необходимо привести схематичное изображение концентрационного стола. Результаты опыта, результаты расчётов и замеров записывают в таблицы 8.1, 8.2.

Таблица 8.1 – Условия проведения опыта

Расход воды, м^3/ч		**Производительность по исходному, т/ч**	**Амплитуда качаний деки, мм**	**Частота качаний деки, мин$^{-1}$**	**Отношение Т:Ж в питании**	**Угол наклона деки стола, град.**	
смывной	**подаваемой в загрузочный жёлоб**					**продольный**	**поперечный**
$W_С$	$W_З$	Q	A	n	$Q / W_З$	φ_1	φ_2

Таблица 8.2 – Технологические показатели обогащения на концентрационном столе

Наименование продуктов обогащения	**Масса, кг**	**Выход, %**	**Массовая доля, %**	**Извлечение, %**	**Плотность, кг/м^3**
Концентрат	$M_к$	$\gamma_к$	β	$\varepsilon_к$	$\delta_к$
Хвосты	$M_х$	$\gamma_х$	ϑ	$\varepsilon_х$	$\delta_х$
Итого:	**ΣM_i**	**$\Sigma\gamma_i$=100**	**α**	**$\Sigma\varepsilon_i$**	**К**

В выводе следует проанализировать полученные результаты, приведя значения коэффициента контрастности (К), степени концентрации и извлечения тяжёлых минералов в концентрат.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

РАБОТА НА ВИНТОВОМ СЕПАРАТОРЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством и принципом действия винтового сепаратора, а также регулирование процесса обогащения на нём.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- винтовой сепаратор с приёмником для продуктов обогащения;
- обогащаемый материал (по указанию преподавателя);
- секундомер;
- сосуд для определения расхода воды;
- металлическая линейка;
- фарфоровая чашка.

Методика проведения работы

Настройка сепаратора

Необходимо отрегулировать количество воды, подаваемой в питающий жёлоб для транспортирования исходного материала, и количество смывной воды, подаваемой с внутреннего борта сепаратора перед отсекателями.

Предварительную регулировку положения отсекателей выполняют так, чтобы ширина потока подаваемой в сепаратор воды была не меньше расстояния от внутреннего жёлоба до наружного вертикального борта сепаратора.

Работа сепаратора

Постепенно открывают шибер питателя бункера и одновременно в бункер подают воду для разжижения питания. Количество исходной пульпы, подаваемой в сепаратор, должно быть достаточным для равномерного распределения материала по всей ширине потока воды.

Одновременно с изменением количества пульпы вновь регулируют количество смывной воды, подаваемой с внутреннего борта сепаратора, и положение отсекателей. Отсекатели устанавливают таким образом, чтобы в первом разгрузочном (концентратном) отверстии получить относительно чистый концентрат (по визуальному наблюдению). Отсекатели второго и третьего разгрузочных отверстий (промпродуктовых) регулируют чистоту хвостов в сливе. Каче-

ство хвостов контролируют отбором проб с помощью фарфоровой чашки и визуального контроля.

После того как параметры сепаратора будут отрегулированы, ёмкости для сбора концентрата и промпродуктов разгружаются и проводится основной опыт.

Проведение опыта

Для основного опыта берётся навеска исходного материала в количестве 7-8 кг. Часть навески загружается в бункер сепаратора. Начало подачи материала в сепаратор отмечается по часам или включением секундомера. По мере разгрузки оставшийся исходный материал догружается в бункер. После выработки питания секундомер останавливается, фиксируется окончание опыта. При проведении основного опыта параметры работы сепаратора остаются постоянными и не регулируются. По окончании опыта из приёмников концентрата и промпродуктов сливают воду. Полученные продукты взвешивают. Данные заносят в таблицу 9.1. От каждого из полученных продуктов отбирают пробу массой 150-180 г. Пробы высушивают, и с помощью пикнометра определяют их плотности для расчёта коэффициента контрастности. Данные о массовой доле ценного компонента в продуктах обогащения задаёт преподаватель.

Таблица 9.1 – Технологические показатели обогащения на винтовом сепараторе

Наименование	**Масса, кг**	**Выход, %**	**Массовая доля ценного компонента, %**	**Извлечение, %**	**Плотность, кг/м^3**
Концентрат	$M_к$	$\gamma_к$	β	$\varepsilon_к$	$\delta_к$
Промпродукт 1	$M_{пп1}$	$\gamma_{пп1}$	$\beta_{пп1}$	$\varepsilon_{пп1}$	$\delta_{пп1}$
Промпродукт 2	$M_{пп2}$	$\gamma_{пп2}$	$\beta_{пп2}$	$\varepsilon_{пп2}$	$\delta_{пп2}$
Хвосты	$M_х$	$\gamma_х$	ϑ	$\varepsilon_х$	$\delta_х$
Исходный продукт	**ΣM_i**	**100,00**	**α**	**100,00**	**δ**

По окончании опыта замеряют следующие параметры сепаратора:

1) средний диаметр винтового жёлоба;

2) шаг спирали жёлоба;

3) расход смывной воды, подаваемой перед каждым из отсекателей, и расход воды, подаваемой в начало жёлоба (транспортной);

4) отношение Т:Ж в питании.

Расход смывной воды, транспортной воды, а также воды, подаваемой для разжижения твёрдого, замеряется путём отбора сливающейся из жёлоба воды за единицу времени в следующей последовательности:

1) при всех открытых кранах и зажимах;

2) при отключении воды, подаваемой в начало жёлоба;

3) при отключении сливной воды, подаваемой с внутреннего борта перед последним отсекателем, и т. д.

Расход воды, $м^3/ч$:

$$W = 3{,}6\ V/t,$$

где V – объём воды, поступающей за единицу времени t, л; t – время проведения опыта, с.

Производительность сепаратора, т/ч:

$$Q = 3{,}6\ q/t,$$

где q – навеска руды для опыта, кг; t – время проведения опыта, с.

Оформление отчёта

В отчёте следует привести в виде рисунка эскиз сепаратора и указать способы регулирования процесса обогащения в нем. Приводят краткое описание хода выполнения работы. Условия проведения опыта приводят в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Условия проведения опыта

Диаметр спирали жёлоба, м	**Шаг спирали жёлоба, м**	**Число витков винтового жёлоба**	**Производительность по исходному, т/ч**	**Т:Ж в питании**	**Расход воды, $м^3/ч$**				
					транспортной	**перед**			**общий**
						первым отсекателем	**вторым отсекателем**	**третьим отсекателем**	
D	*s*	*n*	*Q*	*Q/W*	W_T	W_1	W_2	W_3	*W*

В конце отчёта следует дать анализ полученных результатов. Для этого использовать следующие показатели: контрастность полученных продуктов по плотности, степень концентрации, извлечение тяжёлых минералов в концентрат и промежуточные продукты.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

РАБОТА НА ПОЛОЧНОМ ВОЗДУШНОМ СЕПАРАТОРЕ

Пояснение к работе

Воздушные сепараторы используют при обогащении руд, зёрна которых отличаются по форме (например, слюдосодержащие руды). Процесс разделения минералов основан на различии в скоростях витания пластинчатых частиц слюды и округлых зёрен породы. Воздушный сепаратор состоит из полочного устройства, включающего разгонную пластину разделительной камеры, и всасывающей воздушной камеры. Полочное устройство предназначено для предварительной стратификации минералов перед вводом в рабочую камеру. Угол наклона разгонной пластины зависит от коэффициентов трения разделяемых минералов. Для эффективного разделения целесообразно проводить предварительную классификацию обогащаемой руды. При сходе с полочного устройства в разделительную камеру пластины слюды и породные зёрна падают по разным траекториям. Благодаря налагаемому воздействию воздушного потока, отсасываемого в направлении под полку, усиливается различие в траекториях движения частиц. Пластины слюды увлекаются в циклон, остальная часть при помощи шиберов делится на три продукта: породу, промпродукт 1 и промпродукт 2. Порода выводится из процесса воздушной сепарации, промпродукт 1, содержащий сростки слюды и породы, поступает на доизмельчение и повторное обогащение, промпродукт 2, состоящий из чешуек слюды с некоторым количеством породы, возвращается в процесс воздушной сепарации как циркулирующий продукт. Скорость воздушного потока регулируется с помощью заслонки.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- исследуемый материал (выдаётся преподавателем);
- воздушный полочный сепаратор с вентилятором;
- рулетка или мерная линейка;
- секундомер;
- угломер;
- анемометр;
-лабораторные весы.

Методика проведения работы

Настройка сепаратора

Устанавливаются заданные параметры (углы наклона полки и трамплина). В бункер сепаратора загружается навеска исследуемого материала (2-3 кг). Включается вентилятор и на полочное устройство сепаратора подаётся исходный материал. Во время движения материала производится регулировка процесса изменением скорости воздушного потока и положения шиберов. После регулировки параметров сепаратора приёмники для сбора продуктов разгружают и начинают основной опыт.

Проведение опыта

Для основного опыта берётся навеска исходного материала в количестве 5 кг. Навеска загружается в бункер сепаратора. С помощью секундомера определяется продолжительность опыта. При проведении основного опыта параметры работы сепаратора остаются постоянными.

По окончании опыта из приёмников разгружают полученные продукты (концентрат, промежуточные продукты и хвосты) и взвешивают. Полученные результаты разделения записывают в таблицу 10.1, условия проведения опыта – в таблицу 10.2.

Таблица 10.1 – Технологические показатели разделения на полочном воздушном сепараторе

Наименование продуктов	**Выход**		**Массовая доля полезного компонента, %**	**Извлечение, %**	**Насыпная плотность, кг/м^3**
	кг	**%**			
Концентрат	$M_к$	$\gamma_к$	β	$\varepsilon_к$	$\rho_к$
Промпродукт 1	$M_{пп1}$	$\gamma_{пп1}$	$\beta_{пп1}$	$\varepsilon_{пп1}$	$\rho_{пп1}$
Промпродукт 2	$M_{пп2}$	$\gamma_{пп2}$	$\beta_{пп2}$	$\varepsilon_{пп2}$	$\rho_{пп2}$
Хвосты	$M_х$	$\gamma_х$	ϑ	$\varepsilon_х$	$\rho_х$
Исходный продукт	$\boldsymbol{\Sigma M_i}$	**100,00**	**α**	**100,00**	**К**

Таблица 10.2 – Условия проведения опыта

Длина полки, см	**Длина трамплина, см**	**Ширина полки, см**	**Удельная производительность, т/(ч·м)**	**Угол наклона, град.**		**Скорость воздуха, м/с**
				полки	**трамплина**	
$L_п$	$L_т$	B	q	$\varphi_п$	$\varphi_т$	v

Обработка результатов опыта

Производительность сепаратора, т/ч:

$$Q = 3{,}6\ P/t, \qquad (10.1)$$

где P – навеска руды для основного опыта, кг; t – длительность загрузки исходного материала в сепаратор, с.

Удельная производительность, т/(ч·м):

$$q = Q/B, \qquad (10.2)$$

где B – ширина полки сепаратора, м.

Скорость воздушного потока замеряют при помощи анемометра и пересчитывают по тарировочному графику. Насыпные плотности исходного и получаемых продуктов определяют взвешиванием данных продуктов после определения объема, занимаемого материалом, в мерном цилиндре.

Оформление отчёта

Необходимо привести в виде рисунка схематичное устройство полочного воздушного сепаратора. Привести полученные результаты, проанализировать их.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

РАБОТА НА ЦЕНТРОБЕЖНОМ КОНЦЕНТРАТОРЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством и принципом действия центробежного концентратора.

Пояснение к работе

Центробежные концентраторы находят применение для извлечения мелко- и тонкодисперсных частиц повышенной плотности, например, при переработке руд драгоценных металлов.

Принцип действия безнапорных центробежных сепараторов основан на разделении в пульпе частиц по плотности в центробежном поле, создаваемом за счёт вращения конусной чаши с пазами. При вращении чаши центробежная сила прижимает тяжёлые частицы к стенкам чаши, и они оседают в пазах концентратора, лёгкие частицы вместе с жидкой фазой поднимаются по боковым стенкам конусной чаши вверх, выбрасываются внутрь корпуса и удаляются из концентратора.

При работе центробежного концентратора под действием центробежной силы в пазы осаждаются не только тяжёлые, но и круп-

ные лёгкие частицы. Если не принимать никаких мер, то пазы быстро запрессовываются лёгкой фракцией, стенки чаши становятся практически гладкими и процесс накопления тяжёлых частиц прекращается. Для обеспечения эффективного разделения минералов в центробежных концентраторах осуществляется разрыхление материала в пазах конусной чаши, которое исключает запрессовку пазов и способствует удалению из них лёгких частиц.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- центробежный концентратор;
- лабораторные весы;
- материал для обогащения – смесь кварцевого песка и пиритного концентрата одинаковой крупности (выдаётся преподавателем);
- анализатор проб;
- секундомер;
- сосуд для измерения расхода воды.

Методика проведения работы

Бригады получают одинаковые пробы исходного материала с заданной массовой долей пиритного концентрата.

Разделение на центробежном сепараторе выполняют при различном (заданной преподавателем) значении расхода разрыхляющей воды. Каждая из бригад выполняет опыт при индивидуально заданном режиме разделения.

В начале работы необходимо подключить концентратор к однофазному источнику электропитания 220 В и к источнику водоснабжения.

Запускают двигатель и с помощью частотного преобразователя устанавливают частоту вращения конусной чаши. Открывают кран для подачи в концентратор транспортной воды. С помощью мерного цилиндра определяют расход транспортной воды. Каждая из бригад придерживается одного и того же значения расхода транспортной воды.

Через турбулизатор при заданном для каждой бригады давлении подаётся разрыхляющая вода. Исходное питание подаётся в приёмную воронку концентратора. В момент начала подачи питания включают секундомер, отмечая начало опыта.

По окончании загрузки питания секундомер выключают. Затем осуществляют промывку материала в пазах разрыхляющей водой,

определив при этом время промывки. После промывки прекращают подачу транспортной и разрыхляющей воды в концентратор, затем останавливают чашу и с помощью рычага поднимают клапан на дне чаши. Частотным преобразователем устанавливают небольшую частоту вращения конуса, с помощью разрыхляющей воды осуществляют вымывание из пазов тяжёлой фракции, которая через специально предусмотренные отверстия удаляется из центробежного концентратора в приёмник концентрата.

Полученные в ходе опыта продукты разделения высушивают в сушильном шкафу, взвешивают, определяют их плотность с помощью пикнометра, вычисляют коэффициент концентрации. От каждого продукта отбирают навеску для анализа продуктов по массовой доле железа на рентгенофлуоресцентном сепараторе. Результаты разделения приводят в таблице 11.1. Условия проведения опыта приводят в таблице 11.2.

Обработка результатов опыта

Производительность сепаратора, т/ч:

$$Q = 3{,}6\ q/t, \qquad (11.1)$$

где q – масса исходной пробы, кг; t – время опыта, с.

Расход транспортной воды, $м^3$/ч:

$$W_{тр} = 3{,}6\ V/t, \qquad (11.2)$$

где V – объём воды, $см^3$; t – время, за которое набран объём V, с.

Таблица 11.1 – Технологические показатели разделения на центробежном концентраторе

Наименование продуктов	**Выход**		**Массовая доля полезного компонента, %**	**Извлечение, %**	**Плотность, кг/м^3**
	кг	**%**			
Тяжёлая фракция	$M_к$	$\gamma_к$	β	$\varepsilon_к$	$\delta_к$
Лёгкая фракция	$M_х$	$\gamma_х$	ϑ	$\varepsilon_х$	$\delta_х$
Исходный продукт	**ΣM_i**	**100,00**	***α***	**100,00**	**δ**

Таблица 11.2 – Условия проведения опыта

Частота вращения чаши, мин$^{-1}$	**Расход транспортной воды, м^3/ч**	**Расход разрыхляющей воды, м^3/ч**	**Производительность, т/ч**	**Т:Ж в питании**
n	$W_{тр}$	$W_р$	Q	$Q/W_{тр}$

Расход разрыхляющей воды $W_р$ определяют по графику зависимости расхода воды от давления в турбулизаторе.

Оформление отчёта

В отчёте следует привести эскиз центробежного концентратора, краткое описание опыта. Результаты опытов представить в виде зависимостей $\gamma_к=f(W_р)$, $\beta=f(W_р)$, $\varepsilon_к=f(W_р)$, в выводе проанализировать влияние расхода разрыхляющей воды на получаемые результаты разделения, определить его оптимальное значение для обогащаемого материала.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шохин, В. Н.* Гравитационные методы обогащения: учебник / В. Н. Шохин, А. Г. Лопатин – М.: Недра, 1993. – 350 с.

2. *Меринов, Н. Ф.* Гравитационные методы обогащения: конспект лекций / Н. Ф. Меринов – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горного ун-та, 2005. – 205 с.

3. *Меринов, Н. Ф.* Гравитационные методы обогащения: методические указания / Н. Ф. Меринов. – 2-е изд., исправл. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. – 31 с.

Учебное издание

Татьяна Юрьевна Овчинникова

ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности
130405 - «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ)
направления – 21.05.04 «Горное дело»

Редактор Устьянцева Л. В.

Компьютерная вёрстка *Т. Ю. Овчинниковой*

Подписано в печать 08.02.2016 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 2,375. Уч.-изд. л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ №13

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.09 ФЛОТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Бекчурина Е. А., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.10 ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета
«18» октября 2018 г.

Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Ц 96

Рецензент: *А. В. Колтунов*, кандидат технических наук,
доцент кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 4 октября 2018 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю.

Ц 96 Информационные методы ОПИ. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Информационные методы ОПИ» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения /Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 57 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Информационные методы ОПИ» и требованиями к расчёту схем и выбору оборудования при информационном обогащении.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю., 2018
© Уральский государственный
горный университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ 5
2. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ 7
2.1. Расчёт операций дробления и грохочения 7
2.2. Расчёт операций рентгенорадиометрической сепарации 12
2.3. Составление технологического баланса 18
3. РАСЧЁТ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СХЕМЫ 19
4. ВЫБОР И РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ 20
4.1. Выбор и расчёт основного оборудования 20
4.1.1. Выбор и расчёт оборудования для дробления 20
4.1.2. Выбор и расчёт оборудования для грохочения 23
4.1.3. Выбор и расчёт оборудования для сепарации 28
4.2. Выбор и расчёт вспомогательного оборудования 29
4.2.1. Выбор и расчёт потребности в автотранспорте 29
4.2.2. Расчёт объёма приёмного бункера 30
4.2.3. Выбор грузоподъёмного и транспортного оборудования 30
4.3. Складирование исходной руды и готовой продукции 31
4.4. Составление схемы цепи аппаратов 31
5. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ 32
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 40
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Исходные данные 41
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Технические характеристики дробилок 48
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Технические характеристики инерционных грохотов 51
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Технические характеристики рентгенофлуоресцентных сепараторов 52
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Условные обозначения 54
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Образец титульного листа 56
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Образец бланка задания на курсовую работу 57

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых» всех форм обучения.

Целью выполнения курсовой работы является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Информационные методы ОПИ», и приобретение навыков расчёта схем обогащения и выбора технологического оборудования для информационного обогащения и оформления проектной документации в соответствии с существующими стандартами. Курсовая работа направлена на подготовку студента к решению практических задач.

Темой работы является расчёт схемы и выбор оборудования рудосортировочного комплекса для обогащения руды с использованием рентгенорадиометрической сепарации.

В задании, выдаваемом студенту, содержатся физико-механические характеристики исходной руды и фракционный состав сортируемых классов, производительность цеха по исходной руде, технологические показатели, необходимые для расчёта качественно-количественной схемы. Задание на курсовую работу выдает преподаватель.

Курсовая работа представляется на кафедру в виде сброшюрованной пояснительной записки, оформленной на листах формата А4. Пояснительная записка (ПЗ) курсовой работы является официальным документом и оформляется, как и предлагаемое пособие, в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Содержание пояснительной записки:

- титульный лист, подписанный студентом;
- задание;
- содержание;
- текстовая часть;
- графическая часть (качественно-количественная схема, схема цепи аппаратов оформляются на листах формата А3);
- список использованных источников.

Расчёты основных технологических показателей выходов и извлечений выполняются с точностью до десятитысячных, массовой доли – до тысячных процента.

1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Типовая технологическая схема предварительного обогащения с использованием рентгенорадиометрической сепарации включает операции крупного дробления, грохочения на машинные классы, раздельную рентгенорадиометрическую сепарацию каждого машинного класса.

Дробление исходной руды осуществляется в одну стадию.

Число машинных классов выбирается исходя из диапазона крупности обогащаемого рентгенорадиометрической сепарацией материала. При разбиении на машинные классы следует отдавать предпочтение выбору трёх классов с модулем шкалы грохочения не более 2,5. Если максимальный размер куска в питании сепарации менее 160 мм, можно в технологической схеме использовать два машинных класса.

Если выбрано три машинных класса, то при выборе границ классов следует придерживаться условия

$$d_{max1}/d_{min1} \geq d_{max2}(d_{min1})/d_{min2} > d_{max3}(d_{min2})/d_{min3},$$

где класс с индексом 1 – самый крупный; с индексом 2 – средний; с индексом 3 – мелкий машинный класс. Класс $-d_{min3}+0$ мм – несортируемый класс. Обычно применяют d_{min3}=25 мм. В дальнейшем d_{min3} обозначим как d_{min}, тогда границы мелкого машинного класса обозначим как $-d_2+d_{min}$.

Для предварительного обогащения различных руд могут применяться разные методы и оборудование. Наибольшее распространение получили следующие методы и соответствующее оборудование: рентгенофлуоресцентный (рентгеноспектральный), рентгеноабсорбционный, оптический, радиометрический.

Конечными продуктами рудосортировочного комплекса (цеха предварительного обогащения) являются концентрат, представляющий объединённые концентраты рентгенорадиометрической сепарации и несортируемый класс, и хвосты.

Технологическая схема рудосортировочного комплекса приведена на рисунке 1.

В данной курсовой работе предполагается, что покусковое распределение массовой доли полезного компонента во всех сортируемых машинных классах одинаково, то есть их фракционные составы идентичны. Это означает, что и массовые доли полезного компонен-

та в питании и продуктах всех сортируемых классов одинаковы, как показано на рисунке 1.

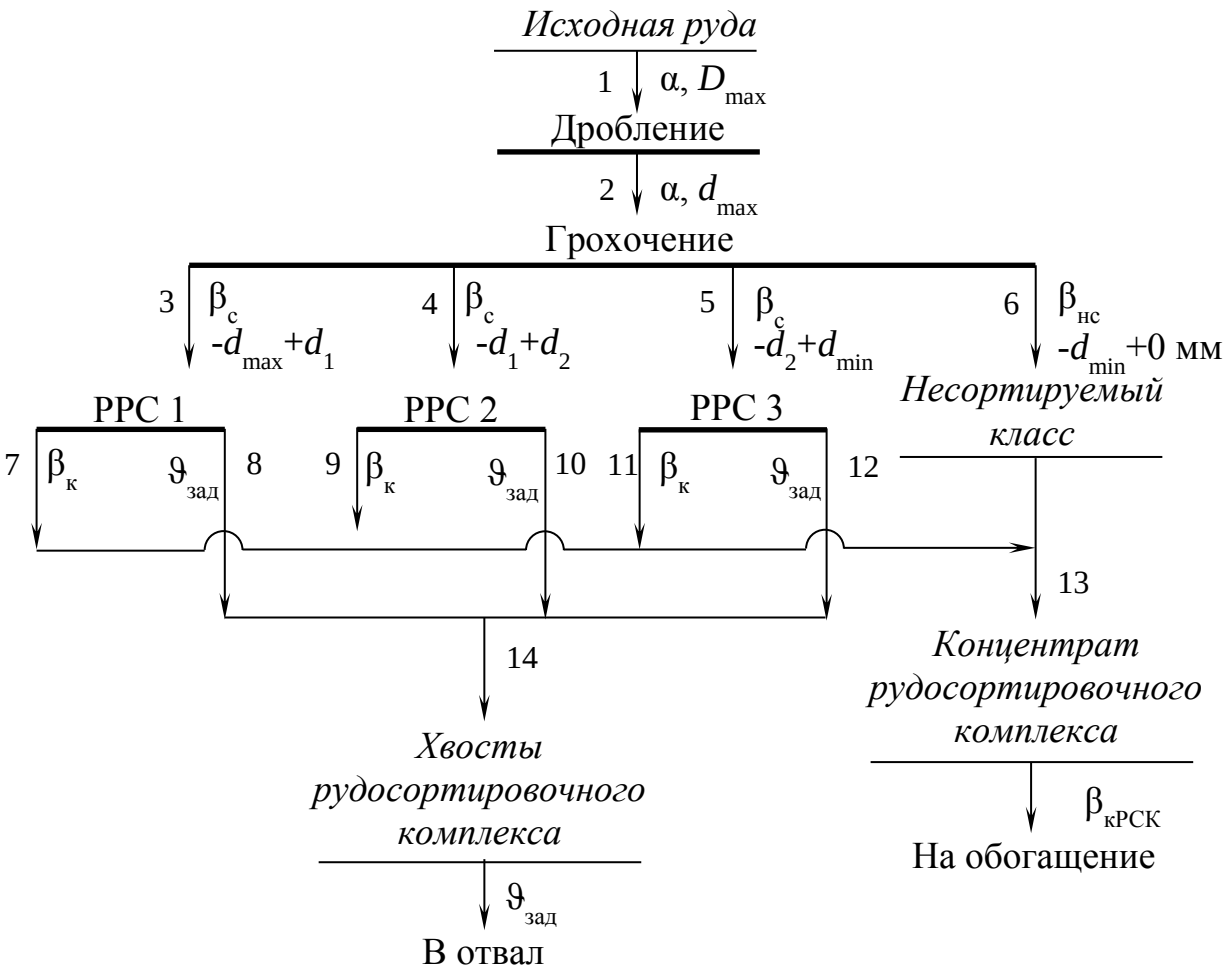


Рисунок 1 – Технологическая схема рудосортировочного комплекса с использованием рентгенорадиометрической сепарации

При дальнейших расчётах технологических показателей обогащения следует руководствоваться следующими соотношениями:

$$\beta_3=\beta_4=\beta_5=\beta_c; \quad \beta_6=\beta_{нс}; \quad \beta_7=\beta_9=\beta_{11}=\beta_к;$$

$$\beta_{13}=\beta_{кРСК}=(\gamma_7\beta_7+\gamma_9\beta_9+\gamma_{11}\beta_{11}+\gamma_6\beta_6)/(\gamma_7+\gamma_9+\gamma_{11}+\gamma_6);$$

$$\vartheta_8=\vartheta_{10}=\vartheta_{12}=\vartheta_{14}=\vartheta_{зад}.$$

Величину средневзвешенной массовой доли сортируемых классов β_c определяют по-разному для версий I и II.

Для версии I: β_c – это средневзвешенное значение массовой доли по всем кускам заданного фракционного состава сортируемых классов (таблица 3 приложения А).

Для версии II: β_c равно значению массовой доли в хвостах (ϑ) при суммарном выходе хвостов, равном 100 %, определяется по заданной кривой разделения $\gamma_x(\vartheta)$ (таблица 4 приложения А, например,

для второй цифры варианта «1» β_c=0,78 %).

При выделении несортируемого класса (индекс нс) следует учесть, что может существовать отличие массовой доли полезного компонента в машинных классах и несортируемом классе, выражаемое коэффициентом *K*, принимаемом по заданию (таблицы 3 и 4 приложения А, в зависимости от версии), в соотношении

$$\beta_б=\beta_{нс}= K\,\beta_c. \quad (1)$$

Тогда, при известных из фракционного состава сортируемых классов β_c и заданном *K* с учётом (1), выразим массовую долю полезного компонента в исходной руде из уравнения:

$$100\alpha = \gamma_\Sigma\cdot\beta_c+(100- \gamma_\Sigma)\, K\,\beta_c.$$

$$\alpha = (\gamma_\Sigma\,\beta_c +100\, K\,\beta_c - \gamma_\Sigma\, K\,\beta_c) / 100, \quad (2)$$

где $\gamma_\Sigma = (\gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5)$ – суммарный выход сортируемых классов.

Величину массовой доли компонента в хвостах выбирают по указанию преподавателя из соотношения $\vartheta_{зад}$=(0,2-0,4)α.

Массовые доли компонента в исходной руде и отвальных хвостах определяют после расчёта выходов продуктов операции грохочения.

2. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

2.1. Расчёт операций дробления и грохочения

Расчёт операций дробления и грохочения осуществляется по методикам, освоенным студентом при выполнении курсового проекта по дисциплине «Дробление, грохочение, измельчение».

В настоящей курсовой работе схема рудоподготовки перед рентгенорадиометрическим обогащением включает в себя одну операцию дробления в открытом цикле и одну операцию грохочения.

Исходная производительность цеха по питанию, крупность, крепость и насыпная плотность руды, гранулометрическая характеристика и размер максимального куска (D_{max}) исходной руды принимают согласно заданию по таблице 1 приложения А.

Дробление

Дробление исходной руды осуществляется в открытом цикле. Считается, что степень дробления при крупном дроблении составляет 3÷4.

Далее необходимо определить ширину разгрузочной щели дробилки (*s*) с использованием относительной максимальной крупности

Z_{max} по формуле

$$s = d_{max} / Z_{max}.$$

Расчёт щели производят с округлением до миллиметра, найденное значение сверяют с техническими данными дробилок при выборе оборудования (см. п. 4.1).

Следующим этапом расчёта операции дробления является построение гранулометрической характеристики дроблёного продукта.

В технологических схемах информационного обогащения исходная руда часто подвергается дроблению в открытом цикле. Вид гранулометрической характеристики дроблёного продукта, поступающего на грохочение, имеет вид несколько отличный от вида типовой характеристики разгрузки дробилки, приводимой в литературе.

Отличие обусловлено тем, что типовые характеристики приводятся для материала, из которого предварительно отсеяли класс крупностью меньше размера разгрузочной щели дробилки (*s*), в реальных же условиях операция предварительного грохочения может отсутствовать и дроблению подвергается вся исходная руда, следовательно, гранулометрическая характеристика продукта дробления будет расчётной. Для известных гранулометрического состава исходной руды и типового гранулометрического состава разгрузки дробилки расчёт характеристики дроблёного продукта сводится к определению выходов одинаковых классов крупности в обоих известных грансоставах и их сложению с учётом их доли в грансоставе исходной руды.

Гранулометрическая характеристика исходной руды задана в таблице 1 приложения А.

В схемах информационного обогащения чаще встречается дробление в щековых дробилках, нежели в конусных. В таблице 1 приведены типовые гранулометрические составы разгрузки дробилок для стадий крупного дробления для щековых и конусных дробилок.

Расчёт гранулометрической характеристики дроблёного продукта необходимо выполнять графо-аналитическим способом, включающем в себя:

- построение двух начальных гранулометрических характеристик – исходной руды и типовой разгрузки дробилки;
- определение по ним содержаний одинаковых классов крупности;
- вычисление расчётных точек гранулометрической характеристики дроблёного продукта с последующим её построением.

Таблица 1 – Типовые гранулометрические составы разгрузки дробилок для стадии крупного дробления

Крупность классов, мм	**Суммарный выход классов по плюсу, % с учётом крепости руды**					
	щековая (щ)			**конусная (к)**		
	м	**с**	**т**	**м**	**с**	**т**
0,2 *s*	80	87	93	80	84	87
0,4 *s*	60	74	81	60	68	73
0,6 *s*	42	57	67	44	53	60
0,8 *s*	29	40	51	23	35	45
1,0 *s*	17	27	36	13	23	33
1,2 *s*	10	17	25	5	13	20
1,4 *s*	4	9	15	-	6	12
1,6 *s*	1	5	8	-	2	5
1,8 *s*	-	<1	4	-	-	3
$d_{max}=Z_{max}\,s$	0	0	0	0	0	0
Z_{max}, отн. ед.	**1,65**	**1,85**	**2,00**	**1,40**	**1,80**	**2,10**

Пример построения всех трёх характеристик приведён на рисунке 2.

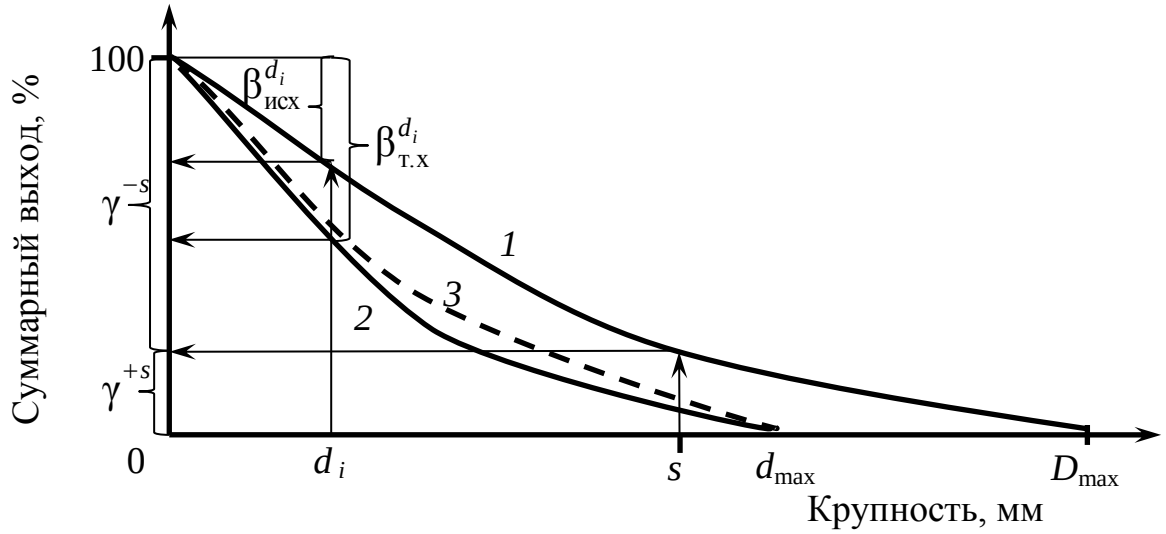


Рисунок 2 – Гранулометрические характеристики:

1 – исходной руды; *2* – типовая разгрузка дробилки; *3* – дроблёного продукта; D_{max} – максимальная крупность исходной руды, мм; *s* – размер разгрузочной щели дробилки, мм; d_{max} – максимальная крупность дроблёной руды; d_i – крупность *i*-го класса, мм (принять по правилу золотого сечения: 0,13*s*; 0,20*s*; 0,30*s*; 0,44*s*; 0,67*s*;)

Расчёт гранулометрической характеристики дроблёного продукта для каждого класса крупности осуществляется по формуле, %:

$$\beta_{\Sigma}^{d_i} = \begin{cases} \dfrac{\beta_{\text{исх}}^{d_i}\gamma^{-s} + \beta_{\text{т.х}}^{d_i}\gamma^{+s}}{100}, & \text{при} \quad d_i < s; \\ \dfrac{\beta_{\text{т.х}}^{d_i}\gamma^{+s}}{100}, & \text{при} \quad d_i \geq s, \end{cases} \qquad (3)$$

где γ^{-s} – выход класса $-s$ мм в исходной руде, %;

γ^{+s} – выход класса $+s$ мм в исходной руде, %;

$\beta_{\text{исх}}^{d_i}$ – массовая доля i-го класса по гранулометрической характеристике исходной руды, %;

$\beta_{\text{т.х}}^{d_i}$ – массовая доля i-го класса по типовой гранулометрической характеристике разгрузки дробилки, %;

$\beta_{\Sigma}^{d_i}$ – массовая доля i-го класса дроблёного продукта, %.

В курсовой работе рекомендуется следующий порядок построения гранулометрической характеристики дроблёного продукта:

1. Построить гранулометрическую характеристику исходной руды. Определить по ней выходы классов $-s$ и $+s$ мм.

2. По величине коэффициента крепости и способа крупного дробления (см. таблицу 1) построить типовую гранулометрическую характеристику разгрузки дробилки.

3. Определить массовые доли i-х классов по гранулометрическим характеристикам исходной руды и типовой разгрузки дробилки. Можно находить значения по ранее построенным графикам, либо по таблице методом линейной интерполяции. По формуле (3) рассчитать массовые доли i-х классов крупности в гранулометрической характеристике дроблёного продукта. Для удобства результаты рекомендуется оформлять в виде промежуточной таблицы вида:

d_i, мм	$\beta_{\text{исх}}^{d_i}$, %	$\beta_{\text{т.х}}^{d_i}$, %	$\beta_{\Sigma}^{d_i}$, %
0,13s	…	…	…
0,20s	…	…	…
0,30s	…	…	…
0,44s	…	…	…
0,67s	…	…	…
s	…	…	…

4. По полученным значениям построить гранулометрическую характеристику дроблёного продукта вида $\beta_{\Sigma}=f(d)$.

Грохочение

Основная задача при расчёте операций грохочения сводится к определению выходов машинных классов крупности.

Так как количество оборудования, устанавливаемого в схемах предварительного обогащения, должно быть минимально, в настоящей курсовой работе для рассева дроблёной руды рекомендуется предусмотреть установку трёхситного инерционного грохота с размерами ячеек сит, соответствующими границам машинных классов крупности.

Порядок определения выходов машинных классов крупности следующий:

По гранулометрической характеристике дроблёного продукта найти выходы (массовые доли) следующих классов в дроблёной руде: $\beta^{-d_{max}+d_1}$; β^{-d_1+0}; $\beta^{-d_1+d_2}$; β^{-d_2+0}; $\beta^{-d_2+d_{min}}$; $\beta^{-d_{min}+0}$) при идеальном грохочении (рисунок 3).

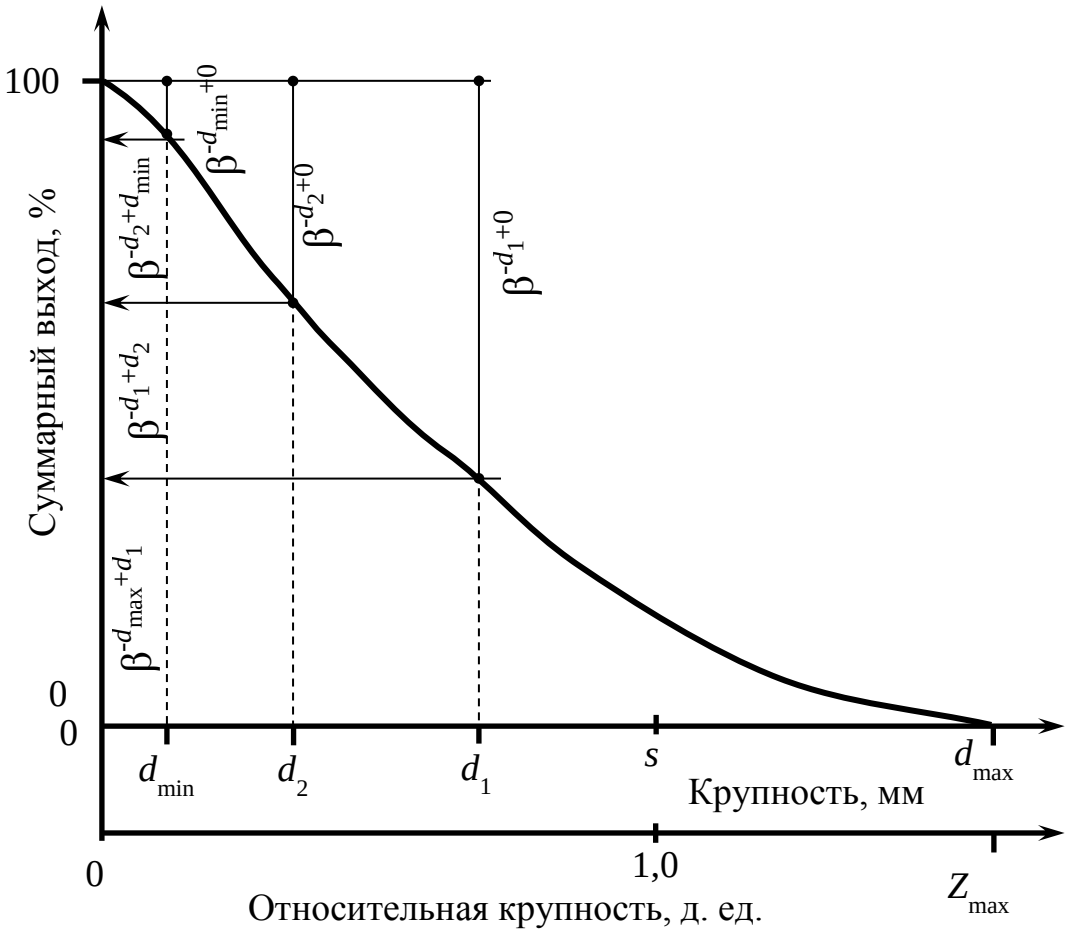


Рисунок 3 – Пример гранулометрической характеристики дроблёного продукта и определение массовой доли машинных классов при идеальном грохочении

С учётом эффективности грохочения на каждом сите (E_1, E_2, E_3) определить выходы машинных классов, %:

$$\begin{gathered}\gamma_3 = \gamma_2[\beta^{-d_{max}+d_1} + (1-E_1)\cdot \beta^{-d_1+0}];\\ \gamma_4 = \gamma_2 E_1 [\beta^{-d_1+d_2} + (1-E_2)\cdot\beta^{-d_2+0}];\\ \gamma_5 = \gamma_2 E_1 E_2 [\beta^{-d_2+d_{min}} + (1-E_3)\cdot\beta^{-d_{min}+0}];\\ \gamma_6 = \gamma_2 E_1 E_2 E_3\cdot\beta^{-d_{min}+0}.\end{gathered} \quad (4)$$

Эффективность грохочения на верхнем сите по классам крупности менее размера отверстия следующего за ним сита близка к единице. С учётом доли таких классов в исходном для грохочения материале и питании каждого сита эффективность грохочения на каждом последующем сите следует принимать меньше, чем на предыдущем. В работе следует принять эффективности грохочения на первом, втором и третьем ситах E_1=0,95; E_2=0,90; E_3=0,85 соответственно.

Подставив полученные значения выходов машинных классов и несортируемого класса в уравнение (2), вычисляют массовую долю полезного компонента в исходной для обогащения руде и определяют массовую долю компонента в отвальных хвостах.

2.2. Расчёт операций рентгенорадиометрической сепарации

Фракционные характеристики всех машинных классов полагаются идентичными, следовательно, для любой операции РРС справедливы уравнения баланса.

Рассмотрим на примере расчёта операции РРС 1. Составим уравнения баланса для этой операции:

$$\begin{cases}\gamma_3 = \gamma_7 + \gamma_8; & (5)\\ \beta_3\gamma_3 = \beta_7\gamma_7 + \gamma_8\,\vartheta_8. & (6)\end{cases}$$

Выход машинного класса γ_3 рассчитан в п. 2.1. Значение β_3 – массовая доля компонента в сортируемом классе (во всех сортируемых классах одна и та же, то есть $\beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_c$), принимается по результатам расчёта фракционного состава (версия I) или по заданной кривой разделения (версия II).

Массовая доля в хвостах $\vartheta_8=\vartheta_{зад}$. Выход хвостов операции РРС γ_8 определяют по-разному для версий I и II.

Для версии I: γ_8 – выход хвостов, рассчитанный с учётом сепарационной характеристики для различных граничных значений при-

знака разделения и определяемый графически по зависимостями вида

$$\gamma_x^c = f(P_{гр}) \text{ и } \vartheta = f(P_{гр}),$$

где ϑ – массовая доля интересующего элемента в хвостах РРС; γ_x^c – выход хвостов сортируемого класса; $P_{гр}$ – граничное значение признака разделения. В рентгенофлуоресцентном методе за признак разделения принимают аналитический параметр, представляющий собой спектральное отношение числа импульсов вторичного характеристического рентгеновского излучения интересующего элемента к числу импульсов в выделенной спектральной области рассеянного рентгеновского излучения.

Для версии II: γ_8 – выход хвостов, определяемый графически по кривой разделения $\gamma_x^p = f(\vartheta)$ для заданного отвального содержания компонента в хвостах $\vartheta_{зад} = \vartheta_8$.

Для обеих версий при определении γ_8 следует помнить, что найденный по графику выход является выходом ***к операции***, чтобы получить значение этого выхода ***к схеме,*** нужно найденное по графику значение выхода умножить на долю сортируемого машинного класса, поступающего в операцию.

После определения γ_8, по уравнению (5) находят γ_7. Затем уравнение (6) решают относительно единственного оставшегося неизвестного β_7.

Аналогично рассчитывают и операции РРС 2 и РРС 3, причём для этих операций нужно рассчитать лишь выходы к схеме продуктов разделения.

Версия I. Определение выхода хвостов операции РРС – γ_x^c

Для прогноза результатов обогащения необходимо использовать параметры сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора, приведённые в таблице 2 приложения А, и данные покусковых фракционных характеристик руды, приведённые в таблице 3 приложения А. Фракционный состав и сепарационные характеристики для всех машинных классов принимаются идентичными.

Наиболее точный прогноз выхода хвостов γ_x^c можно осуществить, используя при расчёте сепарационную характеристику рентгеновского сепаратора $\varepsilon_к(P)$. При расчётах полагается, что множество кусков, имеющих некоторое значение аналитического параметра P_i, при разделении в сепараторе будет распределяться между концентратом и хвостами в соответствии с вероятностью $\varepsilon_{кi}(P_i)$ и

$\varepsilon_{xi}(P_i)=1 - \varepsilon_{ki}(P_i)$.

Если принять, что сепарационная характеристика рентгенорадиометрического сепаратора имеет вид прямой с углом наклона φ и средним вероятным отклонением E_{pm} (рисунок 4), то вероятность извлечения каждого куска из покускового распределения с известным фракционным составом (массой m_i, массовой долей компонента α_i и значением признака разделения P_i) в концентрат можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon_{ki}(P_i)=\begin{cases}0, & \text{при } P_i \le P_A;\\ 0{,}5 + 0{,}25P_i / E_{pm} - P_{гр} / \operatorname{tg}(90-\varphi), & \text{при } P_A < P_i < P_B;\\ 1, & \text{при } P_i \ge P_B.\end{cases} \qquad (7)$$

Если рассчитанное значение $\varepsilon_{ki}(P_i)\le 0$, следует принимать $\varepsilon_{ki}(P_i)=0$, если $\varepsilon_{ki}(P_i)\ge 1$, следует принимать $\varepsilon_{ki}(P_i)=1$, во всех остальных случаях принимают рассчитанное значение $\varepsilon_{ki}(P_i)$.

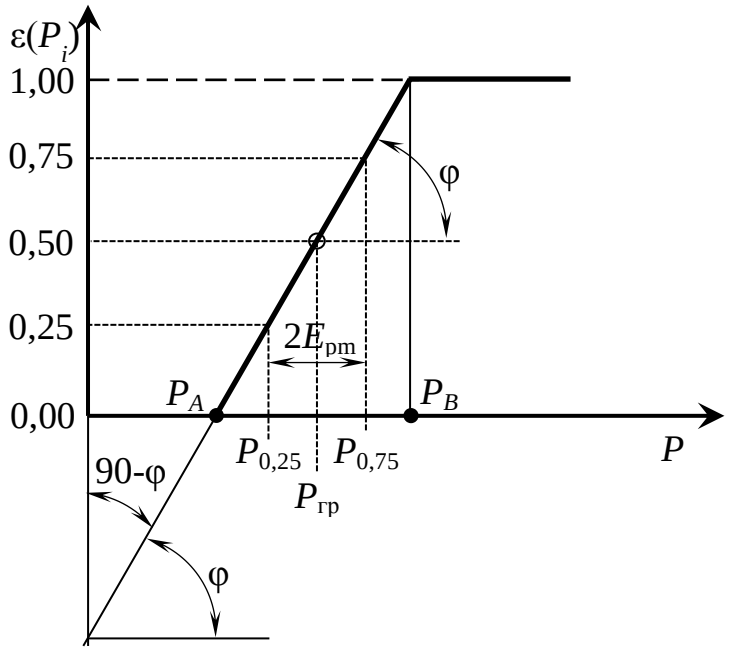


Рисунок 4 – К выводу формулы сепарационной характеристики

Расчёты ведутся при различных значениях $P_{гр}$ с определением γ_{xi} и ϑ_i. Варьирование начинается с малых значений в области близкой P_{min} и заканчивается после превышения ϑ_i величины $\vartheta_{зад}$.

Расчёт величин $P_{гр}$ рекомендуется выполнять по формуле:

$$P_{грi}= P_{min}+m\cdot(P_{max}-P_{min})/20,$$

где m – количество расчётных значений $P_{гр}$, (m =1…20).

Далее по известным формулам расчёта технологических показателей с учётом сепарационной характеристики можно для любого

заданного граничного значения $P_{\text{гр}}$ определить выход хвостов и массовую долю полезного компонента в них:

$$\gamma_{\text{х}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i(1-\varepsilon_{\text{к}i}(P_i))}{\sum_{i=1}^{n} m_i};$$

$$\vartheta = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i(1-\varepsilon_{\text{к}i}(P_i))\alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i(1-\varepsilon_{\text{к}i}(P_i))}.$$

Для удобства дальнейших вычислений рекомендуется результаты расчётов сводить во вспомогательную таблицу. Пример таблицы приведён ниже.

Граница разделения, $P_{\text{гр}}$, у. е.	**Суммарный выход хвостов, %**	**Массовая доля в хвостах, %**
$P_{\text{гр}1}$	$\gamma_{\text{х}1}$	ϑ_1
$P_{\text{гр}2}$	$\gamma_{\text{х}2}$	ϑ_2
…	…	…
$P_{\text{гр}(m-1)}$	$\gamma_{\text{х}(m-1)}$	$\vartheta_{(m-1)}$
$P_{\text{гр}m}$	$\gamma_{\text{х}m}$	$\vartheta_{\text{х}m}$

Результатом расчёта будут являться зависимости вида $\gamma_{\text{х}}^{\text{с}}=f(P_{\text{гр}})$ и $\vartheta=f(P_{\text{гр}})$, выполненные в одних осях (пример графика приведён на рисунке 5).

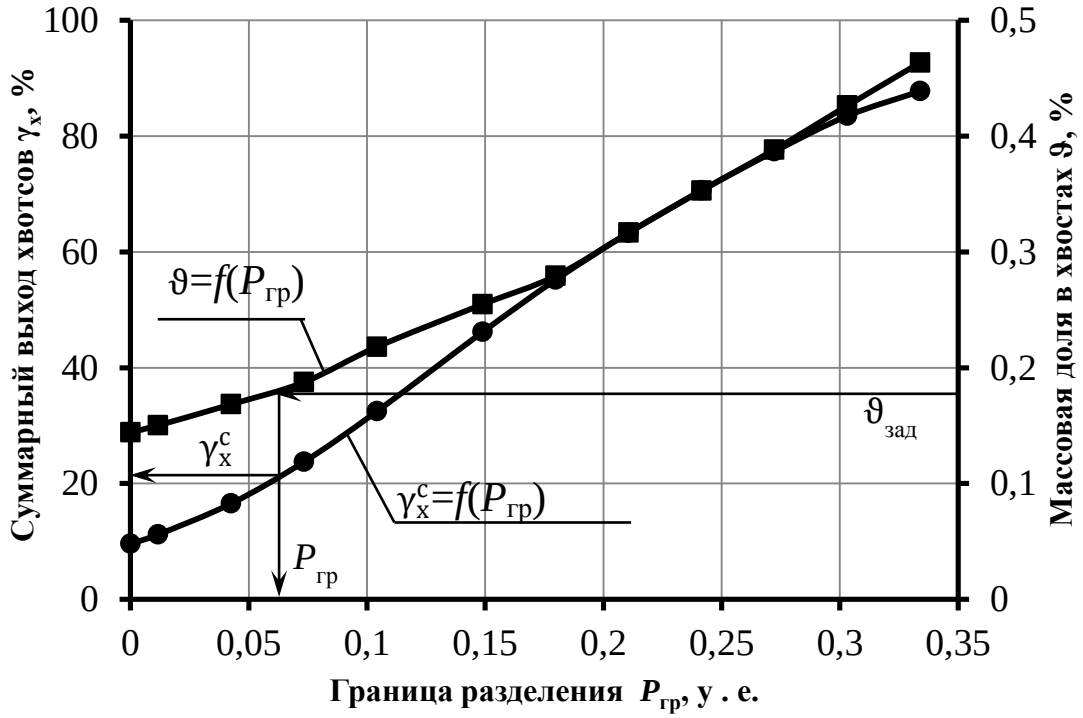


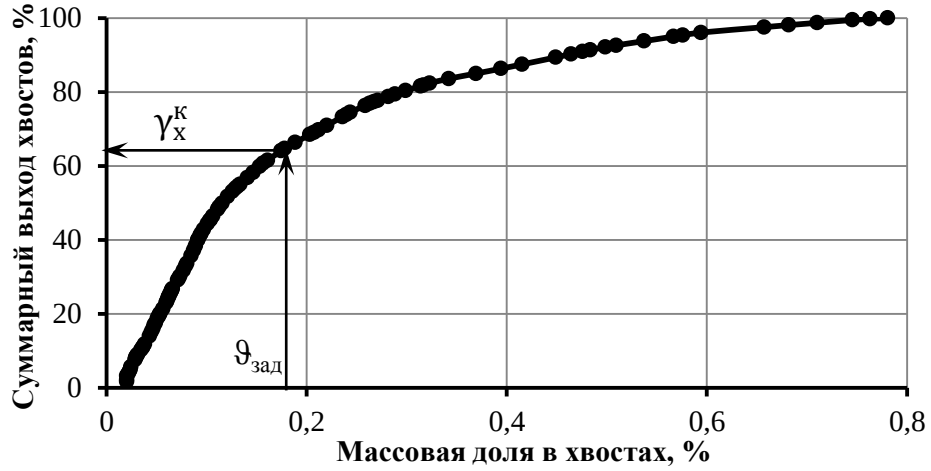
Рисунок 5 – Пример определения выхода хвостов и граничного значения признака разделения при заданной массовой доле в хвостах

Искомое значение выхода хвостов γ_x^c при $\vartheta_{зад}$, а также значение признака разделения, при котором будут достигнуты эти технологические показатели, определяются графически. Полученное значение выхода хвостов следует использовать при дальнейших расчётах качественно-количественной схемы.

Кроме того, выход хвостов следует определить по кривой контрастности и по кривой обогатимости. Для этого по фракционным характеристикам руды рассчитываются кривая контрастности $\gamma_x^к(\vartheta)$ и кривая обогатимости $\gamma_x^o(\vartheta)$, отличающиеся выбором признака разделения. Для кривой контрастности признаком разделения является массовая доля компонента, а для кривой обогатимости – значение величины аналитического параметра рентгенорадиометрического сепаратора. На рисунке 6 приведены примеры кривой контрастности и кривой разделения для сортируемых классов одной и той же руды.

Расчётами необходимо подтвердить данное высказывание.

Кривая контрастности



Кривая обогатимости

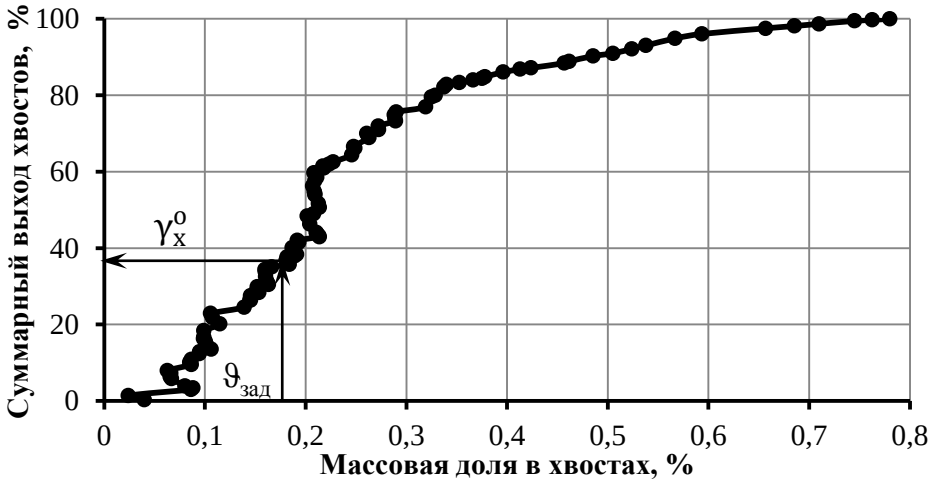


Рисунок 6 – Пример определения выхода хвостов при заданном значении массовой доли в хвостах по кривым контрастности и обогатимости

Следует отметить, что γ_8 при использовании для его получения кривых контрастности и обогатимости и с учётом сепарационной характеристики будут отличаться друг от друга: $\gamma_8^к > \gamma_8^о > \gamma_8^с$, что объясняется стохастической связью $P = f(\alpha)$ для кусков исходной руды.

Версия II. Определение выхода хвостов операции РРС – γ_x^p

Для прогноза результатов обогащения необходимо использовать кривую разделения $\gamma_x^p = f(\vartheta)$, полученную эмпирически на рентгенорадиометрическом сепараторе по результатам фракционирования руды. Кривая строится по данным таблицы 4 приложения А.

По $\vartheta_{зад}$=(0,2-0,4)α графически, как показано на рисунке 7, или интерполяцией табличных данных находят $\gamma_x^p = \gamma_8$.

Для обеих версий найденное значение γ_8 необходимо пересчитать, учитывая долю класса γ_3, поступающего в операцию РРС 1:

$$\gamma_8 = \gamma_x^p \cdot (\gamma_3/100).$$

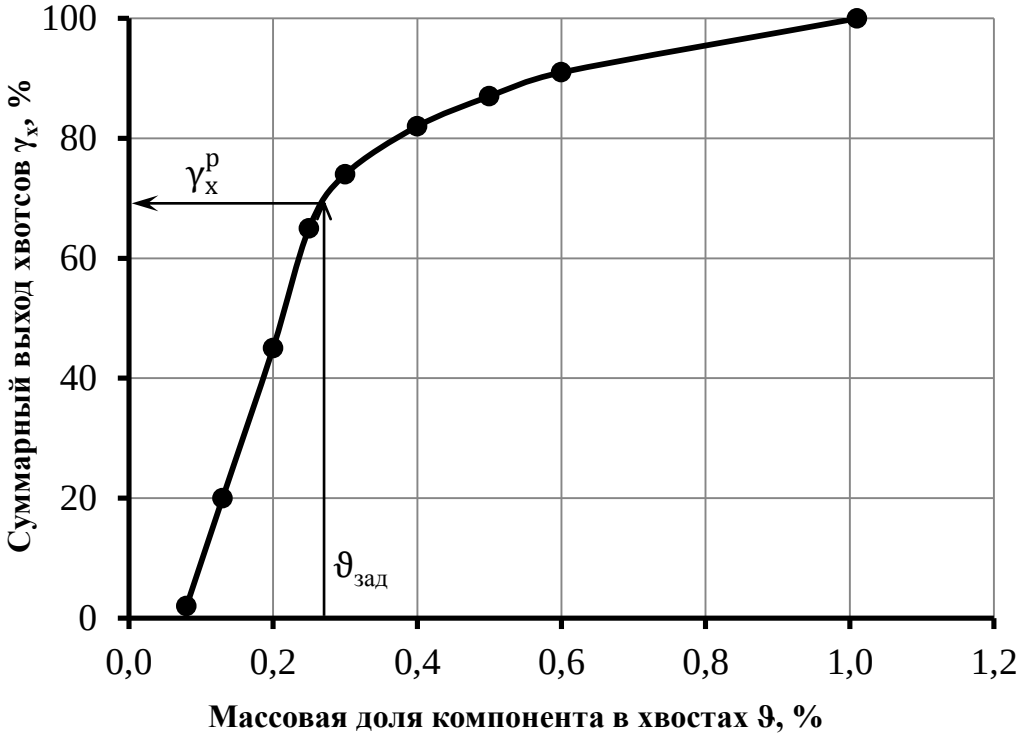


Рисунок 7 – Пример определения по кривой разделения выхода хвостов при заданной массовой доле в хвостах

Далее по уравнению (5) находят γ_7. По уравнению (6) вычисляют β_7.

Аналогично рассчитывают операции РРС 2 и РРС 3, учитывая доли классов γ_4 и γ_5 соответственно.

Так как фракционные характеристики всех сортируемых классов приняты одинаковыми, то $\beta_7=\beta_9=\beta_{11}$.

2.3. Составление технологического баланса

Балансовые расчёты по конечным продуктам сводятся в таблицу 2. При этом выход хвостов рудосортировочного комплекса и массовая доля компонента в них определяются соотношениями:

$$\gamma_{14}= \gamma_8 + \gamma_{10} + \gamma_{12};$$
$$\vartheta_{14}=\vartheta_8=\vartheta_{10}=\vartheta_{12}=\vartheta_{зад}.$$

Для концентрата рудосортировочного комплекса показатели следует принимать из условий:

$$\beta_7=\beta_9=\beta_{11};$$
$$\gamma_{13}= \gamma_7 + \gamma_9 + \gamma_{11}+ \gamma_6;$$
$$\beta_{13}\gamma_{13}= \beta_7\gamma_7 + \beta_9\gamma_9+ \beta_{11}\gamma_{11} + \beta_{нс}\gamma_6.$$

Таблица 2 – Технологический баланс продуктов обогащения

Наименование продукта	**Технологические показатели, %**		
	выход	**массовая доля**	**извлечение**
Концентрат рудосортировочного комплекса в том числе	γ_{13}	$\beta_{кРСК}=\beta_{13}$	ε_{13}
концентрат РРС 1	γ_7	$\beta_к=\beta_7$	ε_7
концентрат РРС 2	γ_9	$\beta_к=\beta_9$	ε_9
концентрат РРС 3	γ_{11}	$\beta_к=\beta_{11}$	ε_{11}
несортируемый класс	γ_6	$\beta_{нс}=\beta_6$	ε_6
Хвосты рудосортировочного комплекса в том числе	γ_{14}	$\vartheta_{зад}=\vartheta_{14}$	ε_{14}
хвосты РРС 1	γ_8	$\vartheta_{зад}=\vartheta_8$	ε_8
хвосты РРС 2	γ_{10}	$\vartheta_{зад}=\vartheta_{10}$	ε_{10}
хвосты РРС 3	γ_{12}	$\vartheta_{зад}=\vartheta_{12}$	ε_{12}
Исходная руда	100,00	α	100,00

Для каждого *i*-го продукта извлечение компонента рассчитать по формулам, %:

Для исходной руды 100

Для концентратов и промежуточных продуктов $\varepsilon_i=(\gamma_i\cdot\beta_i) / \alpha$

Для хвостов $\varepsilon_i=(\gamma_i\cdot\vartheta_i) / \alpha$

3. РАСЧЁТ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СХЕМЫ

Годовую производительность рудосортировочного комплекса $Q_г$ следует принять по заданию (приложение А, таблица 1).

Часовая производительность комплекса $Q_ч$ (т/ч) рассчитывается исходя из принятого режима его работы:

$$Q_ч = Q_г / (n \cdot n_{см} \cdot t_{см}), \quad (8)$$

где n – число рабочих суток в году; $n_{см}$ – число рабочих смен в сутки; $t_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Эти показатели следует принимать в соответствии со сложившейся практикой: n =340 сут/год; $n_{см}$ = 2 см/сут; $t_{см}$ = 11 ч. Тогда

$$Q_ч = Q_г / (340 \cdot 2 \cdot 11) = Q_г / 7480.$$

Часовая производительность по любому i-му продукту вычисляют с учётом его выхода (γ_i), т/ч:

$$Q_{чi} = Q_ч \cdot \gamma_i / 100. \quad (9)$$

В разделе составляют графическое изображение и таблицу результатов расчёта качественно-количественной схемы, форма которой приведена в таблице 3 и на рисунке 8.

Изображение качественно-количественной схемы является элементом графической части курсовой работы и помещается на лист 1. Также на листе 1 размещают таблицу технологического баланса продуктов обогащения.

Таблица 3 – Результаты расчёта качественно-количественной схемы

ПОСТУПАЕТ				**ВЫХОДИТ**			
Продукт	**Производительность, т/ч**	**Выход, %**	**Массовая доля, %**	**Продукт**	**Производительность, т/ч**	**Выход, %**	**Массовая доля, %**
Дробление							
1. Исходная руда	$Q_{ч1}$	γ_1	α	2. Дроблёная руда	$Q_{ч2}$	γ_2	α
Итого	$Q_{ч1}$	γ_1	α	**Итого**	$Q_{ч2}$	γ_2	α
Грохочение							
2. Дроблёная руда	$Q_{ч2}$	γ_2	α	3. Класс $-d_{max}+d_1$ мм	$Q_{ч3}$	γ_3	$\beta_3=\beta_c$
				4. Класс $-d_1+d_2$ мм	$Q_{ч4}$	γ_4	$\beta_4=\beta_c$
				5. Класс $-d_2+d_{min}$ мм	$Q_{ч5}$	γ_5	$\beta_5=\beta_c$
				6. Класс $-d_{min}+0$ мм	$Q_{ч6}$	γ_6	$\beta_{нс}=K\beta_c$
Итого	$Q_{ч2}$	γ_2	α	**Итого**	ΣQ_i	$\Sigma \gamma_i$	α

Окончание таблицы 3

ПОСТУПАЕТ				ВЫХОДИТ			
Продукт	**Производительность, т/ч**	**Выход, %**	**Массовая доля, %**	**Продукт**	**Производительность, т/ч**	**Выход, %**	**Массовая доля, %**
Рентгенорадиометрическая сепарация 1 (РРС 1)							
3. Класс $-d_{max}+d_1$ мм	$Q_{ч3}$	γ_3	β_3	7. Концентрат РРС 1	$Q_{ч7}$	γ_7	β_7
				8. Хвосты РРС 1	$Q_{ч8}$	γ_8	$\vartheta_8=\vartheta_{зад}$
Итого	$Q_{ч3}$	γ_3	β_3	**Итого**	ΣQ_i	$\Sigma \gamma_i$	β_3
Рентгенорадиометрическая сепарация 2 (РРС 2)							
4. Класс $-d_1+d_2$ мм	$Q_{ч4}$	γ_4	β_4	9. Концентрат РРС 2	$Q_{ч9}$	γ_9	β_9
				10. Хвосты РРС 2	$Q_{ч10}$	γ_{10}	$\vartheta_{10}=\vartheta_{зад}$
Итого	$Q_{ч4}$	γ_4	β_4	**Итого**	ΣQ_i	$\Sigma \gamma_i$	β_4
Рентгенорадиометрическая сепарация 3 (РРС 3)							
5. Класс $-d_2+d_{min}$ мм	$Q_{ч5}$	γ_5	β_5	11. Концентрат РРС 3	$Q_{ч11}$	γ_{11}	β_{11}
				12. Хвосты РРС 3	$Q_{ч12}$	γ_{12}	$\vartheta_{12}=\vartheta_{зад}$
Итого	$Q_{ч5}$	γ_5	β_5	**Итого**	ΣQ_i	$\Sigma \gamma_i$	β_5

4. ВЫБОР И РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1. Выбор и расчёт основного оборудования

4.1.1. Выбор и расчёт оборудования для дробления

Согласно практике, наиболее распространёнными дробилками для крупного дробления являются щековые и конусные как отечественного, так и зарубежного производства.

Методика выбора дробилок в зависимости от физико-механических свойств руды и других факторов приведена в литературе.

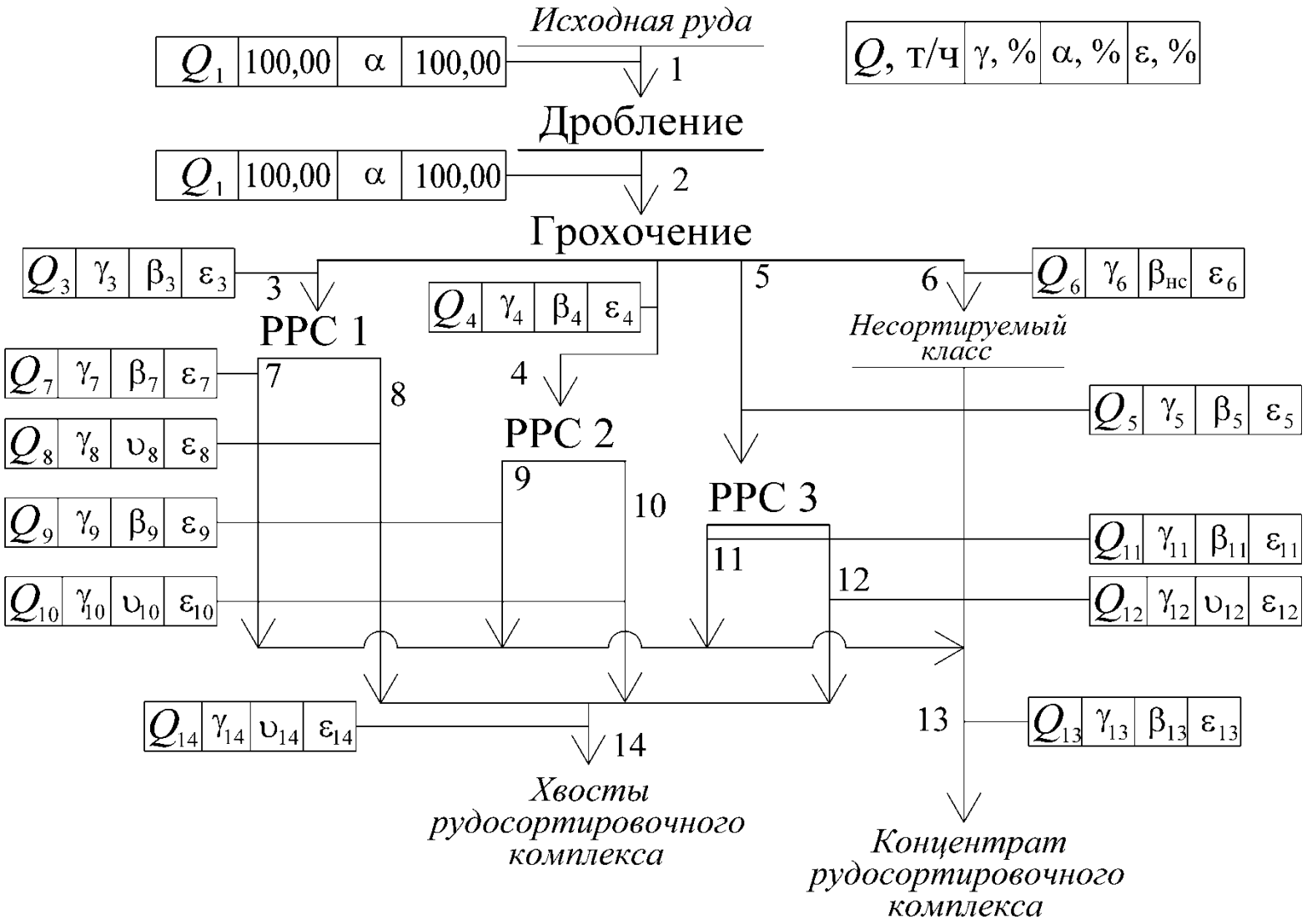


Рисунок 8 – Пример качественно-количественной схемы

Производительность дробилки в проектных условиях для дробления в открытом цикле рассчитывают по формуле, т/ч:

$$Q_{\text{проект}} = Q_{\text{кат}}\, k_{\rho}\, k_f\, k_{\text{кр}} k_{\text{вл}}, \qquad (10)$$

где $Q_{\text{кат}}$ – каталожная производительность, т/ч; k_{ρ} – поправочный коэффициент на плотность руды, $k_{\rho} = \rho_{\text{н}}/1{,}6$; $\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность руды, т/м^3, принимается по заданию (если каталожная производительность задана в м^3/ч, то вместо коэффициента k_{ρ} следует умножать на насыпную плотность руды – $\rho_{\text{н}}$, т/м^3); k_f, $k_{\text{кр}}$, $k_{\text{вл}}$ – учёт поправочными коэффициентами крепости руды, крупности питания дробилки и влажности руды. При расчёте полагать $k_{\text{вл}} = 1$, так как влажность исходной руды не более 5 %.

Так как в курсовой работе рассчитывается только одна стадия дробления, рекомендуется произвести выбор дробилки путём сравнения нескольких (не менее трёх) моделей различных производителей. В приложении Б приведены значения производительности дробилок отечественных и зарубежных производителей для номинального значения разгрузочной щели для руды средней крепости. Если значения номинальной и проектной щели не совпадают, то необходимо рассчитать каталожную производительность по формуле:

$$Q_{\text{кат.}} = Q_{\text{ном}}\, s_{\text{проект}} / s_{\text{ном}}.$$

Величины поправочных коэффициентов крепости руды, крупности питания дробилки приведены в таблице 4.

Для определения значения $k_{\text{кр}}$, зависящего от массовой доли в питании дробилки класса $-D_{\max}+0{,}5B$ мм, где B – ширина загрузочного отверстия выбранного типоразмера дробилки (принимается по приложению Б), необходимо построить график гранулометрической характеристики исходной руды. Гранулометрическую характеристику и размер максимального куска ($D_{\max}$) исходной руды принимают согласно заданию по таблице 1 приложения А.

Таблица 4 – Поправочные коэффициенты для расчёта производительности дробилок

Коэффициент	**Значения коэффициента**									
k_f	f<10			f=10÷14		f=15÷17			f≥18	
	1,20			1,00		0,95			0,90	
$k_{\text{кр}}$	Массовая доля в питании класса $-D_{\max}+0{,}5B$, (%)									
	5	10	20	25	30	40	50	60	70	80
	1,10	1,08	1,05	1,04	1,03	1,00	0,97	0,95	0,92	0,89

Количество дробилок определяют по формуле:

$$n=Q_{ч1} / (Q_{проект}\, k_{н.пит}),$$

где $k_{н.пит}$ – коэффициент неравномерности питания, принимается равным 0,85-0,95. Величины $Q_{ч1}$ и $Q_{проект}$ следует подставлять в одних и тех же единицах измерения – м^3/ч или т/ч.

Для каждого из рассматриваемых типоразмеров дробилок необходимо определить коэффициент загрузки:

$$k_{загр} = Q_{ч1} / Q_{проект}.$$

В нормах технологического проектирования рекомендуется выдерживать $k_{загр}$ не более 0,85-0,90.

Результаты расчётов представляют в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Сравнение вариантов применения дробилок

Типоразмер (модель)	**Производительность дробилки**				**Количество дробилок, шт.**	**Коэффициент загрузки, $k_{загр}$**	**Суммарная мощмощность двигателей, кВт**
	каталожная		**часовая, т/ч**	**проектная, т/ч**			
	м^3/ч	**т/ч**					
ЩДП 12×15 (СМД 118А)	$Q_{кат.}$	-	$Q_ч$	$Q_{проект}$	n	$k_{загр}$	160
СJ612	-	$Q_{кат.}$		$Q_{проект}$	n		160
С116	-	$Q_{кат.}$		$Q_{проект}$	n		132

На основании выполненных расчётов и сравнительного анализа по суммарной установленной мощности двигателей дробилок необходимо принять окончательное проектное решение.

4.1.2. Выбор и расчёт оборудования для грохочения

Практика работы предприятий предварительного обогащения руды показала, что разделение руды на машинные классы перед обогащением целесообразно проводить с применением двух- и трёхситных инерционных грохотов с размерами ячеек сит, соответствующими границам машинных классов крупности.

Взяв за основу существующие методики расчёта, позволяющие рассчитывать одно- и двухситные грохоты, можно рассчитать трёхситный грохот.

Согласно известным методикам нужно определить с учётом особенностей рассчитываемой технологической схемы необходимую для грохочения площадь на каждом сите, м^2:

$$F_i = Q_i / q_i\, \rho_н\, k\, l\, m,$$

где Q_i – производительность по каждому из сит, т/ч; q_i – удельная производительность одного квадратного метра просеивающей поверхности, $м^3/(м^2 \cdot ч)$; $\rho_н$ – насыпная плотность руды, $т/м^3$; *k*, *l*, *m* – поправочные коэффициенты.

Производительность по каждому ситу определяется с учётом выходов продуктов грохочения, рассчитанных в п. 2.1:

по первому (верхнему) ситу $Q_1 = Q_{исх}$;

по второму (среднему) ситу $Q_2 = Q_{исх}\ (100-\gamma_3)/100$;

по третьему (нижнему) ситу $Q_3 = Q_{исх}\ (100-\gamma_3-\gamma_4)/100$.

Величину удельной производительности *q* одного квадратного метра просеивающей поверхности рекомендуется принимать по справочным данным в зависимости от размера сита (таблица 6).

Таблица 6 – Поправочные коэффициенты для расчёта производительности грохотов

q	Размер отверстия сита, мм	25	30	40	50	60	70	80	100	150	220
	q, $м^3/(ч \cdot м^2)$	31	33,5	37	42	46	50	55	63	90	110
k	Массовая доля в питании зёрен $-a_i/2+0$ мм, д. ед.	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
	k, д. ед.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
l	Массовая доля в питании зёрен $+a_i$, д. ед.	0,10	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
	l, д. ед.	0,94	0,97	1,00	1,03	1,09	1,18	1,32	1,55	2,00	3,36
m	*E*, %	40	50	60	70	80	90	92	94	96	98
	m, д. ед.	2,30	2,10	1,90	1,65	1,35	1,00	0,90	0,80	060	0,40

Значения коэффициента *m*, учитывающего эффективность грохочения, приняты исходя из заданных в п. 2.1 эффективностей грохочения на каждом из сит.

Для определения поправочных коэффициентов *k* и *l* следует обратиться к гранулометрической характеристике дроблёной руды (см. рисунок 3).

Нахождение коэффициентов k и l

Коэффициент *k* определяется по массовой доле в питании зёрен размером менее половины отверстия сита, иными словами, нужно определить массовую долю класса $-a_i/2+0$ мм в питании каждого из сит.

Коэффициент *l* определяется по массовой доле в питании зёрен более размера отверстия сита (+a_i мм) в питании каждого из сит.

По аналогии с методикой расчёта коэффициентов *k* и *l* для двухситного грохота рассчитаем эти коэффициенты для трёхситного грохота.

Введём следующие обозначения, д. ед.:

$\beta_{\text{исх}}^{-d_1+0}; \beta_{\text{исх}}^{-d_2+0}; \beta_{\text{исх}}^{-d_{\min}+0}$ – массовая доля класса -a_i+0 мм в разгрузке дробилки для первого, второго и третьего сит;

$\beta_{\text{исх}}^{-d_1/2+0}; \beta_{\text{исх}}^{-d_2/2+0}; \beta_{\text{исх}}^{-d_{\min}/2+0}$ – массовая доля класса -a_i/2+0 мм в разгрузке дробилки для первого, второго и третьего сит;

$\beta_{\text{исх}}^{-d_{\max}+d_1}; \beta_{\text{исх}}^{-d_1+d_2}; \beta_{\text{исх}}^{-d_2+d_{\min}}$ – массовая доля класса +a_i мм в разгрузке дробилки для первого, второго и третьего сит;

$\beta_{\text{пит1}}^{-d_1/2+0}, \beta_{\text{пит2}}^{-d_2/2+0}; \beta_{\text{пит3}}^{-d_{\min}/2+0}$ – массовая доля класса -a_i/2+0 мм в питании первого, второго и третьего сит *(искомая величина для определения коэффициента k)*;

$\beta_{\text{пит1}}^{-d_{\max}+d_1}; \beta_{\text{пит2}}^{-d_1+d_2}; \beta_{\text{пит3}}^{-d_2+d_{\min}}$ – массовая доля класса +a_i мм в питании первого, второго и третьего сит *(искомая величина для определения коэффициента l)*;

$\gamma_{\text{пит2}}; \gamma_{\text{пит3}}$ – выход материала, поступающего на второе и третье сита;

E_1, E_2 – эффективность грохочения по классу -a_i+0 мм на первом и втором ситах.

Все величины с индексом (исх) определяют по гранулометрической характеристике, построенной в п. 2.1, величины с индексом (пит) рассчитывают по формулам, исключением являются искомые величины для первого сита. Так как питанием первого сита является разгрузка дробилки, то величины $\beta_{\text{пит1}}^{-d_1/2+0}$ и $\beta_{\text{пит1}}^{-d_{\max}+d_1}$ определяют по гранулометрической характеристике разгрузки дробилки.

Величины $\beta_{\text{пит2}}^{-d_2/2+0}$, $\beta_{\text{пит3}}^{-d_{\min}/2+0}$ и $\beta_{\text{пит2}}^{-d_1+d_2}$ и $\beta_{\text{пит3}}^{-d_2+d_{\min}}$ (д. ед.) нужно определять с учётом эффективности грохочения на первом и втором ситах. Эффективность грохочения по мелким классам на первом и втором ситах близка к единице, поэтому искомые величи-

ны для определения коэффициентов *k* и *l* найдём как:

второе (среднее) сито:

питание сита:

$$\gamma_{\text{пит2}}=\beta_{\text{исх}}^{-d_1+0}\cdot E_1;$$

массовая доля класса -a_i/2+0 мм в питании сита:

$$\beta_{\text{пит2}}^{-d_2/2+0}=\frac{\beta_{\text{исх}}^{-d_2/2+0}}{\beta_{\text{исх}}^{-d_1+0}\cdot E_1}=\frac{\beta_{\text{исх}}^{-d_2/2+0}}{\gamma_{\text{пит2}}};$$

массовая доля класса +a_i мм в питании сита:

$$\beta_{\text{пит2}}^{-d_1+d_2}=\frac{\beta_{\text{исх}}^{-d_1+0}\cdot E_1-\beta_{\text{исх}}^{-d_2+0}}{\beta_{\text{исх}}^{-d_1+0}\cdot E_1}=\frac{\gamma_{\text{пит2}}-\beta_{\text{исх}}^{-d_2+0}}{\gamma_{\text{пит2}}};$$

третье (нижнее) сито:

питание сита:

$$\gamma_{\text{пит3}}=\beta_{\text{исх}}^{-d_2+0}\cdot E_1\cdot E_2;$$

массовая доля класса -a_i/2+0 мм в питании сита:

$$\beta_{\text{пит2}}^{-d_{\min}/2+0}=\frac{\beta_{\text{исх}}^{-d_{\min}/2+0}}{\beta_{\text{исх}}^{-d_2+0}\cdot E_1\cdot E_2}=\frac{\beta_{\text{исх}}^{-d_{\min}/2+0}}{\gamma_{\text{пит3}}};$$

массовая доля класса +a_i мм в питании сита:

$$\beta_{\text{пит3}}^{-d_2+d_{\min}}=\frac{\beta_{\text{исх}}^{-d_2+0}\cdot E_1\cdot E_2-\beta_{\text{исх}}^{-d_{\min}+0}}{\beta_{\text{исх}}^{-d_2+0}\cdot E_1\cdot E_2}=\frac{\gamma_{\text{пит3}}-\beta_{\text{исх}}^{-d_{\min}+0}}{\gamma_{\text{пит3}}}.$$

Для найденных содержаний по таблице 5 методом интерполяции определяют коэффициенты *k* и *l*. Нахождение в таблицах промежуточных значений методом интерполяции подробно рассмотрено в литературе.

Учитывая, что площадь каждого последующего сита (при выделении классов от крупного к мелкому) используется меньше, чем площадь предыдущего, необходимую площадь грохочения для второго (среднего) и третьего (нижнего) сита следует откорректировать.

Обозначим необходимые площади верхнего, среднего и нижнего сит как F_1, F_2 и F_3, тогда соотношения эффективных и необходимых площадей можно выразить как:

$$F_{\text{гр2}}= F_1/0{,}7;\quad F_{\text{гр3}}= F_1/0{,}49.$$

Для удобства дальнейших вычислений рекомендуется промежуточные результаты расчётов сводить во вспомогательную таблицу. Пример таблицы приведён ниже.

Номер сита	Q_i, **т/ч**	q_i, **м³/(м²·ч)**	$\rho_н$, **т/м³**	k	l	m	***Площадь сита*, м²**	
							необходимая	эффективная
1	Q_1	87,3	$\rho_н$	k_1	l_1	0,700	F_1	-
2	Q_2	46,0		k_2	l_2	1,000	F_2	$F_{гр2}$
3	Q_2	31,0		k_3	l_3	1,175	F_3	$F_{гр3}$

Эффективная необходимая площадь грохочения грохота выбирается равной максимальному значению площади из трёх просеивающих поверхностей

$$F_{гр}=\max\{F_1; F_{гр2}; F_{гр3}\}.$$

Выбор грохота

При выборе грохотов из предполагаемых к установке руководствуются критерием минимизации суммарной установленной мощности двигателей. Поэтому назначаются конкурирующие модели и типоразмеры грохотов (приложение В). Для каждого из них рассчитывается рабочая площадь грохота по размерам просеивающей поверхности *j*-го грохота:

$$F_{рj} = 0{,}85\, B_j\, L_j,$$

где B_j и L_j – соответственно ширина и длина просеивающей поверхности *j*-го грохота, мм.

Количество грохотов каждого типоразмера определяют по формуле

$$n_j = F_{гр} / (F_{рj}\, k_{н.пит}),$$

где $k_{н.пит}$ – коэффициент неравномерности питания, принимается равным 0,85-0,95.

Для выбранных грохотов определяется коэффициент загрузки. Так же, как и в предыдущем пункте, рекомендуется делать выбор окончательного проектного решения, сведя данные о рассматриваемых типоразмерах грохотов в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты расчёта грохотов

Типоразмер (модель)	**Эффективная необходимая площадь грохота, $F_{гр}$, м^2**	**Рабочая площадь грохота, $F_{рi}$, м^2**	**Количество грохотов, шт.**	**Коэффициент загрузки, $k_{загр}$**	**Суммарная мощность двигателей, кВт**
ГИТ-53	$F_{гр}$	5,94	n	$k_{загр}$	…
1200 x 4000/3		4,08	n		…
LF1240 Type T (3-d)		4,08	n		…
Metso TS2.3		6,38	n		…

4.1.3. Выбор и расчёт оборудования для сепарации

По данным практики, применение рентгенофлуоресцентных сепараторов для предварительного обогащения руд в крупнокусковом виде показывает хорошие результаты.

В курсовой работе рекомендуется выбирать сепаратор исходя из следующих параметров: крупность сортируемых классов и производительность сепаратора.

В приложении Г приведены технические характеристики рентгенофлуоресцентных сепараторов.

Производительность рентгенорадиометрического сепаратора зависит от крупности разделяемых кусков, от плотности руды и от преобладающей формы кусков.

Расчёт проектной производительности сепаратора при указании в его паспортных данных нескольких диапазонов крупности классов сортируемой руды и пределов изменения паспортной производительности (как, например, в таблицах 1 и 2 приложения Г) следует осуществлять следующим образом:

1) определить для выбранного типоразмера сепаратора средний размер наибольшего из приведённых классов крупности:

$$d_{\max}^{\text{ср}} = \left(d_{\max}^{\max} + d_{\max}^{\min}\right)/2,$$

где $d_{\max}^{\max}$ и $d_{\max}^{\min}$ – соответственно максимальная и минимальная граничные крупности максимального класса;

2) определить по аналогии с предыдущим пунктом средний размер выбранного машинного класса крупности:

$$d_{\text{МК}}^{\text{ср}} = \left(d_{\text{МК}}^{\max} + d_{\text{МК}}^{\min}\right)/2;$$

3) вычислить коэффициент крупности по формуле

$$k^d = d_{\max}^{\text{ср}}/d_{\text{МК}}^{\text{ср}};$$

4) найти коэффициент, учитывающий плотность руды в предположении, что максимальная производительность сепараторов дости-

гается при максимальной плотности перерабатываемой руды, принимаемой по данным практики и равной 3500 кг/м^3 по формуле

$$k^{\rho}=3500/\rho_{р}=3500/(\rho_{н}\cdot 1{,}7)\ ,$$

где $\rho_{р}$ – плотность руды, связанная с насыпной плотностью $\rho_{н}$ соотношением $\rho_{р} = \rho_{н}\cdot 1{,}7$, кг/ м^3;

5) максимальная производительность Q_{max} соответствует значению коэффициента формы k_{φ}=1. Значение коэффициента формы k_{φ} следует принять по заданию, приложение Д;

6) рассчитать часовую производительность сепаратора для *i*-го машинного класса:

$$Q_{сепi} = Q_{пасп}\, k_{\varphi} / (k^{d}\cdot k^{\rho}), \qquad (11)$$

где $Q_{пасп}$ – значение паспортной производительности выбранного типоразмера сепаратора, т/ч.

7) количество сепараторов для *i*-го машинного класса определяется по формуле:

$$n = Q_i/Q_{сепi}, \qquad (12)$$

где Q_i – производительность по питанию РРС *i*-го машинного класса (продукты 3, 4, 5, рисунок 1.1), т/ч.

Результаты расчёта количества сепараторов рекомендуется представлять в табличном виде (таблица 8).

Таблица 8 – Результаты расчёта сепараторов

Сортируемый класс, мм	**Тип сепаратора**	**Производительность, т/ч**		**Количество, шт.**
		по сортируемому классу	**сепаратора**	
-350+145	…	Q_3	$Q_{сеп3}$	n
-145+60	…	Q_4	$Q_{сеп4}$	n
-60+25	…	Q_6	$Q_{сеп5}$	n

4.2. Выбор и расчёт вспомогательного оборудования

4.2.1. Выбор и расчёт потребности в автотранспорте

В настоящей курсовой работе предполагается доставлять руду в цех предварительного обогащения автомобильным транспортом. Необходимо осуществить выбор грузоподъёмности и рассчитать количество единиц автотранспорта исходя из часовой потребности цеха в руде.

В настоящее время существует несколько ведущих производителей автосамосвалов, такие как КамАЗ, БелАЗ, МАЗ, МоАЗ,

CATERPILLAR, SCANIA, VOLVO, информацию о продукции которых достаточно просто найти в сети Internet.

Количество автосамосвалов, обеспечивающих требуемую часовую производительность цеха по руде, определяется по формуле

$$n = M / Q_а,$$

где M – масса исходной руды, перерабатываемая цехом предварительного обогащения, численно равна часовой производительности РСК по исходной руде, т; $Q_а$ – грузоподъёмность автосамосвала, т.

4.2.2. Расчёт объёма приёмного бункера

При выборе оборудования для дробления следует учитывать невозможность работы щековых дробилок «под завалом». Подача исходного материала должна осуществляться равномерно, для этого необходимо предусмотреть установку бункера с питателем перед агрегатом дробления.

Бункер предназначен для обеспечения приемлемой нагрузки на питатель, его объём, м^3:

$$V_{бункера} = 1{,}5V_к,$$

где $V_к$ – объём кузова принятого автосамосвала, м^3. Объём рассчитывают исходя из грузоподъёмности автосамосвала и насыпной плотности исходной руды $V_к = Q_а / \rho_н$.

4.2.3. Выбор грузоподъёмного и транспортного оборудования

Для ремонта и обслуживания оборудования цеха предварительного обогащения необходимо выбрать грузоподъёмное оборудование. Рекомендации по выбору грузоподъёмного оборудования приведены в литературе.

Для транспортировки материала используют ленточные конвейеры. Требуемую ширину ленты конвейера приближённо можно определить по формуле, мм:

$$B=3d_{max}, \qquad (13)$$

где d_{max} – максимальная крупность транспортируемого материала, мм.

В соответствии с ГОСТ 22644-77 ширина ленты должна выбираться из следующего ряда, мм: 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 2000. Ширина ленты, полученная по формуле (13), округляется

до ближайшего большего стандартного значения.

4.3. Складирование исходной руды и готовой продукции

При непосредственной близости участка добычи руды и цеха предварительного обогащения доставка и загрузка исходной руды осуществляются автотранспортом. Однако для обеспечения бесперебойной работы рудосортировочного комплекса необходимо предусмотреть и комбинированную загрузку материала – из кузова автосамосвала и со склада исходной руды фронтальным погрузчиком. В этом случае рекомендуется предусмотреть аккумулирующий склад исходной руды полезной ёмкостью в пределах 36 часов работы оборудования.

Концентраты сортировки, несортируемый класс и хвосты сепарации отсыпаются в конусы, расположенные на открытой площадке.

4.4. Составление схемы цепи аппаратов

В курсовой работе необходимо привести описание схемы цепи аппаратов с указанием оборудования в соответствии с чертежом. Кроме того, составляется спецификация оборудования, помещаемая на чертёж или, при нехватке свободного места на чертеже, на отдельный лист.

Спецификация выполняется в виде таблицы с определёнными значениями ширины строк и столбцов (рисунок 9). В таблице каждому виду оборудования присваивается порядковый номер (графа «Поз.»), указывается его название, причём существительное ставится первым, например «Дробилка щековая», масса. В графе «Примечание» для конвейеров указывается ширина ленты, для грохотов – размер отверстий сит, для грузоподъёмного оборудования – грузоподъёмность, для бункеров и складов – объём в $м^3$.

Схема цепи аппаратов – это графическое изображение (рисунок 10) пути следования руды и продуктов обогащения через последовательно установленное технологическое оборудование с указанием также вспомогательного оборудования. Типы и количество оборудования должны быть изображены полностью, также приводятся данные по необходимому грузоподъёмному оборудованию.

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
3	СМД 118А	Дробилка щековая	1	145000	
4		Конвейер ленточный	1		B = 1200 мм
5	Metso TS2.3	Грохот инерционный	1	6000	a_1 = 145 мм
					a_2 = 60 мм
					a_3 = 25 мм
6 (1...4)	СРФ 2-300	Сепаратор рентгенофлуоресцентный	4	4100	
18		Склад концентрата	1		V = 25 000 м^3
25		Таль электрическая	1		Q = 3 т

Рисунок 9 – Спецификация оборудования

В приложении Д приведены условные обозначения основного и вспомогательного оборудования для цехов предварительного обогащения.

Схема цепи аппаратов и спецификация оборудования помещаются на лист 2 графической части курсовой работы.

5. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа представляется на кафедру в виде сброшюрованной пояснительной записки, оформленной на листах формата А4. Содержание пояснительной записки:

- титульный лист (приложение Е);
- задание (приложение Ж);
- содержание;
- текстовая часть;
- графическая часть (качественно-количественная схема, схема цепи аппаратов оформляются на листах формата А3);
- список использованных источников.

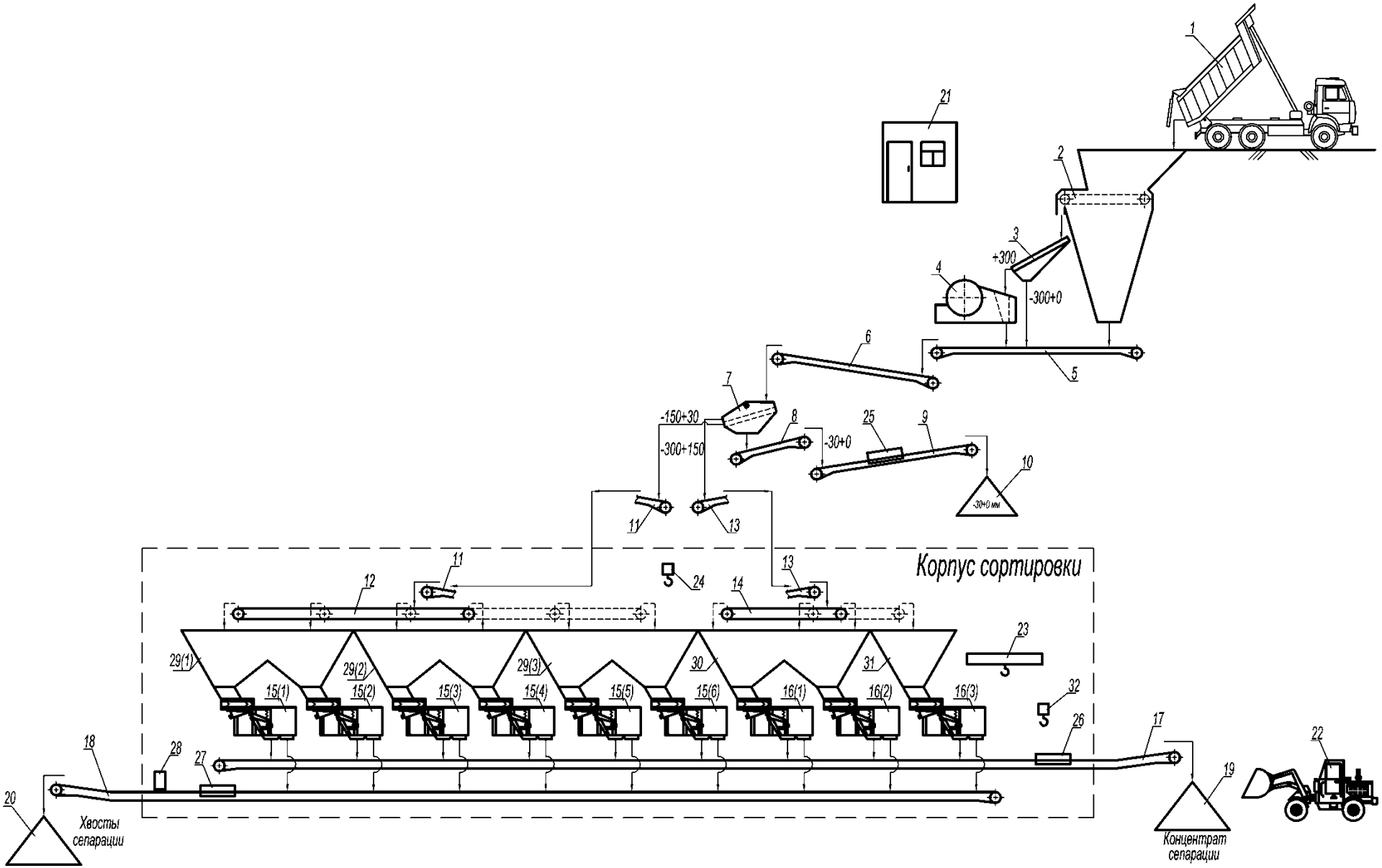


Рисунок 10 – Пример выполнения схемы цепи аппаратов

Пояснительная записка (ПЗ) курсовой работы является официальным документом и оформляется по определенным правилам в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95.

Оформление заголовков, рисунков и таблиц следует выполнять так же, как в предлагаемом пособии.

1. Титульный лист выполняется по образцу на бумаге размером 297х210 мм (формат А4). Лицо, выполнившее работу, ставит подпись на титульном листе напротив своей фамилии и дату сдачи. Лицо, проверившее работу, также расписывается на титульном листе.

2. Первой страницей ПЗ является титульный лист. Лист с содержанием является вторым. Номера страниц на первых двух листах не ставятся. В содержании записывают наименования основных разделов и подразделов, указывая их начальные страницы (листы).

3. ПЗ можно выполнять как в рукописном, так и машинописном виде. Текст выполняется на русском языке, без грамматических и орфографических ошибок.

4. При выполнении в рукописном виде цвет чернил (пасты) синий, черный или фиолетовый. Цвет должен быть одним для всей ПЗ.

При оформлении в редакторе MS Word текст рекомендуется выполнять со следующими характеристиками:

– поля: левое – 25 мм, правое 15 – мм, верхнее и нижнее – 20 мм;

– гарнитура Times New Roman; кегль 14;

– междустрочный интервал: 1,15 (1,25);

– выравнивание текста по ширине, без переносов. Каждый новый абзац начинается с отступа 1,25 см.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» двоеточие после него не ставится.

В формулах латинские буквы выполняются курсивом; греческие – обычным шрифтом. Нижний и верхний индексы – без пробела между ним и основной величиной. В индексах латинские буквы – курсивом; русские, греческие и римские цифры – обычным шрифтом.

5. Номер страницы указывается в правом нижнем углу, при

оформлении на компьютере – внизу в центре. Нумерацию страниц начинают с цифры 3.

6. При рукописном оформлении текст располагается на листах размером 297х210 мм с рамками: левое поле – 20 мм, остальные – 5 мм. Номер страницы указывается в правом нижнем углу в рамке «Лист» с размерами 10х15 мм. При необходимости формат листа может быть увеличен, но нельзя его уменьшать. Размеры увеличенного листа должны соответствовать ГОСТ 2.301-68.

7. Текст разбивается на разделы, подразделы, пункты и т. д., которым присваивается порядковый номер (арабская цифра с точкой), причем подразделы обозначаются внутри своего раздела, пункты – внутри подраздела. Количество уровней пронумерованных заголовков не более трёх, при введении подпунктов номер им не присваивается, написание подпункта выполняют жирным курсивом с выравниванием по ширине.

Заголовки разделов выполняют прописными буквами, выделение жирным шрифтом. Допускается выравнивание по центру.

Заголовки подразделов выполняют жирным шрифтом с прописной строчными буквами.

Между заголовком раздела и заголовком подраздела/пункта и началом основного текста вводится пустая строка (12 пт). Выравнивание заголовков по ширине с абзацным отступом 1,25 см. Точки в конце заголовков и подзаголовков/пунктов не ставятся.

Если в тексте перечисляются какие-то условия, факторы и т. п., то они обозначаются арабскими цифрами с точкой или круглой скобкой либо маркерами.

8. Наименования разделов, подразделов, пунктов должны быть краткими, но ёмкими.

9. Наименования (термины), которые приводятся в тексте и на иллюстрациях, должны быть одинаковыми.

10. В тексте ***не допускается***:

- применять математические знаки «-/+», следует писать «минус/плюс», кроме обозначений классов крупности;

- применять знак ∅, следует писать слово «диаметр»;

- употреблять математические знаки без цифр. Например, < (меньше или равно), > (больше или равно), ≠ (не равно), % (процент), ‰ (промилле), № (номер).

- применять различные научно-технические термины для одного и того же понятия;

- применять обозначения физических величин без цифр. Например, «...измеряется в м ...» вместо «...измеряется в метрах...»;

- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, пунктуации и государственными стандартами.

В документе следует применять стандартизированные единицы физических величин (в системе СИ). Наряду с единицами СИ при необходимости в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Например: «…1,5 т/м^3 (1,5 г/см^3)…». Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами. Например: «… испытания ***пяти*** труб, каждая длиной ***10*** м; отобрать ***14*** труб…».

Если в документе приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же физической величине, то ее указывают после последнего числового значения: «…1,5; 1,7; 22,3 мм».

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения.

11. Условные буквенные обозначения величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать международным и государственным стандартам.

12. Нельзя допускать в тексте бытовой путаницы в терминах: «вес» и «масса»; «удельный вес» и «плотность». Одни из них относятся к «силовой» характеристике, а другие – к качественно-количественной.

Безграмотно писать «5 тн», ибо правильное условное обозначение тонн – «т».

13. Если в ПЗ используется материал из какой-либо книги, отчета и т. д., обязательно делается ссылка на источник в виде порядкового номера по списку использованных источников. Причем номер источника выделяется двумя косыми чертами либо квадратными скобками. Например, «...Как показано у Сидорова В. А. /10/, влияние на производительность...», «...По результатам опробования [6]...». Для всего документа следует избрать либо косые, либо скобки, использование того и другого одновременно недопустимо.

14. Иллюстративный материал (схемы, рисунки, таблицы) располагаются в тексте сразу же после первого упоминания их или на

ближайшей странице.

15. Наименование схемы, рисунка делается под рисунком и располагается симметрично относительно поля рисунка. Под наименованием рисунка после двоеточия помещают расшифровку обозначений и поясняющие записи.

Рисунок вставляется после первого упоминания о нем в тексте. В тексте слово «рисунок» пишется полностью с указанием порядкового номера. Нумерация рисунков может быть сквозной по всему тексту ПЗ (при количестве рисунков в одном разделе не более трёх) либо сквозной по разделу. Во втором случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделённых точкой, как в предлагаемом пособии.

Если на рисунке представлена какая-либо зависимость, следует полностью подписывать оси и выполнять оси и зависимости толще, чем вспомогательные линии.

При изображении на рисунке гранулометрической характеристики руды, построенной по результатам ситового анализа, ось абсцисс следует называть «Размер отверстий сит d, мм», во всех остальных случаях – «Крупность d, мм».

16. На все рисунки, таблицы в тексте должны быть ссылки типа: «…данные таблицы 2.3…»; «В соответствии с рисунком 1…»

17. Номер рисунков и таблиц обозначают арабскими цифрами. Нумерация рисунков, таблиц и формул в документе может быть как сквозной, так и по разделам. Сквозная нумерация уместна, если количество таблиц, формул и/или рисунков не более десяти на весь документ. Нумерация по разделам применяется в том случае, если в каждом разделе более трёх таблиц, формул и/или рисунков. В этом случае первая цифра означает номер раздела, вторая – порядковый номер рисунка, формулы или таблицы, начиная с 1. Например, пятая таблица во втором разделе отчета будет обозначена как «Таблица 2.5». Если таблица (рисунок) одна (один) на весь документ, то это «Таблица 1» («Рисунок 1»).

18. Оформление рисунков

18.1. *Рисунки с изображением схем*

На технологических схемах операции обогащения указываются утолщенными линиями (s=2-3 мм) (так называемыми «полочками») с соответствующей краткой надписью. Нельзя заменять наименования операции какими-либо условными обозначениями. Допу-

стимо полочку подчеркивать тонкой линией: *сплошной* для любых операций и *пунктирной* для операций грохочения, классификации. Длину полок следует выдерживать **одинаковой** по всей схеме.

Циклы (стадии) можно обозначать на принципиальных схемах с помощью полочек (как операции) или в виде прямоугольников, внутри которых помещается наименование цикла (стадии).

Поток продуктов указывают тонкими линиями (*s*=0,3-0,5 мм), которые могут пересекаться только под прямым углом. Направление потоков обозначают стрелками. Место пересечения стрелок обозначается полукругом на горизонтальной стрелке (как показано на рисунке 8).

Расположение продуктов разделительных операций должно быть однообразным в пределах одного рисунка: слева – концентрат, справа – хвосты и т. д.

18.2. ***Рисунки с изображением схемы цепи аппаратов***

Схема цепи аппаратов выполняется в виде условных обозначений оборудования. Изображения распространённых аппаратов, например автосамосвалов и погрузчиков, можно скачать из доступных сетевых библиотек, например http://dwg.ru.

Масштаб изображения выбирается таким образом, чтобы заполнить не менее 70-75 % листа. Оборудование изображается соразмерно, например, размер конусной дробилки крупного дробления не может быть меньше размера грохота. Все единицы оборудования (кроме грузоподъёмного) соединяются между собой стрелками (*s*=0,3-0,5 мм).

19. Таблицы следует располагать в тексте сразу же после первого упоминания их или на следующей странице. В тексте слово «таблица» пишется полностью с указанием порядкового номера. Заголовок таблицы выполняется без абзацного отступа с выравниванием «по ширине». Точка в конце заголовка не ставится. Между основным текстом, заголовком таблицы и самой таблицей – пустая строка. Размер шрифта в таблице должен быть меньше размера основного текста (например, основной текст – 14, в таблице – 13 (12) и меньше).

При переносе таблицы на следующую страницу пишется «Продолжение таблицы» и полностью переносится шапка. Если таблица заканчивается, пишется «Окончание таблицы» и также переносится шапка. Заголовки граф таблицы начинают с прописных букв. Недопустима графа (колонка) «№-№ п/п»; если необходимо, то в

графе «Показатель» (т. е. в боковике) каждую строку начинают порядковым номером.

Названия показателей в шапке (боковике) таблицы пишут полностью с указанием единиц измерения.

20. Приложения

В тексте на все приложения, если таковые имеются, должны быть ссылки.

Каждое приложение обозначается цифрами или заглавными буквами русского алфавита, начиная с А и исключая Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ъ, Ы. Возможно обозначение и буквами латинского алфавита (исключая I и O). Если приложение одно, то это приложение А.

Размещение приложений в конце документа и в порядке ссылок на них в тексте.

Каждое приложение начинается с новой страницы. Вверху помещается (по центру листа) слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» с последующей буквой.

Приложение должно иметь заголовок, записываемый симметрично по следующему тексту (строчными буквами).

21. Список использованных источников оформляется по следующему образцу. При заполнении списка рекомендуется алфавитный порядок источников.

Например:

1. Иванов Э. Э. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие, 2-е издание, исправленное / Э. Э. Иванов; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – 157 с.

2. Козин В. З. Порционное опробование движущихся потоков // Сб. тр. СГИ «Перспективы развития горной технологии». Екатеринбург: Изд-во СГИ, 1992. – 46 с.

3. ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам»

4. http://www.belaz.by/

5. http://www.drobmash.ru

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цыпин Е. Ф. Информационные методы обогащения полезных ископаемых: учебн. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 206 с.
2. Иванов Э. Э. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие, 2-е издание, исправленное / Э. Э. Иванов; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – 157 с.
3. Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик. Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 518 с.
4. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: В 2 кн. / редкол.: О. Н. Тихонов и др. М.: Недра, 1988.
5. Цыпин Е. Ф. Обогащение в стадиях рудоподготовки. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 303 с.
6. http://maxi-exkavator.ru/excapedia
7. http://www.belaz.by/
8. http://www.drobmash.ru
9. http://www.kamaz.ru/
10. http://www.kanmash.ru
11. http://www.martimex.ru/
12. http://www.maz.by/
13. http://www.rudgormash.ru
14. http://www.scania.ru/
15. http://www.uralmash.ru
16. http://www.vgm21.info
17. www.cat.com
18. www.moaz.ru
19. www.volvo.com/constructionequipment

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Исходные данные

Таблица 1 – Гранулометрическая характеристика руды, физико-механические свойства руды, производительность цеха по исходной руде

Класс крупности, доли макс. крупности руды, D_{max}			**Первая цифра варианта**								
			0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
			Частный выход класса, %									
-1,000D_{max} + 0,750D_{max}			5	8	3	6	18	19	2	6	10	15
-0,750D_{max} + 0,500D_{max}			10	20	3	15	5	15	5	9	5	8
-0,500D_{max} +0,250D_{max}			13	8	5	13	10	10	8	30	3	7
-0,250D_{max} +0,125D_{max}			17	29	9	20	22	16	34	20	20	30
-0,125D_{max} +0,000			55	35	80	46	45	40	51	35	62	40
Размер максимального куска руды, мм	исходной	D_{max}	550	900	700	1000	1200	1100	800	650	750	1150
	дроблёной	d_{max}	180	280	220	290	340	300	230	200	190	320
Насыпная плотность исходной руды, кг/м^3			1830	1960	1800	1980	1820	1800	1850	1940	1890	1950
Коэффициент крепости руды по шкале М. М. Протодьяконова			8	15	12	17	9	13	14	10	16	11
Производительность по исходной руде, млн т/год			1,1	1,5	1,7	2,3	2,7	2,6	1,2	0,8	1,6	2,7

Таблица 2 – Сепарационная характеристика рентгенорадиометрического сепаратора

Угол наклона в рабочей точке φ, град.	**Вторая цифра варианта**									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
Величина E_{pm}, у. е.	0,0531	0,0486	0,0441	0,0396	0,0351	0,0307	0,0263	0,0219	0,0175	0,0131

Таблица 3 – Фракционный состав

Номер куска	Масса куска, г	Вторая цифра									
		1		2		3		4		5	
		α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.
1	198	0,020	0,0611	0,022	0,0689	0,120	0,2634	0,190	0,0728	0,320	0,0683
2	52	0,020	0,0233	0,022	0,0823	0,045	0,1034	0,065	0,1806	0,120	0,0388
3	130	0,020	0,0161	0,022	0,0510	0,030	0,2042	0,040	0,0234	0,080	0,2695
4	50	0,030	0,1988	0,033	0,1089	1,035	0,2308	1,715	0,5558	2,760	0,3883
5	62	0,030	0,1031	0,033	0,1832	0,150	0,2869	0,240	0,3300	0,400	0,3986
6	84	0,030	0,0334	0,033	0,0153	0,060	0,0776	0,090	0,2489	0,160	0,0935
7	85	0,030	0,0559	0,033	0,1961	0,090	0,1076	0,140	0,2968	0,240	0,2848
8	228	0,040	0,0247	0,044	0,0332	0,045	0,0629	0,065	0,1641	0,120	0,2849
9	57	0,040	0,1519	0,044	0,0181	0,255	0,1292	0,415	0,2485	0,680	0,2310
10	33	0,040	0,0117	0,044	0,1006	0,030	0,1095	0,040	0,2182	0,080	0,2089
11	58	0,050	0,0284	0,055	0,0679	0,045	0,0680	0,065	0,1393	0,120	0,3544
12	16	0,050	0,0717	0,055	0,0842	0,150	0,1896	0,240	0,0983	2,000	0,2382
13	137	0,060	0,1844	0,066	0,0598	0,570	0,2782	0,940	0,4692	0,300	0,1057
14	71	0,060	0,0403	0,066	0,0639	0,075	0,0960	0,115	0,2623	0,200	0,0921
15	33	0,060	0,1892	0,066	0,1106	0,720	0,1995	1,190	0,3543	0,650	0,1539
16	94	0,060	0,0589	0,066	0,1081	0,105	0,1224	0,165	0,0663	0,280	0,2344
17	252	0,070	0,1619	0,077	0,1105	0,330	0,0656	0,540	0,1857	0,350	0,0991
18	129	0,070	0,0662	0,077	0,0361	0,135	0,2940	0,215	0,0697	0,360	0,4970
19	111	0,070	0,0289	0,077	0,0744	0,060	0,2388	0,090	0,0403	0,160	0,1495
20	115	0,070	0,1380	0,077	0,1281	0,210	0,1393	0,340	0,1932	0,560	0,3109
21	67	0,080	0,1606	0,088	0,1551	0,315	0,1447	0,515	0,3669	0,840	0,2987
22	147	0,080	0,0567	0,088	0,0928	0,105	0,1691	0,165	0,0367	0,280	0,3994
23	67	0,090	0,1451	0,099	0,1685	0,225	0,2678	0,365	0,2759	0,600	0,4847
24	43	0,090	0,1069	0,099	0,1643	0,165	0,2720	0,265	0,2179	0,440	0,2797
25	51	0,100	0,0205	0,110	0,0707	0,045	0,1658	0,065	0,0298	0,120	0,3729
26	141	0,100	0,1495	0,110	0,1907	0,225	0,1608	0,365	0,3699	0,600	0,4393
27	192	0,100	0,0606	0,110	0,0206	0,105	0,2943	0,165	0,3208	0,280	0,5029
28	62	0,100	0,1061	0,110	0,0672	0,165	0,3149	0,265	0,2634	0,440	0,3407
29	85	0,100	0,2045	0,110	0,1969	1,050	0,1799	1,740	0,5796	2,800	0,5138
30	58	0,100	0,0508	0,110	0,0592	0,090	0,3283	0,140	0,1785	0,240	0,2946
31	39	0,100	0,2021	0,110	0,1178	1,050	0,2128	1,740	0,5485	2,800	0,2880
32	86	0,110	0,0415	0,121	0,1917	0,075	0,2945	0,115	0,0865	0,200	0,5373
33	30	0,110	0,1611	0,121	0,1015	0,330	0,2113	0,540	0,2602	0,880	0,4520
34	50	0,110	0,0599	0,121	0,1187	0,105	0,1301	0,165	0,2727	0,280	0,5139
35	38	0,120	0,1563	0,132	0,1908	0,270	0,2610	0,440	0,2885	0,720	0,2986
36	269	0,130	0,1694	0,143	0,1233	0,420	0,1062	0,690	0,3413	1,120	0,3015
37	47	0,130	0,0873	0,143	0,2049	0,150	0,2870	0,240	0,2425	0,400	0,2044
38	77	0,140	0,1144	0,154	0,1972	0,195	0,1297	0,315	0,0766	0,520	0,3114
39	190	0,140	0,0198	0,154	0,1636	0,030	0,1897	0,040	0,0590	0,080	0,3390
40	142	0,140	0,1107	0,154	0,0321	0,180	0,1659	0,290	0,3393	0,480	0,5583
41	73	0,140	0,1775	0,154	0,1253	0,495	0,1981	0,815	0,2894	0,300	0,1978
42	251	0,150	0,1642	0,165	0,2177	0,330	0,2500	0,540	0,3291	0,880	0,5564
43	170	0,150	0,1782	0,165	0,1672	0,495	0,2267	0,815	0,3830	1,320	0,4685
44	141	0,150	0,1127	0,165	0,1140	0,195	0,2601	0,315	0,3214	0,520	0,4094
45	185	0,150	0,0444	0,165	0,1315	0,090	0,1021	0,140	0,0399	0,240	0,3071
46	23	0,150	0,1887	0,165	0,0753	0,630	0,3207	1,040	0,3111	1,680	0,5160
47	118	0,170	0,1035	0,187	0,1306	0,150	0,3253	0,240	0,0500	0,400	0,3940
48	73	0,180	0,0773	0,198	0,1992	0,150	0,2776	0,240	0,3155	0,400	0,3096
49	124	0,180	0,1674	0,198	0,1222	0,375	0,0952	0,615	0,4070	0,400	0,2542
50	180	0,210	0,0374	0,231	0,0467	0,060	0,3005	0,090	0,1156	0,160	0,3205

сортируемых классов руды (для версии I)

варианта									
6		**7**		**8**		**9**		**0**	
α, %	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**
0,184	0,1277	0,270	0,1506	0,190	0,0611	0,200	0,1153	0,026	0,1136
0,069	0,0591	0,195	0,0594	0,040	0,0892	0,075	0,1680	0,026	0,1058
0,046	0,1069	0,180	0,1141	0,010	0,0377	0,050	0,3212	0,026	0,0264
1,587	0,5442	1,185	0,2825	2,020	0,4723	1,725	0,7541	0,039	0,0885
0,230	0,1136	0,300	0,1110	0,250	0,1877	0,250	0,0929	0,039	0,1635
0,092	0,0635	0,210	0,1305	0,070	0,1038	0,100	0,0923	0,039	0,1752
0,138	0,0455	0,240	0,0853	0,130	0,0906	0,150	0,1413	0,039	0,0466
0,069	0,1376	0,195	0,0763	0,040	0,0188	0,075	0,3383	0,052	0,0379
0,391	0,1676	0,405	0,1533	0,460	0,2001	0,425	0,3118	0,052	0,2056
0,046	0,1608	0,180	0,0524	0,010	0,0603	0,050	0,1393	0,052	0,1263
0,069	0,0891	0,195	0,0739	0,040	0,0768	0,075	0,1862	0,065	0,1979
0,230	0,1099	0,300	0,1379	0,250	0,1152	0,250	0,4145	0,065	0,1483
0,874	0,3109	0,720	0,1720	1,090	0,2871	0,950	0,2989	0,078	0,2120
0,115	0,0849	0,225	0,0943	0,100	0,0849	0,125	0,3179	0,078	0,0869
1,104	0,3452	0,870	0,3107	1,390	0,3508	1,200	0,4022	0,078	0,2170
0,161	0,1324	0,255	0,0922	0,160	0,0827	0,175	0,3062	0,078	0,0115
0,506	0,2395	0,480	0,1853	0,610	0,1388	0,550	0,2820	0,091	0,2062
0,207	0,1349	0,285	0,1134	0,220	0,0549	0,225	0,1501	0,091	0,1294
0,092	0,0998	0,210	0,0688	0,070	0,0325	0,100	0,3429	0,091	0,1668
0,322	0,1464	0,360	0,1552	0,370	0,1826	0,350	0,1661	0,091	0,0803
0,483	0,2141	0,465	0,1220	0,580	0,2239	0,525	0,2606	0,104	0,1834
0,161	0,0545	0,255	0,0580	0,160	0,0492	0,175	0,2060	0,104	0,1847
0,345	0,1515	0,375	0,1119	0,400	0,0769	0,375	0,1316	0,117	0,0461
0,253	0,1094	0,315	0,1628	0,280	0,1521	0,275	0,1597	0,117	0,1471
0,069	0,1070	0,195	0,1500	0,040	0,0892	0,075	0,0846	0,130	0,1819
0,345	0,2168	0,375	0,1712	0,400	0,1288	0,375	0,1884	0,130	0,1831
0,161	0,1262	0,255	0,0990	0,160	0,0931	0,175	0,3637	0,130	0,1044
0,253	0,1609	0,315	0,1231	0,280	0,1529	0,275	0,1118	0,130	0,0314
1,610	0,5404	1,200	0,3497	2,050	0,4149	1,750	0,7979	0,130	0,1443
0,138	0,0543	0,240	0,1465	0,130	0,1614	0,150	0,0632	0,130	0,1962
1,610	0,5720	1,200	0,2977	2,050	0,3931	1,750	0,6449	0,130	0,0855
0,115	0,0553	0,225	0,1087	0,100	0,1004	0,125	0,0675	0,143	0,1901
0,506	0,2842	0,480	0,1839	0,610	0,2138	0,550	0,2071	0,143	0,0542
0,161	0,0689	0,255	0,0593	0,160	0,1118	0,175	0,0920	0,143	0,2065
0,414	0,1968	0,420	0,1001	0,490	0,1583	0,450	0,3701	0,156	0,1117
0,644	0,2399	0,570	0,1612	0,790	0,2569	0,700	0,2448	0,169	0,1905
0,230	0,2132	0,300	0,1362	0,250	0,1593	0,250	0,3576	0,169	0,1066
0,299	0,0952	0,345	0,0815	0,340	0,1598	0,325	0,2265	0,182	0,2148
0,046	0,0842	0,180	0,1385	0,010	0,0331	0,050	0,1517	0,010	0,0253
0,276	0,1094	0,330	0,1089	0,310	0,1026	0,300	0,2271	0,182	0,1002
0,759	0,2456	0,645	0,1993	0,940	0,1997	0,825	0,2662	0,182	0,1722
0,506	0,1826	0,480	0,2107	0,610	0,2091	0,550	0,4482	0,195	0,1024
0,759	0,3702	0,645	0,1915	0,940	0,1894	0,825	0,5238	0,195	0,1090
0,299	0,1571	0,345	0,1545	0,340	0,1507	0,325	0,3358	0,195	0,2238
0,138	0,1415	0,240	0,0980	0,130	0,0302	0,150	0,2748	0,195	0,0693
0,966	0,2998	0,780	0,2479	1,210	0,3375	1,050	0,3449	0,195	0,1519
0,230	0,1754	0,300	0,1247	0,250	0,0460	0,250	0,2954	0,221	0,1844
0,230	0,1572	0,300	0,1753	0,250	0,1528	0,250	0,2477	0,234	0,1173
0,575	0,1803	0,525	0,2001	0,700	0,2150	0,625	0,3123	0,234	0,0647
0,092	0,0618	0,210	0,1012	0,070	0,0742	0,100	0,0303	0,273	0,0908

Продолжение таблицы 3

Номер куска	Масса куска, г	Вторая цифра									
		1		2		3		4		5	
		α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.	α, %	*P*, у. е.
51	104	0,220	0,2182	0,242	0,0940	1,395	0,2230	2,315	0,7127	3,720	0,4697
52	32	0,220	0,1714	0,242	0,1733	0,450	0,3050	0,740	0,3743	1,200	0,7033
53	109	0,220	0,1386	0,242	0,0391	0,210	0,0931	0,340	0,3314	0,560	0,5888
54	216	0,230	0,0678	0,253	0,1243	0,150	0,1449	0,240	0,1471	0,400	0,5737
55	82	0,240	0,2138	0,264	0,0926	1,320	0,1300	2,190	0,4406	3,520	0,6132
56	115	0,250	0,2088	0,275	0,1449	1,095	0,2515	1,815	0,5846	2,920	0,5539
57	206	0,280	0,0610	0,308	0,1013	0,120	0,2329	0,190	0,1478	0,320	0,4602
58	167	0,300	0,1798	0,330	0,1980	0,555	0,2300	0,915	0,2192	1,480	0,4203
59	98	0,330	0,1831	0,363	0,0978	0,555	0,3051	0,915	0,1865	1,480	0,7757
60	78	0,330	0,0534	0,363	0,1034	0,090	0,3399	0,140	0,1324	0,240	0,8122
61	53	0,370	0,1436	0,407	0,2191	0,225	0,3160	0,365	0,1376	0,600	0,9011
62	206	0,370	0,1967	0,407	0,0705	0,975	0,3424	1,615	0,3347	2,600	0,6956
63	166	0,380	0,1498	0,418	0,0735	0,225	0,1637	0,365	0,1614	0,600	0,5977
64	193	0,380	0,1671	0,418	0,1800	0,360	0,3878	0,590	0,2989	0,960	0,6944
65	99	0,420	0,1027	0,462	0,1732	0,150	0,1931	0,240	0,0639	0,400	0,6666
66	98	0,480	0,2236	0,528	0,1509	1,575	0,2009	2,615	0,6300	4,200	0,9879
67	300	0,500	0,2310	0,550	0,2558	1,695	0,2474	2,815	0,6064	4,520	0,8463
68	77	0,520	0,1198	0,572	0,1996	0,210	0,3997	0,340	0,0807	0,560	1,0768
69	187	0,620	0,0674	0,682	0,1574	0,135	0,4860	0,215	0,0907	0,360	0,9268
70	256	0,650	0,2495	0,715	0,2939	1,875	0,3854	3,115	0,6580	5,000	1,2481
71	69	0,690	0,1963	0,759	0,2537	0,780	0,4657	1,290	0,4802	2,080	1,2452
72	73	0,690	0,2611	0,759	0,2434	1,875	0,4496	3,115	0,7239	5,000	1,0132
73	146	0,700	0,1853	0,770	0,3036	0,570	0,2655	0,940	0,3625	1,520	1,0122
74	278	0,700	0,1997	0,770	0,3091	1,035	0,4718	1,715	0,4127	2,760	1,3695
75	73	0,700	0,1042	0,770	0,1925	0,165	0,5324	0,265	0,3512	0,440	1,0513
76	68	0,730	0,1646	0,803	0,1650	0,345	0,4378	0,565	0,1765	0,920	1,0604
77	215	0,870	0,1963	0,957	0,2051	0,930	0,5552	1,540	0,5759	2,480	1,5569
78	65	0,880	0,1954	0,968	0,2699	0,750	0,3582	1,240	0,4523	2,000	1,3490
79	56	0,930	0,2345	1,023	0,3030	1,755	0,4705	2,915	0,7947	4,680	1,3327
80	45	1,050	0,3029	1,155	0,3112	3,000	0,5466	4,990	1,0127	8,000	1,8370
81	118	1,100	0,2078	1,210	0,2496	1,050	0,5168	1,740	0,4192	2,800	1,5999
82	76	1,130	0,1221	1,243	0,2949	0,210	0,6628	0,340	0,2859	0,560	1,9784
83	114	1,170	0,1529	1,287	0,2042	0,270	0,7034	0,440	0,2787	0,720	1,8003
84	150	1,250	0,2088	1,375	0,2069	1,305	0,7254	2,165	0,4616	3,480	1,8831
85	30	1,250	0,1406	1,375	0,3762	0,225	0,5953	0,365	0,1602	0,600	2,1066
86	56	1,350	0,3196	1,485	0,2266	3,000	0,6498	4,990	1,2023	8,000	2,1294
87	147	1,620	0,3083	1,782	0,2890	3,000	0,6923	4,990	1,0327	8,000	2,3356
88	164	2,000	0,3230	2,200	0,5021	3,555	0,9496	5,915	1,4458	9,480	3,1962
89	155	2,000	0,2274	2,200	0,4717	1,650	0,9043	2,740	0,7882	4,400	3,1761
90	136	2,000	0,3582	2,200	0,4810	4,200	0,8311	6,990	1,4642	11,200	3,1060
91	222	2,000	0,3990	2,200	0,4420	4,455	0,9591	7,415	1,5982	11,880	3,1859
92	104	2,000	0,3838	2,200	0,3799	4,215	1,0173	7,015	1,5781	11,240	3,1878
93	81	2,000	0,2803	2,200	0,4438	2,430	0,9013	4,040	0,8821	6,480	2,8846
94	54	2,000	0,2921	2,200	0,3686	3,000	0,7811	4,990	1,0379	8,000	3,1006
95	87	2,370	0,3103	2,607	0,5414	3,000	1,1353	4,990	1,1540	8,000	3,7054
96	58	2,500	0,2675	2,750	0,4569	2,025	1,1114	3,365	0,7542	5,400	3,7157
97	135	2,800	0,4083	3,080	0,5760	4,500	1,1392	7,490	1,5665	12,000	4,2685
98	144	2,810	0,3174	3,091	0,4814	3,000	1,1810	4,990	1,2831	8,000	3,9589
99	44	2,970	0,3123	3,267	0,5730	3,000	1,2580	4,990	1,0610	8,000	4,4851
100	84	3,000	0,3541	3,300	0,6374	3,750	1,4181	6,240	1,3278	10,000	4,5486

варианта									
6		**7**		**8**		**9**		**0**	
α, %	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**
2,139	0,7750	1,545	0,4100	2,740	0,4785	2,325	0,7786	0,286	0,1013
0,690	0,2741	0,600	0,1800	0,850	0,2370	0,750	0,3483	0,286	0,2058
0,322	0,2150	0,360	0,1200	0,370	0,1540	0,350	0,1547	0,286	0,1957
0,230	0,1790	0,300	0,1034	0,250	0,1354	0,250	0,1320	0,299	0,2250
2,024	0,7356	1,470	0,4000	2,590	0,4616	2,200	0,9103	0,312	0,2288
1,679	0,5852	1,245	0,2978	2,140	0,4081	1,825	0,6310	0,225	0,0592
0,184	0,1096	0,270	0,1275	0,190	0,1117	0,200	0,2981	0,364	0,0857
0,851	0,4104	0,705	0,1768	1,060	0,2910	0,925	0,4655	0,390	0,1589
0,851	0,2689	0,705	0,2609	1,060	0,2036	0,925	0,4144	0,129	0,0568
0,138	0,1616	0,240	0,1014	0,130	0,1176	0,150	0,0585	0,429	0,2259
0,345	0,2100	0,375	0,1760	0,400	0,1535	0,375	0,1998	0,281	0,0869
1,495	0,4712	1,125	0,2776	1,900	0,3793	1,625	0,8278	0,481	0,2233
0,345	0,1303	0,375	0,1781	0,400	0,0986	0,375	0,2225	0,494	0,2679
0,552	0,2950	0,510	0,1179	0,670	0,2066	0,600	0,3729	0,494	0,2127
0,230	0,1057	0,300	0,1241	0,250	0,0551	0,250	0,4128	0,246	0,0983
2,415	0,8439	1,725	0,3916	3,100	0,6203	2,625	0,8541	0,624	0,2452
2,599	0,8904	1,845	0,4903	3,340	0,6026	2,825	1,0947	0,650	0,1543
0,322	0,2408	0,360	0,1441	0,370	0,1653	0,350	0,2891	0,676	0,2749
0,207	0,0900	0,285	0,1719	0,220	0,0995	0,225	0,1021	0,806	0,1789
2,875	0,9291	2,025	0,5384	3,700	0,6952	3,125	1,0158	0,845	0,3165
1,196	0,4394	0,930	0,3197	1,510	0,3535	1,300	0,6387	0,897	0,3218
2,875	0,9165	2,025	0,4467	3,700	0,6504	3,125	1,0909	0,897	0,2838
0,874	0,3990	0,720	0,2576	1,090	0,3044	0,950	0,4141	0,910	0,2709
1,587	0,5933	1,185	0,3764	2,020	0,4826	1,725	0,6097	0,910	0,2256
0,253	0,2275	0,315	0,0721	0,280	0,0819	0,275	0,1980	0,910	0,2224
0,529	0,1768	0,495	0,1281	0,640	0,1894	0,575	0,2364	0,949	0,1940
1,426	0,5164	1,080	0,2405	1,810	0,3124	1,550	0,7738	1,131	0,2537
1,150	0,4971	0,900	0,2280	1,450	0,3244	1,250	0,6607	0,410	0,1614
2,691	0,9764	1,905	0,4904	3,460	0,6491	2,925	1,2251	0,300	0,1750
4,600	1,4525	3,150	0,7440	5,950	1,1532	5,000	1,5295	1,365	0,2522
1,610	0,5292	1,200	0,3544	2,050	0,4543	1,750	0,5760	1,430	0,2871
0,322	0,1156	0,360	0,1581	0,370	0,1235	0,350	0,2919	1,469	0,3140
0,414	0,2600	0,420	0,1816	0,490	0,2295	0,450	0,4463	1,521	0,2566
2,001	0,7597	1,455	0,4110	2,560	0,4691	2,175	0,8622	1,625	0,3109
0,345	0,1260	0,375	0,1474	0,400	0,0803	0,375	0,4436	1,625	0,3681
4,600	1,4385	3,150	0,7523	5,950	1,1227	5,000	1,5509	1,755	0,4113
4,600	1,4773	3,150	0,7720	5,950	1,0423	5,000	1,6641	2,106	0,3977
5,451	1,8051	3,705	0,9030	7,060	1,2972	5,925	1,9756	2,600	0,3962
2,530	0,8674	1,800	0,4140	3,250	0,6241	2,750	0,9175	2,600	0,4847
6,440	2,1428	4,350	0,9715	8,350	1,5645	7,000	2,3582	2,600	0,5298
6,831	2,1376	4,605	1,0197	8,860	1,5715	7,425	2,4295	2,600	0,4851
6,463	2,0782	4,365	1,0074	8,380	1,4326	7,025	2,1487	2,600	0,3962
3,726	1,1866	2,580	0,6155	4,810	0,9103	4,050	1,2493	2,600	0,3627
4,600	1,4895	3,150	0,7563	5,950	1,0134	5,000	1,7286	2,600	0,3864
4,600	1,4922	3,150	0,7657	5,950	1,0254	5,000	1,7516	3,081	0,5239
3,105	1,0774	2,175	0,5393	4,000	0,8229	3,375	1,2723	3,250	0,5945
6,900	2,1615	4,650	1,0471	8,950	1,5334	7,500	2,4975	3,640	0,5602
4,600	1,5593	3,150	0,7901	5,950	1,0922	5,000	1,5718	3,653	0,5176
4,600	1,4278	3,150	0,7399	5,950	1,1401	5,000	1,6934	3,861	0,5616
5,750	1,8159	3,900	0,8787	7,450	1,3033	6,250	1,9142	3,900	0,5559

Окончание таблицы 3

Номер куска	Масса куска, г	Вторая цифра									
		1		2		3		4		5	
		α, %	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**
101	172	4,800	0,5334	5,280	0,9786	7,200	1,8669	11,990	2,4772	19,200	6,7410
102	66	5,000	0,5523	5,500	0,9477	7,875	2,0950	13,115	2,7809	21,000	7,2098
103	72	5,250	0,5406	5,775	0,9319	7,500	2,2421	12,490	2,7900	20,000	7,4051
104	91	5,250	0,6922	5,775	1,0614	7,875	2,2596	13,115	2,8316	21,000	7,6622
105	32	7,200	0,7947	7,920	1,2428	10,800	2,8885	17,990	3,7110	28,800	10,203
106	30	7,620	0,8000	8,382	1,4001	11,430	2,8679	19,040	3,9142	30,480	10,903
Коэффициент K		0,790		1,193		0,829		0,952		0,907	
Коэффициент k_{φ}		0,85		0,80		0,75		0,70		0,65	

Таблица 4 – Кривая разделения сортируемых

Вторая цифра									
1		2		3		4		5	
Массовая доля в хвостах ϑ, %	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов, γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**
0,05	4	0,03	4	0,04	1	0,04	4	0,20	2
0,12	20	0,14	30	0,20	25	0,26	40	0,40	20
0,16	33	0,20	54	0,40	57	0,50	70	0,50	37
0,20	46	0,30	70	0,50	71	0,60	75	0,78	60
0,30	66	0,40	82	0,60	85	0,75	80	1,00	75
0,40	86	0,50	90	0,70	90	1,00	84	1,50	82
0,50	92	0,60	95	0,80	94	1,25	90	2,00	90
0,60	95	0,70	98	1,10	97	1,50	96	2,50	95
0,78	100	0,86	100	1,17	100	1,94	100	3,12	100
									Коэффи
0,969		1,105		0,939		1,079		0,952	
									Коэффи
0,82		0,79		0,75		0,70		0,67	

варианта									
6		**7**		**8**		**9**		**0**	
α, %	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**	**α, %**	***P*, у. е.**
11,040	3,4450	7,350	1,6329	14,350	2,4655	12,000	3,8380	6,240	0,8226
12,075	3,8688	8,025	1,8467	15,700	2,7047	13,125	4,0446	6,500	0,8927
11,500	3,6199	7,650	1,7835	14,950	2,6358	12,500	3,8906	6,825	1,0637
12,075	3,7831	8,025	1,8600	15,700	2,7723	13,125	4,0405	6,825	0,9391
16,560	5,2304	10,950	2,4687	21,550	3,6898	18,000	5,6326	9,360	1,3445
17,526	5,4843	11,580	2,5519	22,810	3,9592	19,050	5,7225	9,906	1,3843
0,886		0,969		1,153		1,109		0,939	
0,60		0,55		0,50		0,45		0,40	

классов руды (для версии II)

варианта									
6		**7**		**8**		**9**		**0**	
Массовая доля в хвостах ϑ, %	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**	**Массовая доля в хвостах ϑ, %**	**Суммарный выход хвостов γ_x, %**
0,10	3	0,21	3	0,08	1	0,13	2	0,08	2
0,20	20	0,25	20	0,10	15	0,20	20	0,13	20
0,30	40	0,30	40	0,23	40	0,30	40	0,20	45
0,50	72	0,40	65	0,50	68	0,50	70	0,25	65
0,62	78	0,50	75	0,80	80	0,80	82	0,30	74
1,00	85	0,70	83	1,00	83	1,00	89	0,40	82
1,30	92	0,80	87	1,30	87	1,20	93	0,50	87
1,50	97	1,00	93	1,50	90	1,50	97	0,60	91
1,79	100	1,32	100	2,29	100	1,95	100	1,01	100
циент K									
0,790		0,886		0,907		0,860		1,200	
циент k_φ									
0,60		0,77		0,85		0,65		0,73	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Технические характеристики дробилок

Таблица 1 – Щековые дробилки отечественного производства
(ОАО «Уралмаш», ОАО «Волгогормаш», ОАО «Дробмаш») /10, 12, 17/

Типоразмер (модель)	**Размер приёмного отверстия, мм (B×L)**	**D_{max}, мм**	**Номинальный размер разгрузочной щели $s_{ном}$, мм**	**Производительность $Q_{ном}$, м^3/ч**	**Габаритные размеры, м (L × B × H)**	**Масса, т**	**Мощность двигателя, кВт**
Щековые дробилки с простым качанием щеки							
ЩДП 6×9 (СМД 204)	600×900	510	80-160	45-84	3,6×2,2×2,4	22	100
ЩДП 9×12 (СМД 111А)	900×1200	750	130±35	160	5,0×4,4×3,3	72	110
ЩКД 90х120 (С-886)	900×1200	750	130	130	4,9×5,7×3,0	69	100
ЩДП 12×15 (СМД 118А)	1200×1500	1000	155±40	280	6,1×5,2×3,9	145	160
ЩКД 120х150 (С-887)	1200×1500	1000	150	220	6,4×6,6×3,9	137	160
ЩДП 15×21 (СМД 117А)	1500×2100	1200	180±45	550	6,6×6,3×4,8	250	250
ЩКД 150х210 (С-888)	1500×2100	1200	180	450	7,4×6,8×4,8	256	250
ЩДП 21×25 (СМД 156)	2100×2500	1700	250±65	800	12,0×8,0×9,0	558	400
Щековые дробилки со сложным качанием щеки							
ШДС 6×9 (СМД 110А)	600×900	510	75-200	80-130	2,5×2,6×2,4	20	110
ШДС 6×10 (ДРО-745)	600×1000	510	80-130	35-120	2,5×2,2×2,6	22	75
ШДС 7,5×9 (ДРО-529)	750×900	510	160-200	90-160	2,8×2,5×2,6	21	75
ШДС 8×10 (ДРО-609)	800×1000	680	100-180	85-155	3,2×2,7×2,8	28	132
ШДС 12×15 (С-889)	1200×1500	1000	150	250-300	5,0×5,5×4,0	120	200

Таблица 2 – Щековые дробилки зарубежного производства /8/

Модель	Размер приёмного отверстия, мм (*B*×*L*)	Номинальный размер разгрузочной щели $s_{ном}$, мм	Производительность $Q_{ном}$, т/ч	Габаритные размеры, м (*L* × *B* × *H*)	Масса, т	Мощность двигателя, кВт
Sandvik Rock Processing, Швеция						
CJ211	700×1100	175 200	350 395	2,39×2,45×2,17	14,6	90
CJ411	840×1045	175 200 225	390 445 490	2,99×2,09×2,82	21,7	110
CJ412	830×1200	175 200 225	445 510 570	3,23×2,57×2,95	26,6	132
CJ612	1100×1200	175 200 225	465 520 580	3,61×2,5×2,2	36,6	160
CJ613	1130×1300	175 200 225	510 570 640	2,4×2,35×3,51	41,5	160
CJ615	1070×1500	175 200 225	585 655 730	3,76×2,47×3,85	53,0	200
CJ815	1300×1500	175 200 225	625 705 780	4,11×3,00×3,33	64,5	200
Metso Minerals (дробилки Nordberg серии C), Финляндия						
C100	1000*	175 200	370 420	3,0×2,4×3,7	20,1	110
C106	1060	175 200	405 448	2,6×2,0×3,3	14,5	110
C116	1150	175 200	420 465	2,9×2,4×3,6	18,6	132
C125	1250	175 200 225	470 530 590	3,5×2,8×4,1	38,0	160
C140	1400	175 200 225	520 590 655	3,8×3,0×4,4	47,1	200
C145	1400	175 200 225	540 590 680	3,9×3,1×4,6	54,5	200
C160	1600	175 200 225	595 675 750	4,3×3,7×5,9	71,3	250
C200	2000	175 200 225	760 855 945	4,9×4,0×6,7	121,5	400
* Указана ширина загрузочного отверстия *B*, мм.						

Таблица 3 – Щековые дробилки производства Martimex, Чехия /13/

Модель	**Размер приёмного отверстия, мм (*B*×*L*)**	***D*max, мм**	**Диапазон регулирования разгрузочной щели, мм**	**Производительность *Q*, т/ч**	**Масса, т**	**Мощность двигателя, кВт**
DCJ 900x600	900x600	500	50-170	130-210	10,5	75
DCJ 1100x750	750x1100	700	70-170	150-300	18,0	110
DC 105 x 80	800x1050	650	70-180	80-350	21,0	110
DC 115 x 85	850x1150	850	80-250	110-480	29,0	110
DC 130 x 105	1050x1300	1000	120-260	190-610	47,0	160

Таблица 4 – Щековые дробилки производства Zenith, Китай /8/

Модель	**Размер приёмного отверстия, мм (*B*×*L*)**	***D*max, мм**	**Диапазон регулирования разгрузочной щели, мм**	**Производительность *Q*, т/ч**	**Габаритные размеры, м (*L* × *B* × *H*)**	**Мощность двигателя, кВт**
HJ98	650x980	560	75-175	110-350	2,5×2,0×2,2	90-110
HJ110	800x1100	660	100-200	215-510	2,9×2,5×2,6	110-132
HJ125	950x1250	800	125-225	280-650	3,3×2,5×3,1	132-160

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Технические характеристики инерционных грохотов

Типоразмер (модель)	Размеры просеивающей поверхности, мм		Мощность двигателя, кВт	Масса, кг
	B	***L***		
Производство ОАО «Дробмаш», ООО «Канмаш ДСО», ОАО «Рудгормаш-УГМК», «Волгогормаш»				
ГИТ-33	1250	3000	15	3300
ГИТ-43	1500	4000	18,5	4500
ГИТ-53	1750	3990	18,5	5200
ГИС-53	1750	5000	15	5100
ГИТ-63	2000	5500	22	6300
ГИС-63	2000	6000	22	8200
ГИТ-73П	2420	6250	30	11700
ДРО-747	1500	4200	2х7,5	5640
Производство Martimex, Чехия				
1200 х 4000/3	1200	4000	15	Нет информации
1600 х 4000/3	1600	4000	15	
2000 х 4000/3	2000	4000	15	
1600 х 5000/3	1600	5000	15	
2000 х 5000/3	2000	5000	22	
1600 х 6000/3	1600	6000	30	
2000 х 6000/3	2000	6000	30	
Производство Sandvik Rock Processing, Швеция				
LF1240 Type T (3-d)	1200	4000	Грохоты Sandvik представлены моделями серий QA и QE на гусеничном ходу. Привод данных моделей является дизель-гидравлическим. Эксплуатационная масса варьируется от 27,3 до 36,3 т. Техника снабжена двигателями Deutz и Caterpillar мощностью 74-74,9 кВт.	
LF1540 Type T (3-d)	1540	4000		
LF1550 Type T (3-d)	1550	5000		
LF1820 Type T (3-d)	1820	5000		
LF1850 Type T (3-d)	1850	5000		
LF2160 Type T (3-d)	2160	6000		
LF2470 Type T (3-d)	2470	7000		
Производство Metso Minerals, Финляндия				
Metso TS2.3	1500	5000	15	6000
Metso TS3.3	1800	6000	22	10000
Metso TS4.3	2400	6000	30	12000
Metso TS5.3	2400	8000	2х22	20000
Metso TS6.3	3000	8300	2х30	25000
Metso ST620	Площадь просеивающей поверхности 11 м^2		134	27600

Грохоты Metso в настоящее время выпускаются под маркой Lokotrack. Данная техника представлена мобильными грохотами. Модель ST620 оборудована трехъярусным грохотом Nordberg.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Технические характеристики рентгенофлуоресцентных сепараторов

Таблица 1 – Сепараторы ООО «РАДОС»

Параметр	**СРФ 4-50** **СРФ 4/2-50**	**СРФ 4-100** **СРФ 4/2-100** **СРФ 4-150** **СРФ 4/2-150**	**СРФ 2-300** **СРФ 3-300**
Классы крупности сортируемой руды, мм	10...60	20...150	60...350
Диапазоны класса крупности, мм	10-40	30-80	60-200
	20-40	30-100	80-250
	20-50	40-120	100-250
	20-60	40-150	150-350
Производительность, т/ч (в зависимости от диапазона и насыпной плотности)	3-8	8-20	20-50
Количество каналов (ручьев) сортировки, шт.	4	4	2 (3)
Количество продуктов сортировки, шт.	2		
Габаритные размеры, мм ($L \times B \times H$)	3520×1200×2240	5070×1500×2500	5070×1500×2500
Масса, кг (не более)	1600	3900	4100
Потребляемая мощность, кВт (не более)	3,0	5,0	5,0

Таблица 2 – Сепараторы компании «Интегра»

Параметр	**Микро РС-50**	**РМ-50Р**	**РМ-100Р**	**РМ-200Р**
Классы крупности сортируемой руды, мм	-50+25	-50+25	-100+50	-200+100
Производительность, т/ч	8	2,5	7	14
Количество ручьев сортировки, шт.	8	1		
Количество продуктов сортировки, шт.	2	3		
Габаритные размеры, мм ($L \times B \times H$)	6400×1240×3560	7200×800×1940	7200×800×1940	7500×880×1940
Масса, кг (не более)	3500	1200	1200	1400
Потребляемая мощность, кВт (не более)	8	6,6	7,5	8

Таблица 3 – Сепаратор РСЭ-50 ООО «ЭГОНТ»

Параметр	**Классы крупности сортируемой руды, мм**	
	-50+20	**-20+10**
Производительность, т/ч	30	8
Количество ручьев сортировки, шт.	8	8
Количество продуктов сортировки, шт.	2	
Габаритные размеры, мм ($L \times B \times H$)	1970×1220×15500	
Масса, кг (не более)	1300	
Расход электроэнергии, кВт·ч (не более)	1,2	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Условные обозначения

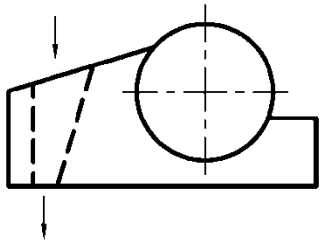
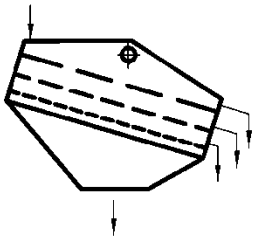
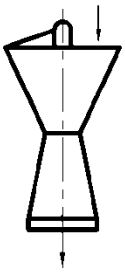
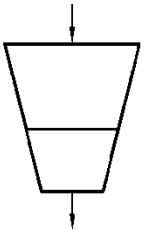
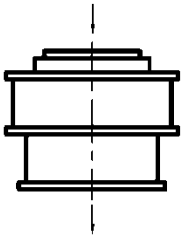
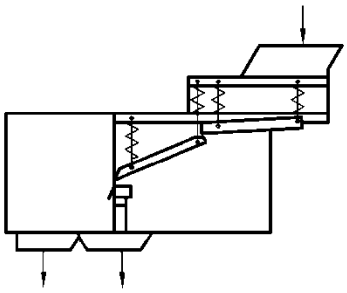
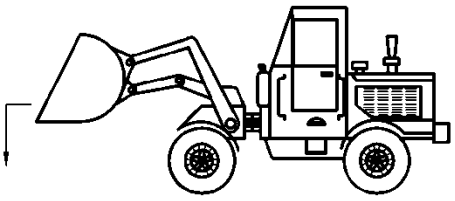
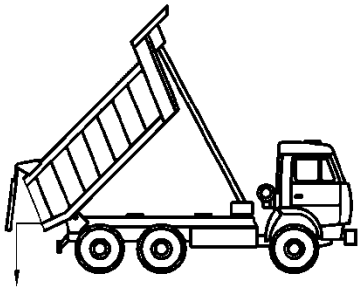
Дробилка щековая крупного дробления	*Грохот инерционный*
	
Дробилка конусная крупного дробления	*Бункер сепаратора*
	
Дробилка конусная среднего и мелкого дробления	*Сепаратор рентгенофлуоресцентный*
	
Погрузчик фронтальный	*Автосамосвал*
	

Рисунок 1 – Основное оборудование

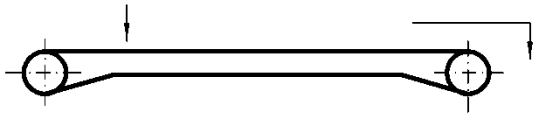
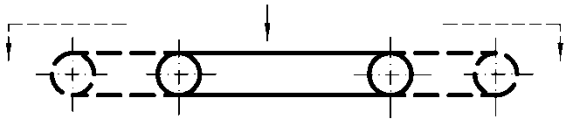
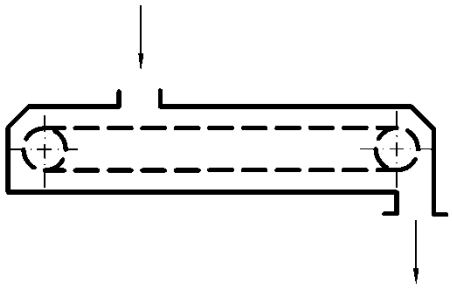
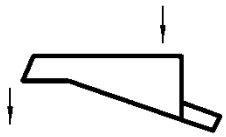
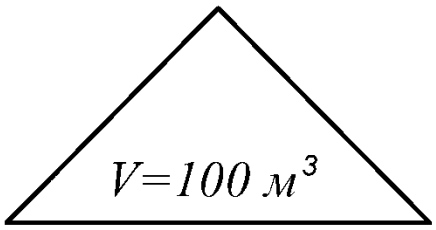
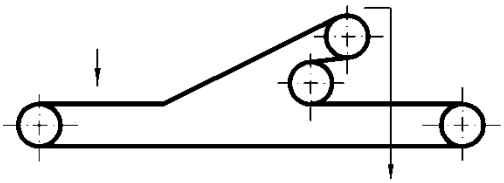
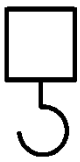
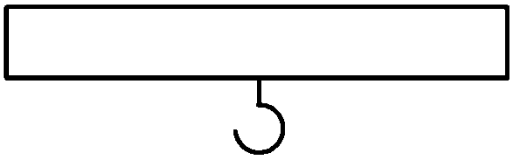
Конвейер ленточный	*Конвейер реверсивный*
	
Питатель пластинчатый	*Питатель электровибрационный*
	
Склад готовой продукции	*Конвейер с автостеллой (с разбрасывающей тележкой)*
	
Таль электрическая	*Кран-балка*
	

Рисунок 2 – Вспомогательное оборудования

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Образец титульного листа

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

РУДОСОРТИРОВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ___ МЛН Т/ГОД

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»

Версия I (II)
вариант № XX

Руководитель
проф., д.т.н. _____ **Е. Ф. Цыпин**

Студент
группа ОПИ-15 _____ **И. О. Фамилия**

Екатеринбург, 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
Образец бланка задания на курсовую работу

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

по дисциплине «Информационные методы ОПИ»

вариант №_____

выдано студенту _____ группа ОПИ_____

Тема курсовой работы: «Рудосортировочный комплекс (цех) предварительного обогащения руды с использованием рентгенорадиометрической сепарации производительностью _____млн т/год» (Версия _____).

Исходные данные

Первая цифра варианта	
Производительность по исходной руде, млн. т/год	
Коэффициент крепости руды по шкале М. М. Протодьяконова	
Насыпная плотность исходной руды, кг/м^3	
Размер максимального куска в руде, поступающей в цех, мм	
Размер максимального куска в разгрузке дробилки, мм	
Номер гранулометрической характеристики исходной руды	
Вторая цифра варианта	
Номер фракционного состава сортируемых классов руды (Версия I)	
Угол наклона сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора в рабочей точке, град.	
Величина E_{pm_2}, у. е.	
Номер кривой разделения сортируемых классов руды (Версия II)	
Коэффициент k	
Коэффициент k_φ	

Содержание курсовой работы: Пояснительная записка, включающая текстовую и графическую части (качественно-количественная схема и схема цепи аппаратов).

Сроки выполнения: _____

Задание выдал: _____ / Е. Ф. Цыпин /
дата, подпись

Задание получил: _____ / /
дата, подпись

Учебное издание

Цыпин Евгений Федорович

Овчинникова Татьяна Юрьевна

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор И. А. Крестьянинова

Компьютерная вёрстка: Т. Ю. Овчинниковой

Подписано в печать 24.10.2018 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 3,56. Уч.-изд. л. 2,00. Тираж 100 экз. Заказ № 113

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный
горный университет»**

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета
«22» ноября 2018 г.

Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Ц 96

Рецензент: *А. Е. Пелевин*, доктор технических наук,
профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 8 ноября 2018 г. (протокол № 3) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю.

Ц 96 Информационные методы обогащения полезных ископаемых: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Информационные методы ОПИ» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения /Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 34 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Информационные методы ОПИ» и содержит элементы теории, постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений информационных методов обогащения и методик оценки обогатимости при их использовании.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю., 2019
© Уральский государственный
горный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ 4

Лабораторная работа № 1 КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕПАРАТОРА 11

Лабораторная работа № 2 ВЫБОР АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРЬЯ НА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ СЕПАРАТОРЕ 15

Лабораторная работа № 3 ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА (ПАРАМЕТРА РАЗДЕЛЕНИЯ) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ КУСКА В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ 22

Лабораторная работа № 4 ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ НА ВЕЛИЧИНУ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА 24

Лабораторная работа № 5 СЕПАРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА 26

Лабораторная работа № 6 ИСПЫТАНИЯ ОБОГАТИМОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ . 29

Лабораторная работа № 7 ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КУСКОВ СОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА 30

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 34

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Характеристики (свойства) вещества, используемые для измерений в информационных методах, определяются элементным, изотопным, минеральным составами, особенностями текстуры и структуры, характером минерализации, состоянием поверхности и многими другими факторами.

Информационные методы отличает от прочих несколько свойственных только им весьма ценных возможностей. Среди них: возможность разделения по признакам, весьма тесно связанным с содержанием элементов; возможность использования комплексных разделительных признаков, обеспечивающих качественную идентификацию минеральных фаз; возможность учёта в алгоритмах принятия решения содержаний нескольких элементов с учётом их промышленной ценности; возможность использования при разделении в одной технологической операции различий разделяемых фаз по нескольким физическим свойствам, что в прямых методах обогащения или просто невозможно, или требует развёрнутых технологических схем.

Среди информационных методов особое место занимают рентгеновские и гамма-методы. Основные процессы взаимодействия рентгеновского и γ-излучений со средой – это фотоэлектрическое поглощение на электронных оболочках или на ядрах атомов, рассеяние на электронах, образование пар электрон-позитрон, при больших энергиях квантов – захват с делением ядра (ядерный фотоэффект).

Процессы поглощения сопровождаются испусканием характеристического рентгеновского излучения, оже-электронов (фотоэффект), испусканием электронов и позитронов (образование пар), нейтронов (фотоядерный эффект). Рассеяние сопровождается изменением направления движения и энергии γ-квантов или испусканием элементарных частиц.

Прошедшее через вещество γ-излучение ослабляется главным образом за счёт фотопоглощения на электронных оболочках (фотоэффект), иногда за счёт фотопоглощения на ядрах атомов с испусканием нейтронов (фотоядерный эффект), когерентного и некогерентного рассеяния на электронах (комптоновское рассеяние преобладает над прочими видами рассеяния), образования пар электрон-позитрон как на ядре, так и на электронах.

Процесс, когда γ-квант взаимодействует с одним из электронов и при этом полностью поглощается атомом, а его энергия тратится на

преодоление связи электрона и удаление его из атома, называется *фотоэлектрическим поглощением* или *фотоэффектом*. При этом электрон выбрасывается за пределы атома с энергией

$$E_e = E_\gamma - E_q,$$

где E_γ – энергия γ-кванта; E_q – энергия связи электрона (потенциал ионизации оболочки атома).

Если энергия γ-кванта больше энергии связи наиболее близкого к ядру электрона, то фотоэффект может происходить на любой электронной оболочке атома. Максимальную вероятность поглощения кванта имеют наиболее сильно связанные электроны. Фотоэлектрический коэффициент поглощения на *K*-оболочке в несколько раз больше подобного коэффициента на всех остальных.

Поскольку электроны, окружающие ядра атомов, располагаются на отдельных энергетических уровнях (*K*-, *L*-, *M*- и т. д.), при удалении одного из электронов атом оказывается в возбуждённом состоянии. Он возвращается в нормальное состояние практически мгновенно (10^{-16}–10^{-7} с) путём целого каскада последовательных переходов электронов с одного уровня на другой с постепенным снижением энергии перехода. В результате таких переходов избыток энергии атома теряется за счёт испускания фотонов, образующих характеристическое рентгеновское излучение, называемое также рентгеновским флуоресцентным излучением.

Связь между длиной волны спектральной линии λ и энергии E_x характеристического рентгеновского излучения элемента для каждой спектральной линии (K_α, K_β, L_α, L_β, и т. д.) с атомным номером Z определяется законом, согласно которому

$$\sqrt{1/\lambda} = a \cdot (Z - b),$$

или, поскольку $1/\lambda = E/(\hbar C)$, где $\hbar$ – постоянная Планка; C – скорость света в вакууме,

$$\sqrt{E_x} = a_1 \cdot (Z - b) \quad \text{или} \quad \sqrt{E_x} \propto Z,$$

где a, $a_1 = a(\hbar C)^{1/2}$; b – константы для конкретных спектральных линий рентгеновского излучения элементов. Они различны для K_α, K_β, L_α, L_β и т. д. линий.

Первоначально данный закон был открыт английским физиком Мозли как эмпирическая закономерность для длин волн линии K_α разных элементов. Затем с развитием методов квантовой механики и объяснением смысла эмпирических постоянных, входящих в уравне-

ния, был распространён на прочие спектральные линии, в том числе и других серий.

Таким образом, для каждого элемента энергия его характеристических квантов строго фиксирована, и интенсивность характеристического излучения определяется массовой концентрацией этого элемента в исследуемом веществе. Эти два обстоятельства являются основой *гамма-флуоресцентного* и *рентгенолюминесцентного* методов измерения.

В данном методе обычно используются *K*- и *L*-серии характеристического излучения элементов.

Для возбуждения атома на *q*-уровне энергия, передаваемая электрону, не может быть меньше энергии связи электрона на данном уровне. Минимальная энергия излучения, приводящая к возбуждению атома на *q*-уровне, очень близка к энергии *q*-края поглощения, но несколько меньше него. Энергия возбуждения атома на *K*-уровень почти на порядок больше той же энергии для возбуждения на *L*-уровень.

Если $E_\gamma > E_K$ (наиболее близкого к ядру электрона), то фотоэффект может происходить на любой электронной оболочке атома.

Испускаемое атомами характеристическое излучение имеет линейчатый спектр, состоящий из нескольких серий линий. Линия спектра *K*-серии возникает при появлении вакансии на *K*-уровне, линия *L*-серии при возникновении вакансии на *L*-уровне и т. п. Если атомы вещества испускают кванты *q*-серии, то в спектре всегда будут присутствовать линии более удалённых уровней (серий). Заполнение *K*-уровня электронами может происходить за счёт электронов L_{III}- и L_{II}-подуровней (соответственно K_{α_1}, K_{α_2} – линии с энергией фотонов, отличающихся друг от друга) или за счёт электронов уровней M_{III} и N_{III} (линии K_{β_1}, K_{β_2}).

Если речь идёт об одном атоме, то возникает одна из линий *K*-серии. Поскольку любой из переходов случаен, предсказать появление конкретной линии невозможно. Вероятность появления линий различна, больше она для линий, расположенных к *K*-уровню ближе других. Соотношение интенсивностей линий *K*-серии:

$$I_{\alpha_1} : I_{\alpha_2} : I_{\beta_1} : I_{\beta_2} = 100 : 50 : 25 : 5.$$

Подобные закономерности соотношения интенсивностей справедливы и для других уровней.

В редких случаях избыток энергии атома вызывает не излучение фотона, а излучение оже-электрона. Это происходит при заполнении

вакансии электроном L_{III}-серии с L_I-уровня (безрадиационный переход).

Выход фотонов характеризуется коэффициентом выхода флуоресценции (отдачей флуоресценции) W_q, определяемым соотношением числа атомов, испустивших фотоны характеристического излучения q-серии, к общему числу атомов, возбуждённых на q-уровень:

$$W_q = n_{qx} / n_q .$$

Коэффициент выхода флуоресценции зависит от порядкового номера элемента и возбуждаемого уровня, для каждого элемента он является постоянной величиной. С увеличением порядкового номера элемента вероятность радиационных переходов возрастает.

Приближённое значение коэффициента выхода флуоресценции для K-уровня можно найти по формуле

$$W_K = \frac{Z^4}{Z^4 + 34{,}2^4}.$$

Для L-уровня коэффициент выхода флуоресценции в несколько раз меньше, чем для K-уровня (эта закономерность действует и при переходе к каждому последующему уровню), поэтому при γ-флуоресцентном методе обогащения целесообразно использовать информацию о характеристическом излучении, возникающем при возбуждении K- или L-краёв поглощения химических элементов. В таблице приведены значения энергии K-краёв поглощения для химических элементов. При этом под краем поглощения понимается граничное значение энергии излучения, способного удалить электрон с K-уровня.

Энергии скачков специфические для каждого элемента. Энергия каждого i-го скачка соответствует i-му краю поглощения.

В таблице 1 представлены такие энергетические характеристики фотонов химических элементов.

При рассмотрении данных таблицы следует учитывать, что фотоны с энергией 1–3 кэВ имеют низкую проникающую способность даже в воздухе, что делает невозможным их использование при информационном обогащении. Нижняя граница применения гамма-флуоресцентного метода находится в области элементов с Z=20, то есть метод применим начиная с кальция.

Гамма-флуоресцентный метод обогащения может использоваться для многих типов руд цветных, чёрных и редких металлов, напри-

мер марганцевых, медно-никелевых, медно-цинковых, молибденовых, оловянных, свинцово-цинковых, цезиевых, вольфрамовых и др.

Таблица 1 – Энергия фотонов основных линий и краёв поглощения некоторых химических элементов

Элемент	**Атомный номер**	**Энергия фотонов, кэВ**				
		K_α	K_β	L_α	L_β	***K*-край поглощения**
Кальций	20	3,691	4,012	0,341	0,344	4,038
Скандий	21	4,090	4,460	0,395	0,399	4,496
Титан	22	4,510	4,931	0,452	0,458	4,964
Ванадий	23	4,952	5,427	0,510	0,519	5,463
Хром	24	5,414	5,946	0,571	0,581	5,988
Марганец	25	5,899	6,490	0,636	0,647	6,537
Железо	26	6,403	7,057	0,704	0,717	7,111
Кобальт	27	6,930	7,649	0,775	0,790	7,709
Никель	28	7,477	8,264	0,849	0,866	8,331
Медь	29	8,047	8,904	0,928	0,948	8,898
Цинк	30	8,638	9,571	1,009	1,032	9,660
Мышьяк	33	10,543	11,725	1,282	1,317	11,863
Рубидий	37	14,960	13,394	1,694	1,752	15,201
Ниобий	41	16,614	18,621	2,166	2,257	18,987
Молибден	42	17,478	19,607	2,293	2,395	20,002
Серебро	47	22,162	24,942	2,984	3,151	25,517
Кадмий	48	23,172	26,093	3,133	3,316	26,712
Олово	50	25,270	28,483	3,444	3,662	29,190
Барий	56	32,191	36,376	4,467	4,828	37,410
Вольфрам	74	59,310	67,233	8,396	9,670	69,508
Платина	78	66,820	75,736	9,441	11,069	78,379
Золото	79	68,794	77,968	9,711	11,439	80,713
Свинец	82	74,957	84,922	10,549	12,611	88,001

Рентгеновское и γ-излучения представляют собой электромагнитные колебания, различающиеся природой своего происхождения. Энергетические (частотные) диапазоны их перекрываются в широкой области (12,4-250 кэВ). При одинаковой энергии фотонов оба типа излучений эквивалентны.

Процессы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом предопределяются энергией фотонов и составом вещества, поэтому независимо от происхождения фотонов закономерности взаимодействия обоих излучений одинаковых энергий с веществом оди-

наковы и излучения могут рассматриваться и как рентгеновское, и как γ-излучение.

γ-излучение является результатом ядерной реакции (например, распад радиоактивного изотопа) или аннигиляции частиц.

Первичное рентгеновское излучение чаще получают с использованием рентгеновских трубок при торможении заряженных частиц (электронов) материалом анода (тормозное рентгеновское излучение).

Спектр первичного рентгеновского излучения является сплошным (диапазон спектра – от нуля до максимума, определяемого напряжением на аноде), поскольку энергии электронов, взаимодействующих с атомами вещества анода, меняются в широких пределах. Спектр может иметь выраженный пик, соответствующий энергии первичного характеристического рентгеновского излучения атомов вещества анода (*K*- или *L*-серии). Спектр γ-излучения линейчатый (одна или несколько энергетических линий изотопа).

Вторичное рентгеновское флуоресцентное излучение возникает в результате возбуждения атомов под действием фотонов мягкого γ- или рентгеновского излучения и в ряде случаев потока α- и β-частиц с последующими переходами электронов между разными энергетическими уровнями электронной оболочки.

Для определения концентраций элементов в рудах и горных породах при сортировке используют, как правило, вторичное характеристическое рентгеновское флуоресцентное излучение, возникающее при взаимодействии первичного рентгеновского излучения (включающего и тормозное характеристическое от материала анода) с веществом. Первичное характеристическое излучение иногда используют лишь при аналитическом лабораторном контроле состава облучаемого вещества.

Рентгеновское излучение может быть также использовано для рентгеноотражательного и рентгеноабсорбционного методов обогащения, по сути не отличающихся от соответствующих γ-аналогов.

Особенности, связанные со сплошным спектром первичного рентгеновского излучения, а также с большей мощностью излучения рентгеновской трубки в сравнении с излучением изотопа, определяют методические отличия применения всех рентгеновских методов в сравнении с их γ-аналогами.

Поскольку изотопы (источник γ-излучения) – это радиоактивные вещества, которые представляют постоянную радиоактивную опасность, и их мощность существенно меньше, чем у рентгеновских трубок, в настоящее время в качестве источников излучения для общего

диапазона энергий γ- и рентгеновских квантов применяют рентгеновские трубки.

Основные методы измерения содержания элементов с использованием облучения кусков руды первичным рентгеновским излучением: рентгенофлуоресцентный, рентгеноабсорбционный и рентгеноотражательный (по рассеянному излучению). Они во многом повторяют соответствующие γ-аналоги. Самым универсальным и внедряемым в последние годы является рентгенофлуоресцентный метод обогащения.

К наиболее разработанным и нашедшим промышленное использование в России и ряде стран мира следует также отнести и рентгенолюминесцентный метод обогащения.

Флуоресцентные методы весьма селективны, они являются прямыми, так как интенсивность излучения в характеристической рентгеновской энергетической области элемента прямо характеризует его содержание в контролируемом объёме (слое) вещества. В спектре может быть выделено несколько спектральных областей, каждая из которых соответствует определённому элементу, что позволяет одновременно определять содержания нескольких элементов. Эти преимущества делают флуоресцентные методы наиболее информативными и перспективными для применения.

Практическая реализация флуоресцентных методов обогащения, помимо выделения спектральной области определённого элемента, требует в ряде случаев учёта ряда мешающих факторов (размеры кусков, расстояния излучатель-кусок, кусок-детектор, влияние аналитических линий прочих элементов, влияние рассеянного излучения и т. д.). Учёт может производиться различными приёмами.

Чаще применяют в качестве разделительного признака функцию интенсивностей потоков квантов в нескольких спектральных областях, в том числе в области рассеянного излучения. Формирование разделительного признака (построение алгоритма разделения) осуществляется чаще с использованием способов спектральной разности, спектрального отношения или их комбинаций.

Лабораторная работа № 1
КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕПАРАТОРА

Цель работы: изучение конструкции, принципа действия и технических характеристик сепаратора рентгеновского флуоресцентного (СРФ).

Пояснения к работе

Один из методов рентгенорадиометрического обогащения – рентгенофлуоресцентный. От прочих радиометрических методов его отличает возможность использования в качестве признака разделения аналитического параметра, тесно коррелированного с массовой долей интересующих элементов. Метод основан на возбуждении *характеристического рентгеновского излучения элементов* (ХРИЭ) при воздействии на вещество первичного рентгеновского излучения, генерируемого рентгеновской трубкой. Характеристическое излучение атомов тесно связано со строением их электронных оболочек и функционально зависит от атомного номера элемента. Наряду с ХРИЭ, при взаимодействии первичного рентгеновского излучения с веществом и средой, в которой происходит измерение, возникает рассеянное рентгеновское излучение. При прекращении облучения вторичное излучение мгновенно исчезает без остаточной радиации облучённого вещества. В рентгеноспектральном анализе контролируемая толщина материала зависит от энергий первичного и вторичного излучений и составляет от 0,01 до 1 мм, т. е. измерение проводится с поверхностного слоя куска.

Конструкция рентгенофлуоресцентного сепаратора приведена на рисунке 1.1.

Принцип возбуждения первичного рентгеновского излучения в рентгеновской трубке, его взаимодействие с куском руды и регистрация вторичного характеристического и рассеянного излучений поясняются рисунком 1.2.

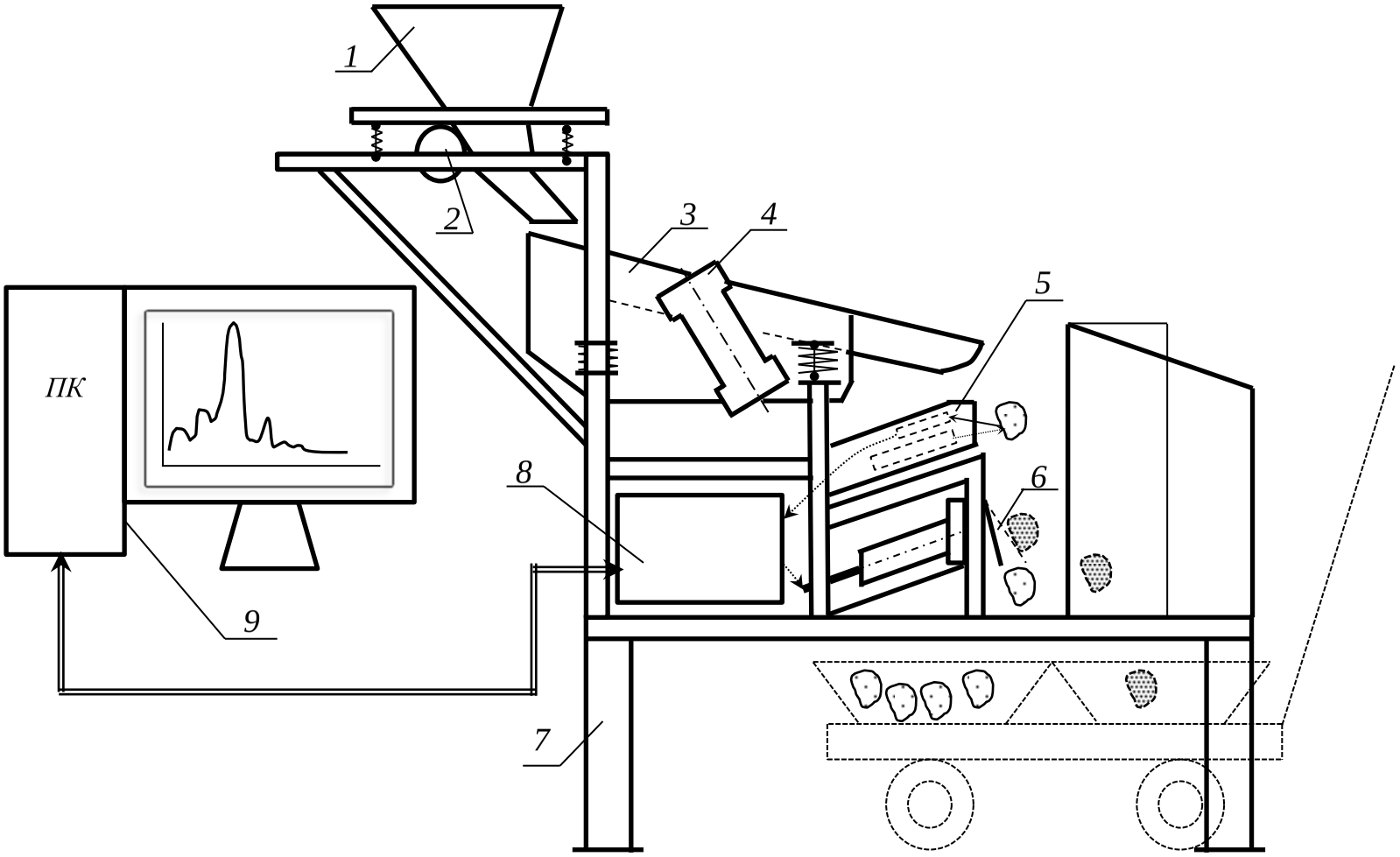


Рисунок 1.1 – Сепаратор рентгенофлуоресцентный лабораторный (СРФ-100Л):
1 – бункер-питатель; *2* – вибратор питателя; *3* – раскладчик;
4 – вибратор раскладчика; *5* – блок рентгеновский; *6* – отбойник; *7* – рама;
8 – бортовой компьютер; *9* – управляющий компьютер

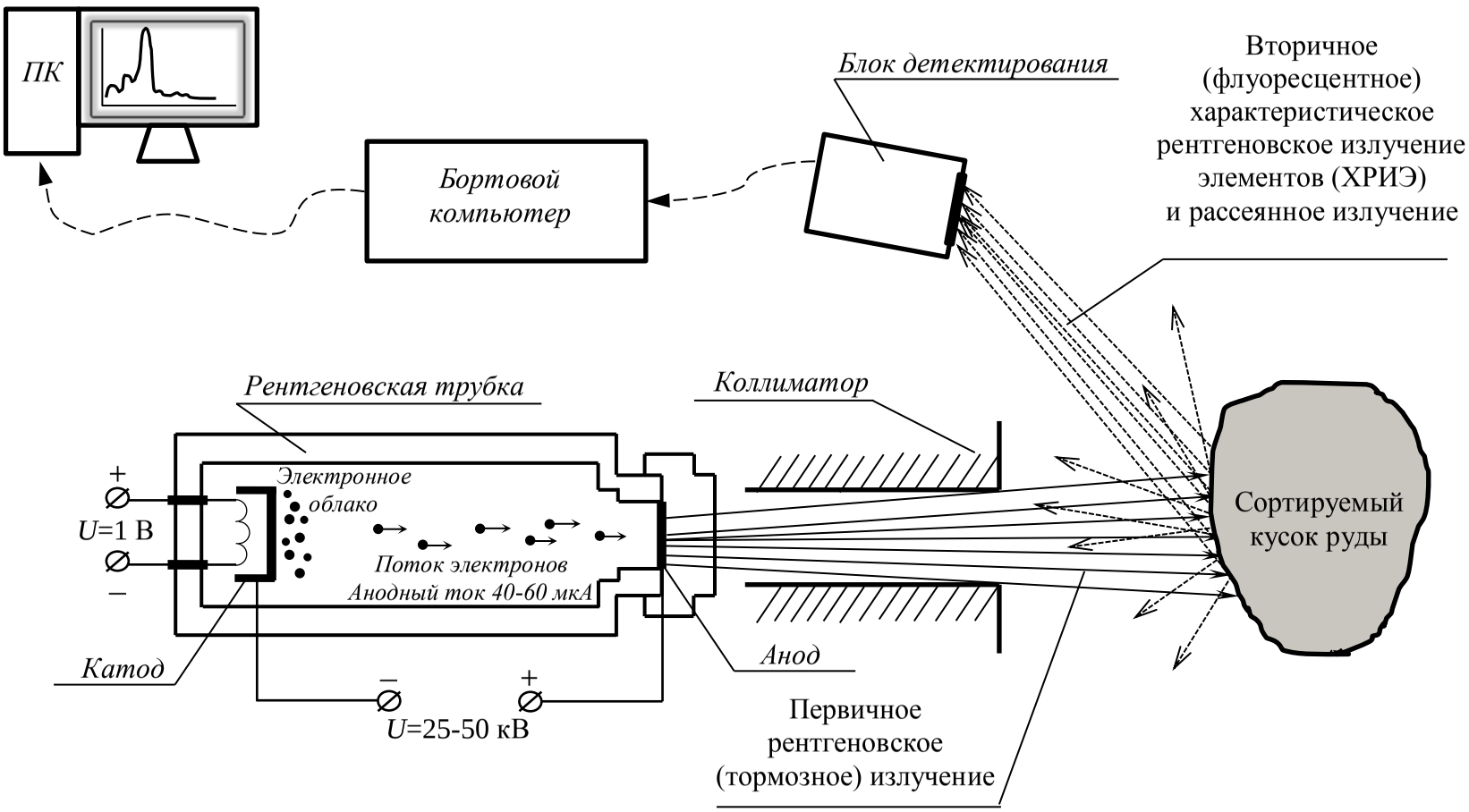


Рисунок 1.2 – Принцип возбуждения и регистрации излучений

В составе рентгеновских флуоресцентных сепараторов используются специальные портативные маломощные рентгеновские излучатели. Первичное излучение рентгеновских излучателей подбирается для каждого анализируемого элемента или группы элементов материалом анода трубки (Mo, W, Re, Ag), анодным напряжением (в пределах 20-50 кВ) и анодным током (40-60 мкА), а также фильтрами-ослабителями (из алюминиевой или медной фольги). Вторичное излучение от куска регистрируется блоками детектирования.

Электрические импульсы блока детектирования посредством обработки в бортовом компьютере преобразуются в аппаратурный спектр вторичного регистрируемого излучения. Его анализ (выделение аналитических областей анализируемых элементов и рассеянного излучения) и расчёт аналитического параметра производятся бортовым компьютером в реальном масштабе времени. Исполнительными механизмами для удаления кусков из потока служат либо быстродействующие электромагнитные шиберные устройства, либо быстродействующие пневматические клапаны.

Управление работой бортового компьютера (настройка) осуществляется с помощью персонального компьютера посредством программного обеспечения RadosSeparatorQT.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности.

2. Изучить конструкцию сепаратора СРФ, составить эскиз сепаратора с указанием основных узлов и деталей.

3. Изобразить схему, показывающую принцип возбуждения и регистрации излучения в СРФ.

4. В отчёте изобразить сепаратор с указанием основных узлов и деталей, схему возбуждения и регистрации излучения в рентгенорадиометрическом сепараторе (РРС), полученные рентгеновские спектры кусков и дать оценку качества разделения по доле количества породных кусков в концентрате и минеральных кусков в хвостах.

Лабораторная работа № 2
ВЫБОР АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРЬЯ НА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ СЕПАРАТОРЕ

Цель работы: экспериментальное определение параметра разделения (аналитического параметра) для разделения пробы минерального сырья на сепараторе СРФ.

Пояснения к работе

При измерении вторичного рентгеновского спектра кусков формируется аппаратурный спектр вторичного излучения, который служит основой для определения содержаний компонентов в кусках. Это не реальный спектр, а его аппаратурное отображение, преобразованное из энергетического спектра за счёт прохождения через ряд электронных устройств (детектора, блока детектирования). Искажения спектра вызываются нестабильностью и эксклюзивностью характеристик электронных устройств, таких как энергетическое разрешение, эффективность регистрации детектором квантов различных энергий, уровень шумов, амплитудный диапазон, линейность характеристик блока детектирования и пр. По этой причине каждая аналитическая линия *K*- или *L*- серии элементов в аппаратурном спектре проявляется не в виде линейчатого спектра (монолиний), а в виде пика нормального распределения с центром, соответствующим энергии аналитической линии ХРИЭ. Например, K_α-линия Fe имеет энергию 6,4 кэВ, а в аппаратурном спектре она уширяется и имеет аналитическую область энергий от 5,2 до 7,6 кэВ. Кроме того, спектры отдельных элементов накладываются друг на друга, и число импульсов от всех элементов в каждом энергетическом интервале суммируется. Пример аппаратурного спектра образца сульфидной свинцовой руды приведён на рисунке 2.1. Помимо галенита в состав руды входит также в небольших количествах пирит.

На рисунке 2.1 выделены спектральные области ХРИ: K_α(Fe) и K_β(Fe) от пирита; L_α(Pb) и L_β(Pb) от галенита; область контроля работы АРУ (материал анода Mo); область рассеянного излучения.

Ось абсцисс – энергетическая шкала, представляет распределение регистрируемых квантов по энергии, условно задаваемых как номер канала анализатора. В аппаратурном спектре энергия квантов *E* пропорциональна номеру канала (амплитуде импульса в вольтах).

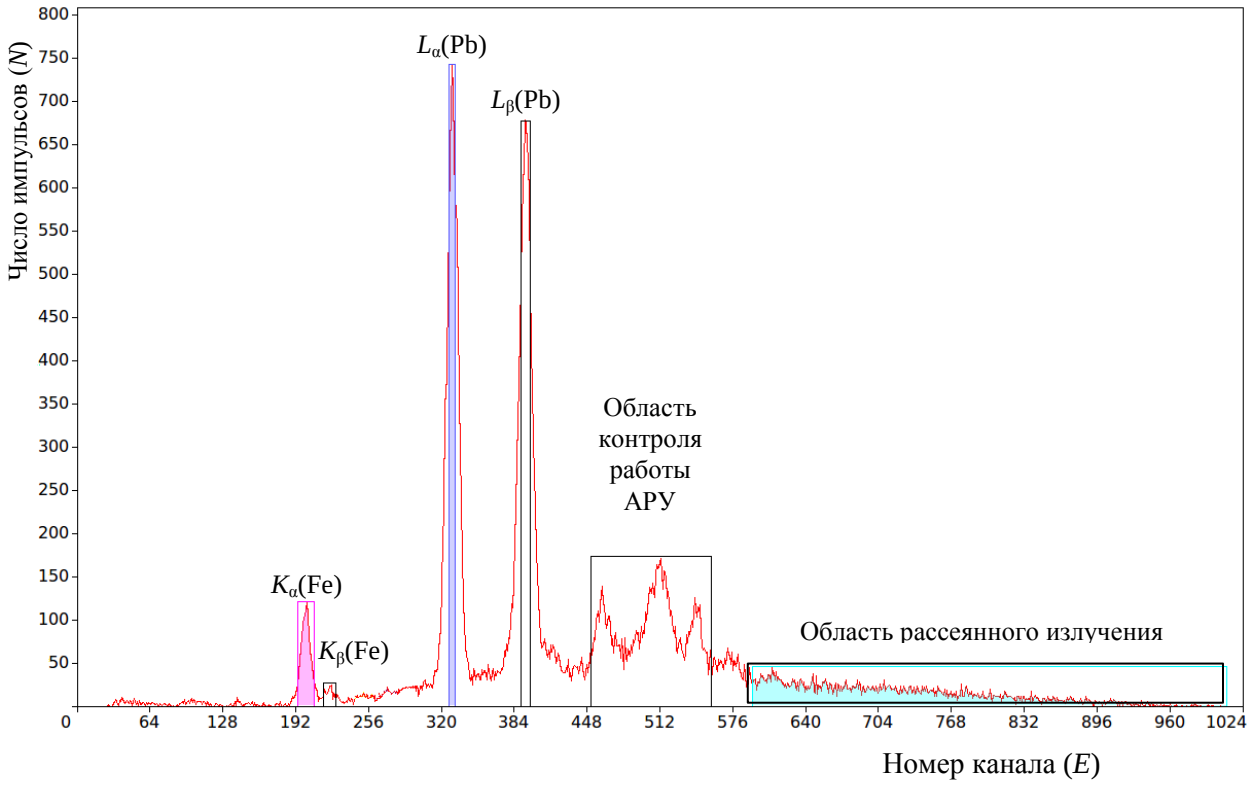


Рисунок 2.1 – Спектр ХРИ образца сульфидной свинцовой руды

Ось ординат – число зарегистрированных импульсов-квантов с различной энергией E. По оси N может быть отложена интенсивность излучения.

Под интенсивностью I понимается количество зарегистрированных импульсов за единицу времени – 1 с. Полная интенсивность I всего спектра в пределах всей максимально возможной ширины аналитической области называется суммарной или интегральной, обозначается I_Σ и определяется как суммарное число импульсов по всем каналам в этой области в единицу времени.

В рентгеновском флуоресцентном сепараторе СРФ для определения содержаний элементов используется часто метод спектральных отношений. Метод предполагает использование для определения аналитического параметра P (в общем случае параметра разделения) формулы (2.1). В данном случае аналитический параметр корреляционно связан с содержанием элемента α_1 (связь описывается нелинейным регрессионным уравнением):

$$P = f(\alpha_1) = \frac{N_1 + K_2 N_2}{N_3 + K_4 N_4}, \qquad (2.1)$$

где $N_1 \ldots N_4$ – количество импульсов, регистрируемых ДЭУ от куска в

выбранных аналитических областях: N_1 – флуоресцентное ХРИ излучение основного анализируемого элемента; N_2 и N_4 – флуоресцентное характеристическое рентгеновское излучение (ХРИ) сопутствующих и (или) мешающих элементов, которые необходимо учитывать для более правильного расчёта P и повышения чувствительности измерений (в т. ч. для учёта взаимовлияющих элементов); N_3 – как правило, рассеянное куском излучение (часто используется обозначение N_S); K_2 и K_4 – спектральные коэффициенты, выбираемые при разработке методики РРС.

K_2 со знаком «плюс», если элементы при разделении должны концентрироваться в одном продукте, и со знаком «минус», если они должны быть направлены в разные продукты. Численные значения K_2 и K_4 служат для учёта соотношений площадей пиков отдельных элементов или для учёта их условной ценности.

В отдельных случаях, если элементы имеют весьма близко расположенные вершины пиков и представляют примерно одинаковую ценность, сумму числа импульсов от этих элементов можно учесть в формуле объединением их смежных спектральных областей в единую. Этим приёмом часто пользуются, например, в случае медно-цинковых или медно-никелевых руд, когда пики меди и цинка, меди и никеля трудно разделимы.

Для детекторов с высокой разрешающей способностью необходимость учёта наложения пиков отдельных элементов отпадает.

Данный способ спектрального отношения (известный в рентгенорадиометрии и широко применяемый в геофизической практике), адаптированный для условий РРС, в отличие от других возможных вариантов позволяет более точно и полно учитывать ряд мешающих факторов, таких как непостоянство геометрии измерения кусков (изменение геометрического фактора вызвано изменениями и колебаниями траектории полёта, формы и размеров кусков), непостоянство вещественного состава анализируемой среды (матричный эффект – зависимость интенсивности флуоресцентного ХРИ и рассеянного излучения (РИ) от общего вещественного состава каждого куска, т. е. от соотношения в анализируемой среде составляющих его элементов и минералов).

Для большинства задач РРС достаточно четырёх аналитических областей, что и отражено в приведённом алгоритме расчёта для аналитического параметра P. При необходимости учёта дополнительных элементов в формулу может входить до 6-8 аналитических областей.

На рисунках 2.2-2.4 выделены спектральные области вторичного характеристического излучения интересующих элементов и спектральные области рассеянного рентгеновского излучения (*Ns*). Следует отметить, что на спектрах отображаются пики линий K_α и K_β по каждому из этих элементов. Для тяжёлых элементов, например свинца, на спектрах отображаются пики линий L_α и L_β.

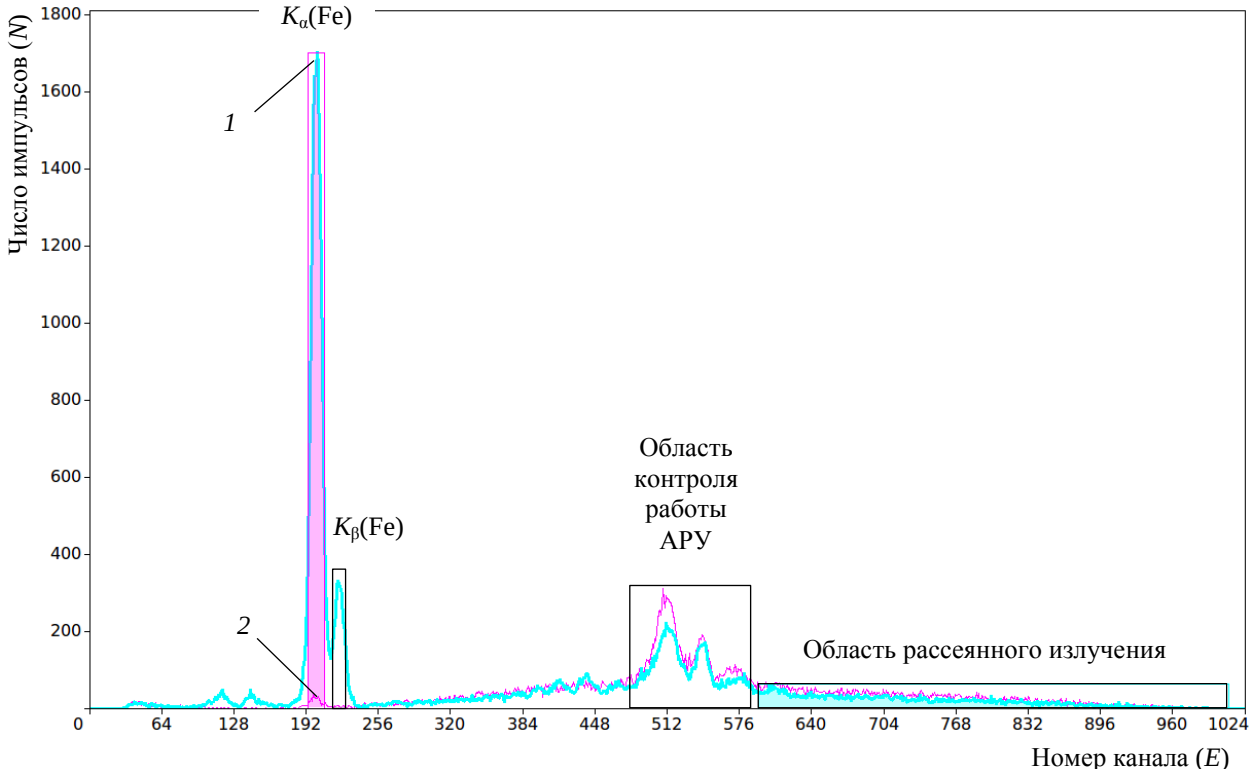


Рисунок 2.2 –Вторичные рентгеновские спектры кварца с различным содержанием железа: *1* – спектр образца с высоким содержанием железа; *2* – спектр образца с низким содержанием железа

Для мономинерального сырья и простых технологических задач в большинстве случаев используют простой аналитический параметр:

$$P = N_1 / N_j \,, \qquad (2.2)$$

где N_1 – суммарное число импульсов в области спектра для измеряемого компонента; N_j – суммарное число импульсов в j-й спектральной области, выделяемой для сравнения.

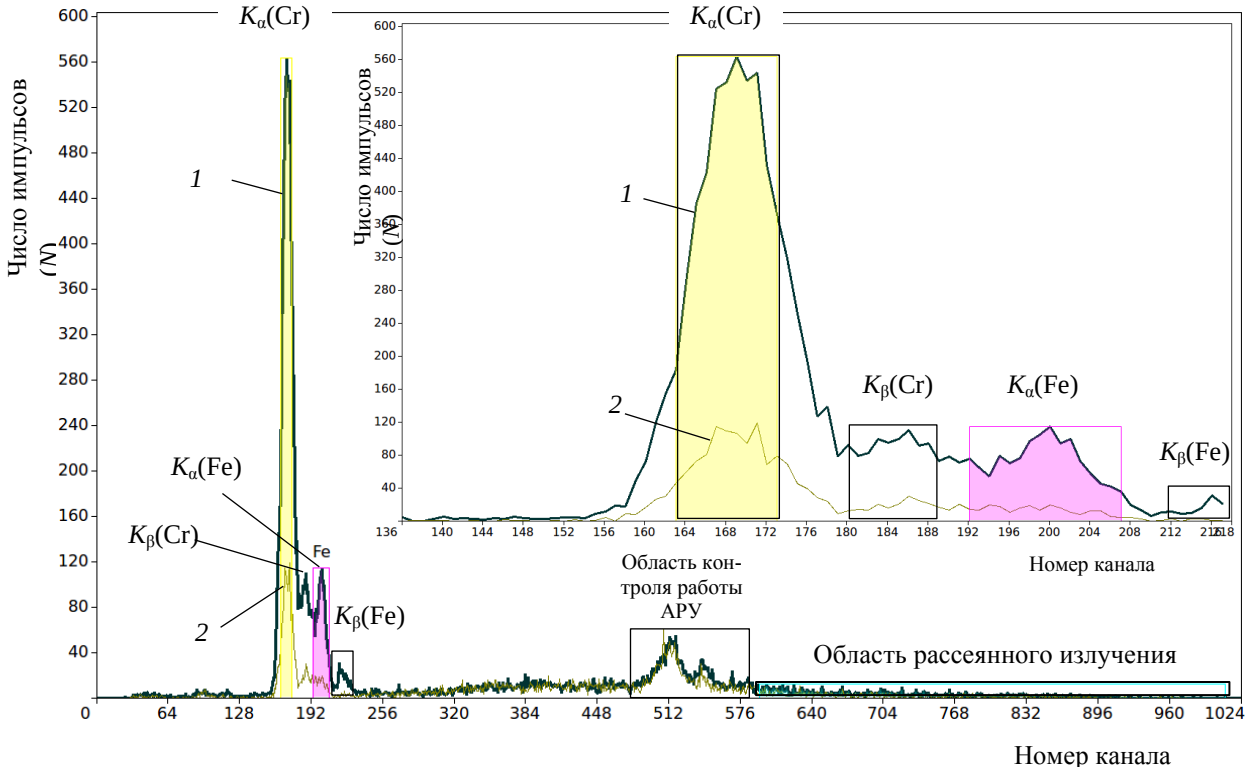


Рисунок 2.3 –Вторичные рентгеновские спектры образцов хромитовой руды с различным содержанием хрома:
1 – спектр образца с высоким содержанием хрома;
2 – спектр образца с низким содержанием хрома

Для сложных технологических задач приходится усложнять и алгоритм расчёта аналитического параметра. Для примера ниже приведены характерные аппаратурные спектры с установленными областями.

Для рисунка 2.2

$$P_{Fe} = N_{Fe} / Ns, \qquad (2.3)$$

для рисунка 2.3

$$P_{Cr} = N_{Cr} / Ns. \qquad (2.4)$$

В отдельных особых случаях могут быть использованы такие параметры разделения как $P_2=N_1$ или $P_3= Ns$.

Для рисунка 2.4 при отделении от кусков прочих видов медного от цинкового и медно-цинкового или цинкового от медных и медно-цинковых необходимо учесть «взаимопроникновение» монопиков элементов в соседние спектральные области. Например, для выделения медных кусков может быть применён аналитический параметр вида:

$$P_{Cu} = (N_{Cu} – K_2\, N_{Zn}) /Ns, \qquad (2.5)$$

где K_2 – доля площади пика K_α(Zn), «проникающего» в спектральную

область меди, доля может быть вычислена по спектру металлической цинковой пластины, с учётом номеров каналов – границ спектрального отношения элементов.

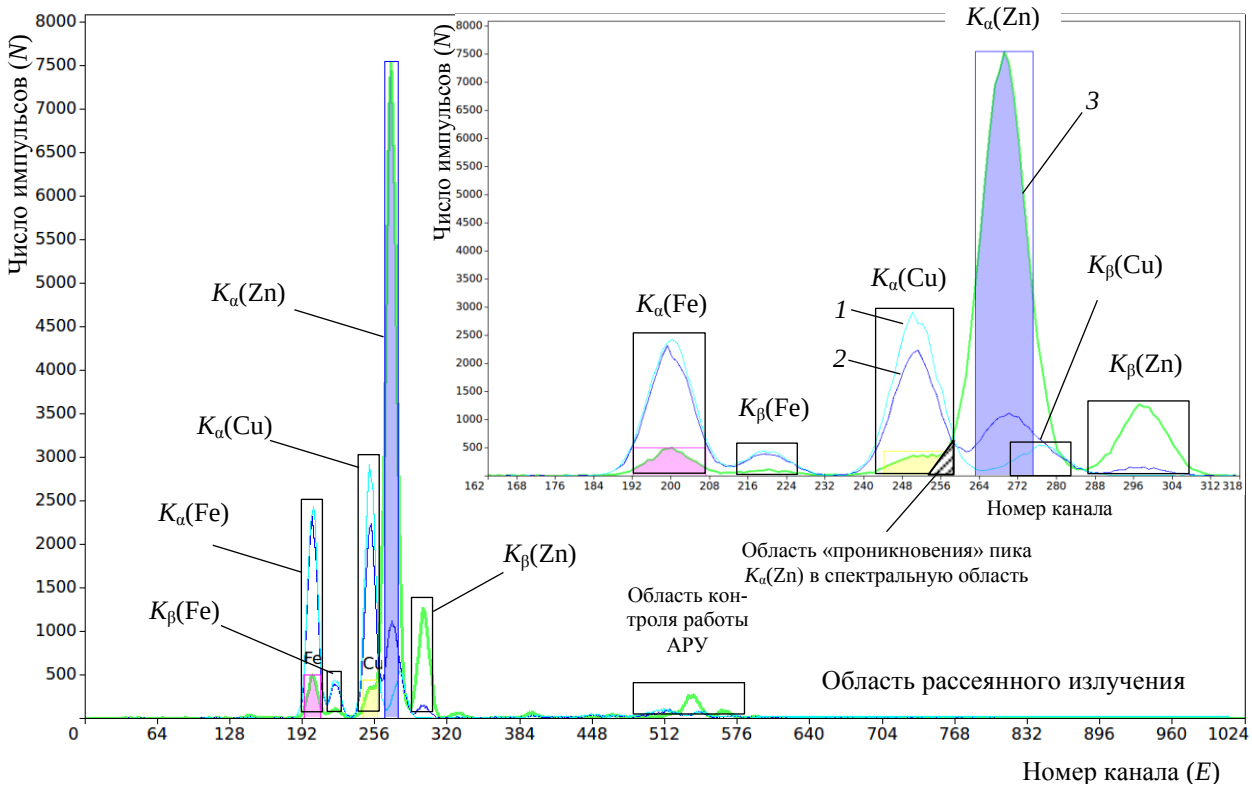


Рисунок 2.4 –Вторичные рентгеновские спектры образцов богатых кусков медно-цинковой сульфидной руды: *1* – спектр образца с высоким содержанием меди; *2* – спектр образца с высоким содержанием меди и цинка; *3* – спектр образца с высоким содержанием цинка

Для аналитического параметра существует много изменяемых настройками величин. Это местоположение и ширина спектральных окон, количество слагаемых в числителе и знаменателе, знаки и числовые значения коэффициентов в формуле типа (2.3), (2.4), (2.5).

При выборе формулы надо добиваться наибольшего контраста значений аналитического параметра P, т. е. максимальной разности его значений наиболее богатых и наиболее бедных компонентом кусков. Практически такие куски из пробы выбрать очень трудно, поэтому целесообразно отбирать визуально по несколько самых бедных и самых богатых кусков. Тогда абсолютные значения контраста можно рассчитать по формуле

$$\Delta_{\text{абс}} = |P_{\text{ср бог}} - P_{\text{ср бед}}| = |\Sigma\, p_{\text{бог}\,i} / n - \Sigma\, p_{\text{бед}\,j} / m\,|, \qquad (2.6)$$

где n и m – число отобранных богатых и бедных кусков; $p_{\text{бог}\,i}$, $p_{\text{бед}\,j}$ – значения аналитического параметра i-го богатого и j-го

бедного кусков (может быть определено для каждого куска как среднее значение нескольких замеров при разных его положениях в зоне измерения).

Относительные значения контраста можно вычислить по формуле

$$\Delta_{отн} = 2\Delta_{абс} / (P_{ср\ бог} + P_{ср\ бед}), \qquad (2.7)$$

Порядок выполнения работы

1. Заготовить таблицу для занесения результатов измерений (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты эксперимента

Формула	**Вид кусков**	**Номер куска**	**Значения параметра разделения в отдельных замерах**				**Среднее для куска**	**Среднее для группы кусков**	**Значения контраста**	
			1	**2**	**3**	**…**			$\Delta_{абс}$	$\Delta_{отн}$
P_1	Богатые	1		…	…	…	$p_{бог\ 1}$	$P_{ср\ бог}$		
		2					$p_{бог\ 2}$			
		…					…			
	Бедные	1					$p_{бед\ 1}$	$P_{ср\ бед}$		
		2					$p_{бед\ 2}$			
		…					…			
P_2	Богатые	1								
		2								
		3								
	Бедные	1								
		2								
		3								
P_3	…	…	…	…	…	…	…			

2. Произвести отбор трёх самых богатых и самых бедных кусков.

3. В нескольких положениях с кусков снять спектры характеристических рентгеновских излучений элементов – ХРИЭ (они сохраняются в памяти компьютера).

4. По спектрам составить и записать варианты формул параметра разделения (P_1, P_2, P_3…), модернизируя формулу (2.1).

5. По каждой формуле и для каждого куска с использованием компьютера сепаратора рассчитать значения аналитических параметров в каждом положении куска, а также их средние значения по отдельным кускам и по группам самых богатых и самых бедных кусков. Для каждой формулы (P_1, P_2, P_3…) найти значения контраста ($\Delta_{абс}$ и $\Delta_{отн}$). Все результаты измерений и расчётов занести в таблицу 2.1.

6. Выбрать из проанализированных формул ту, что наилучшим образом подходит для разделения изученной пробы сырья (относительное значение контраста максимальное).

7. В отчёте привести рентгеновские спектры для богатого и бедного кусков, заполненную таблицу 2.1, выбранную формулу параметра разделения.

Лабораторная работа № 3
ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА (ПАРАМЕТРА РАЗДЕЛЕНИЯ) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ КУСКА В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Цель работы: изучение нестабильности аналитического параметра от куска при различных положениях куска в зоне измерения рентгенорадиометрического сепаратора.

Пояснения к работе

Признаком разделения в рентгеновском сепараторе СРФ является аналитический параметр, вычисляемый по формуле, включающей несколько спектральных характеристик. Кусок, пролетая через зону измерения, может быть по-разному ориентирован, что может явиться причиной погрешностей определения содержания компонента. Различная ориентация куска меняет соотношение характеристического и рассеянного излучения и, как следствие, значение аналитического параметра, даже если это мономинеральный кусок.

Оценку нестабильности значений аналитического параметра можно выполнить как в статических условиях, установив подставку для куска в зоне измерения и меняя его положение перед каждым новым измерением, так и в динамических условиях, неоднократно помещая кусок на питающий лоток сепаратора при каждом новом измерении. Получив несколько значений аналитического параметра от куска, можно найти среднее значение аналитического параметра и характеристику его колебаний, например значение коэффициента вариации *V*. Найденные средние значения и коэффициенты вариации аналитического параметра для динамического и статического режимов могут отличаться, поскольку при измерении аналитического параметра в движении формируется усреднённый сигнал с большей поверхности куска.

Порядок выполнения работы

1. Отобрать каждому студенту по пять кусков, подписать. Среди отобранных кусков должны быть куски с разным содержанием компонента, как богатые полезным компонентом, так и бедные.

2. При включённой измерительной системе сепаратора в статических условиях (кусок неподвижен) произвести измерение значения аналитического параметра в 5 различных положениях. Изменения положения производить при выключенной рентгеновской трубке. Результаты занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Значения аналитического параметра при измерении в статических условиях

Номер куска	**Масса, г**	**Значение аналитического параметра**					$\overline{P}_{\text{СТ}}$	$S_{P\,\text{СТ}}$	$V_{P\,\text{СТ}}$
		1	**2**	**3**	**4**	**5**			

3. В таблицу внести результаты расчёта среднего значения аналитического параметра $\overline{P}_{\text{СТ}}$ и его среднего квадратического отклонения $S_{P\text{СТ}}$, а также коэффициент вариации $V_{P\text{СТ}}=(S_{P\text{СТ}} / \overline{P}_{\text{СТ}})\cdot 100$, %.

4. При включённой измерительной системе сепаратора в динамических условиях (при включённом питателе) 5 раз пропустить через зону измерения каждый кусок, помещая его на лоток питателя ***случайным образом***, измерить значения аналитического параметра при каждом прохождении куска. Результаты заносятся в таблицу 3.2 и обрабатываются аналогично таблице 3.1.

Таблица 3.2 – Значения аналитического параметра при измерениях в динамических условиях

Номер куска	**Масса, кг**	**Значение аналитического параметра**					$\overline{P}_{\text{Д}}$	$S_{P\,\text{Д}}$	$V_{P\,\text{Д}}$
		1				**5**			

5. Оценить смещение среднего значения аналитического параметра при переходе от статического режима к динамическому по формуле

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} \left| \overline{P}_{\text{Д}i} - \overline{P}_{\text{СТ}\,i} \right| \Big/ n, \qquad (3.1)$$

а также вычислить среднее значение отношений коэффициентов вариации значений аналитических параметров при отдельных измере-

ниях в динамическом и статическом режимах:

$$a = \sum_{i=1}^{n} \left(V_{P_{\text{Д}i}} / V_{P_{\text{СТ}i}} \right) / n, \qquad (3.2)$$

где n – число кусков; $\overline{P}_{\text{Д}i}$ и $\overline{P}_{\text{СТ}i}$ – средние значения аналитического параметра для i-го куска соответственно в динамическом и статическом режимах; $V_{P_{\text{Д}i}}$ и $V_{P_{\text{СТ}i}}$ – коэффициенты вариации для i-го куска соответственно для динамических и статических условий.

6. Построить поля корреляции и экспериментальные линии регрессии зависимостей:

$$\overline{P}_{\text{Д}i} = f\left(\overline{P}_{\text{СТ}i}\right); \quad V_{P_{\text{Д}i}} = f\left(\overline{P}_{\text{Д}i}\right); \quad V_{P_{\text{СТ}i}} = f\left(\overline{P}_{\text{СТ}i}\right).$$

Для каждой зависимости рассчитать корреляционное отношение и регрессионное уравнение.

7. В отчёте необходимо привести результаты замеров и расчётов; объяснить причины разброса значений аналитического параметра любого куска при нескольких его измерениях; указать потенциальные причины несовпадения характеристик в динамическом и статическом режимах; объяснить различия в разбросе значений аналитического параметра для богатых и бедных кусков.

Лабораторная работа № 4
ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ НА ВЕЛИЧИНУ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА

Цель работы: установить влияние крупности частиц на величину аналитического параметра рентгеновского флуоресцентного сепаратора.

Пояснения к работе

Измерительная система рентгеновского сепаратора настроена на минимальную продолжительность набора импульсной статистики от куска. В формуле аналитического параметра числитель и знаменатель уменьшаются с уменьшением размера куска. Если массовая доля контролируемого компонента в частице малого размера приближается к нулю, число импульсов в числителе (характеристическое излучение) невелико, в то время как число импульсов в знаменателе (рассеянное излучение) может быть значительным. Тогда результат деления также может быть близким к нулю, т. е. сигнал от куска может быть не заре-

гистрирован. На результате измерения может сказаться и ориентация малого куска в зоне измерения (малая или большая эффективная площадь обращённой к датчику поверхности куска). У кусков лещадной формы разброс значений аналитического параметра может измениться, поскольку уменьшается число вариантов ориентации куска при прохождении через измерительную систему.

Порядок выполнения работы

Способ подготовки кусков к измерению следующий.

1. От наиболее крупных кусков (например –150+100 мм) отобрать 1-2 наиболее богатых образца всех минералогических разновидностей (желательно отобрать куски достаточно однородные по минеральному составу) и 1-2 бедных куска.

2. Ударами молотка каждый кусок разбить на несколько кусков и из них отобрать пять кусков разного размера каждой минералогический разновидности.

3. Далее каждый из вновь образованных и отобранных кусков взвесить и у каждого определить линейные размеры в трёх взаимно перпендикулярных направлениях. Рассчитать среднее значение линейного размера куска $d_{ср}$.

4. При выбранной в лабораторной работе № 2 формуле аналитического параметра каждый кусок в динамике пропустить через сепаратор в режиме измерения 10 раз. Результаты измерения значения аналитического параметра занести в таблицу 4.1. Для каждого куска рассчитать среднее значение аналитического параметра.

5. По таблице 4.1 для каждой разновидности построить отдельные графики $\overline{P} = f\left(d_{\text{ср класса}}\right)$ и $\overline{P} = f\left(m\right)$ с нанесением точек и эмпирических линий регрессии. Здесь $d_{\text{ср класса}}$ – среднее арифметическое границ класса.

6. Если при измерении аналитического параметра малых кусков в отдельных тестах компьютер сепаратора кусок не обнаруживает, подсчитать число «пропусков» n для каждого куска и построить зависимости $n=f(d_{ср})$, $n=f(m)$ для каждой минералогической разновидности. Построить поля корреляции, нанести теоретические линии регрессии и значения корреляционных отношений анализируемых связей.

Таблица 4.1 – Результаты измерений

Вид куска	**$d_{ср}$ куска, мм**	**Масса куска *m*, г**	**Значения аналитического параметра при частных замерах**					**Среднее значение аналитического параметра $\overline{P}$**	**Коэффициент вариации V_P, %**
Среднее значение по виду									

7. В отчёте необходимо привести заполненную таблицу 4.1 и построить графики экспериментальных зависимостей. По результатам расчётов и построений оценить влияние крупности частиц на величину аналитического параметра.

Лабораторная работа № 5
СЕПАРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА

Цель работы: получение сепарационной характеристики лабораторного рентгенорадиометрического сепаратора СРФ-100Л.

Пояснения к работе

Сепарационная характеристика аппарата позволяет судить о потенциальном качестве разделения сырья на данном аппарате. Сепарационная характеристика – это зависимость извлечения фракции в продукт разделения от среднего значения признака разделения фракций. Поскольку однократного измерения значения аналитического параметра для толкования его как признака разделения недостаточно, в дальнейшем будем полагать признаком разделения куска среднее значение аналитического параметра, определённое по нескольким измерениям при динамических (или статических с последующим переходом к динамическим) условиях. Поэтому первым этапом данной работы должно быть экспериментальное разделение пробы на сепараторе, вторым – измерение признака разделения кусков полученных продуктов (концентрата и хвостов), третьим – расчёт сепарационной характеристики.

Порядок выполнения работы

1. Произвести отбор пробы руды (100-200 кусков) крупностью -100+50 или -50+25 мм либо использовать пробу целиком, не разделяя на классы. Все куски пронумеровать и взвесить.

2. Выбрать формулу аналитического параметра.

3. Пропустить общую пробу через рентгенорадиометрический сепаратор, настроенный на высокую производительность, установив границу разделения. Опыты провести с получением концентрата и хвостов (в режиме удаления богатых кусков при заданной преподавателем границе разделения).

4. С каждого куска концентрата и хвостов снять пять значений аналитического параметра в динамическом режиме, рассчитать среднее значение.

5. Заполнить таблицу 5.1, располагая куски концентрата в порядке возрастания среднего значения аналитического параметра. В ту же таблицу занести результаты их взвешивания и расчётов значений аналитического параметра. Аналогично провести измерения для хвостов.

Таблица 5.1 – Реестр кусков концентрата и хвостов

Номер куска	**Масса куска, кг**	**Значение аналитического параметра в отдельном измерении**					**Среднее значение аналитического параметра**
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	
Концентрат							
…	…	…	…	…	…		…
…	…	…	…	…	…		…
Хвосты							
…	…	…	…	…	…		…
…	…	…	…	…	…		…

6. Определить усреднённые минимальное и максимальное значения аналитического параметра среди всех кусков обоих продуктов. Разбить данный диапазон на 10 интервалов с девятью промежуточными границами (ширина интервалов может быть различной). Границы фракций по концентрату и по хвостам должны быть одинаковыми. Число фракций может быть изменено преподавателем.

7. Все обмеренные куски обоих продуктов распределить по десяти введенным фракциям. При малом количестве кусков в отдельных фракциях их можно объединять с соседними, расширяя границы, тогда число фракций уменьшится. Результаты занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Расчёт сепарационной характеристики

Номер фракции	1	2	3	…	9	10
Границы фракции, отн. ед.						
Среднее значение аналитического параметра во фракции $P_{j\text{ср}}$, отн. ед.						
Масса фракций концентрата, кг						
Масса фракций хвостов, кг						
Масса фракций исходной руды, кг						
Вероятность перехода в концентрат j-й фракции, $E_{\text{к}j}$, %						

8. Для исходной пробы найти суммарные массы фракций и массу самой исходной пробы по формулам:

$$M_{\text{исх фр}\,j} = M_{\text{к фр}\,j} + M_{\text{х фр}\,j}; \quad (5.1)$$

$$M_{\text{исх}} = \Sigma\, M_{\text{исх фр}\,j}\,, \quad (5.2)$$

где j – порядковый номер фракции.

9. Определить выход концентрата, %:

$$\gamma_{\text{к}} = 100 \cdot M_{\text{к}} / M_{\text{исх}}. \quad (5.3)$$

10. Для каждой j-й фракции рассчитать вероятность перехода частиц в концентрат, %:

$$E_{\text{к}j} = 100 \cdot M_{\text{к фр}\,j} / M_{\text{исх фр}\,j} \quad (5.4)$$

и занести их в таблицу расчёта сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора.

11. Построить сепарационную характеристику $E_{\text{к}} = f(P_{j\text{ср}})$ по точкам $E_{\text{к}j}$ и $P_{j\text{ср}}$, где $P_{j\text{ср}}$ – среднее значение аналитического параметра для j-й фракции, которое находят по максимальному и минимальному значениям аналитического параметра фракции (по границам фракции) $P_{j\text{ср}} = (P_{j\max} + P_{j\min})/2$.

12. Определить по построенной характеристике границу разделения и величину среднего вероятного отклонения E_{pm}. Из анализа сепарационной характеристики определить границы зоны нечувствительности.

13. В отчёте привести результаты расчётов и график сепарационной характеристики. Сделать выводы о виде полученной сепарационной характеристики. Сопоставить настроенную перед разделением и фактически полученную границу разделения.

Лабораторная работа № 6
ИСПЫТАНИЯ ОБОГАТИМОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: освоение методики проведения испытаний обогатимости минерального сырья на информационном (рентгенофлуоресцентном) сепараторе.

Пояснения к работе

По результатам испытаний обогатимости руды на сепараторе можно осуществить прогноз потенциальных технологических показателей. Так как по однократно проведённому опыту невозможно правильно выбрать граничное значение признака разделения, целесообразно поставить несколько опытов с изменением границы разделения и разделением исходной пробы на фракции, например, с увеличением граничного значения признака при условии прямой связи между признаком и массовой долей компонента (схема приведена на рисунке 6.1).

Порядок выполнения работы

1. Разделению предшествует определение по описанным ранее методикам формулы аналитического параметра, подходящего для данного вида сырья, и выбор вариантов граничных значений. Они могут корректироваться после проведения отдельных опытов.

2. Далее устанавливается первое значение границы разделения на компьютере сепаратора и проводится опыт с выделением наиболее богатой фракции (обычно того продукта, предполагаемый выход которого меньше). Выделенная первая фракция выводится из процесса. Дальнейшие опыты проводят с оставшимися продуктами. Так выделяют нужное число продуктов.

3. Каждый выделенный продукт взвешивают, дробят, сокращают, истирают и доводят до навески анализа. Массовую долю определяют химическим или рентгеноспектральным методом.

4. В таблицу 6.1 вносят массы продуктов и массовые доли компонента в них, затем выполняют необходимые расчёты.

5. Анализируя технологические показатели разделения, определить, к какому продукту (концентрату или хвостам) следует отнести промпродуктовые фракции. Если массовая доля компонентов в промпродуктах значительно отличается от массовой доли компонента в концентрате или хвостах, его не следует присоединять ни к одному из них.

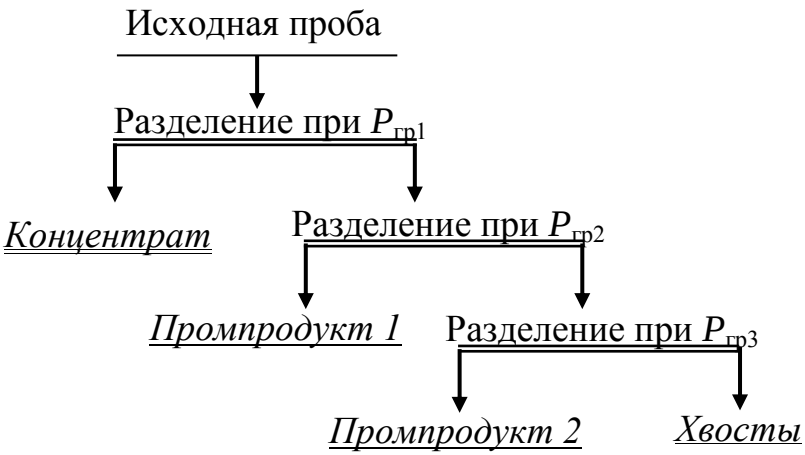


Рисунок 6.1 – Схема разделения исходной пробы на продукты (фракции)

Таблица 6.1 – Результаты разделения пробы на несколько продуктов (фракций)

Граничное значение аналитического параметра	**Продукт (фракция)**	**Элементарные продукты**			**Суммарный концентрат**		**Суммарные хвосты**	
		масса, кг	**выход, %**	**массовая доля, %**	**выход, %**	**массовая доля, %**	**выход, %**	**массовая доля, %**
$P_{гр1}$	Концентрат						100	α
$P_{гр2}$	Промпродукт 1							
$P_{гр3}$	Промпродукт 2							
…	…							
$P_{грn}$	Хвосты				100	α		
	Итого	Σm_i	100	α	–	–	–	–

6. В отчёте необходимо привести схему разделения, таблицу результатов и построить кривые разделения $\gamma_к=(P_{гр})$; $\gamma_х=(P_{гр})$; $\beta=(P_{гр})$; $\vartheta=(P_{гр})$; $\varepsilon_к=(P_{гр})$; $\varepsilon_х=(P_{гр})$, далее следует сделать выводы о возможности разделения данного сырья рентгенофлуоресцентным методом с целью получения богатого концентрата или бедных хвостов.

Лабораторная работа № 7
ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КУСКОВ СОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА

Цель работы: экспериментальное определение плотности и коэффициента формы кусков сортируемой руды, необходимых для определения проектной производительности сепаратора для конкретного вида сырья.

Пояснения к работе

Приводимая в справочных данных производительность рентгенорадиометрических сепараторов указывается либо в широких пределах, либо даётся её максимальное значение. В проектных расчётах требуется уточнение вероятного значения производительности.

На фактическую производительность очевидно будет влиять плотность материала, о которой можно судить, проведя замеры плотности большого количества кусков сортируемой руды. Следует заметить, что существует вероятность избирательного разрушения минеральных фаз при добыче и первичном дроблении. Тогда плотность в кусках разных классов крупности может быть различной.

Плотность куска определяют методом гидростатического взвешивания. По результатам взвешивания куска в воздухе ($M_{\text{возд}}$, г) и в воде ($M_{\text{вода}}$, г) рассчитывают плотность куска по формуле:

$$\rho_{\text{к}}=1000\cdot M_{\text{возд}}/(M_{\text{возд}}-M_{\text{вода}}),\ \text{кг/м}^3. \qquad (7.1)$$

Рентгенорадиометрическая сепарация осуществляется в покусковом режиме, что достигается транспортированием кусков по конвейерной ленте или по жёлобу вибропитателя в зоны измерения свойств и удаления кусков из потока. Такой характер движения материала перед измерением рентгеновских характеристик кусков определяет наиболее вероятное положение кусков на транспортирующем устройстве. Куски будут стремиться соприкасаться с поверхностью устройства гранями с наибольшей площадью. Поэтому при постоянстве режима подачи материала (кусок за куском с постоянным разрывом между ними) форма кусков будет оказывать существенное влияние на производительность сепаратора (для плоских кусков производительность ниже).

Для учёта потенциального снижения производительности сепаратора вводят коэффициент формы, рассчитываемый по формуле:

$$\varphi_1=2c/(a+b), \qquad (7.2)$$

где a, b, c – соответственно наибольший (a), средний (b) и наименьший (c) размеры куска, которые проводят в трёх взаимно перпендикулярных направлениях.

Другим вариантом коэффициента формы в данном случае может быть оценка приближения объёма куска к объёму идеального тела – куба с ребром, длина которого равна a,

$$\varphi_2=V_{\text{изм}}/a^3.$$

где $V_{изм}$ – экспериментально найденный при гидростатическом взвешивании объём куска.

С учётом измерения массы куска в воде и воздухе объём куска в мм^3 может быть найден по выражению

$$V_{изм}=1000\cdot(M_{возд}-M_{вода}).$$

Любой кусок может иметь случайную форму. Именно поэтому его объём можно найти лишь экспериментально.

Для идеализированных по форме тел проиллюстрируем выражения для расчёта коэффициента формы φ_2.

Для прямоугольного параллелепипеда с длиной рёбер a, b, c

$$\varphi_{2п}= a\cdot b\cdot c/a^3= b\cdot c/a^2,$$

для шара (шар вписан в куб, тогда $d_ш=a$) его объём равен

$$V_ш= \pi(d_ш)^3/6= \pi a^3/6,$$

тогда

$$\varphi_{2ш}= \pi a^3/6a^3= \pi/6\approx 0{,}5236.$$

Порядок выполнения работы

1. Заготовить таблицу для занесения результатов измерения (таблица 7.1). В ней $d_{ср}=(a+b+c)/3$.

Таблица 7.1 – Результаты измерений и расчётов

Номер куска	**Размеры куска, мм**				φ_1	**Результаты взвешиваний куска, г**		**Плотность куска ρ, кг/м^3**	**Объём куска $V_{изм}$, мм^3**	φ_2
	a	b	c	$d_{ср}$		$M_{возд}$	$M_{вода}$			
1										
…										
n										
Средние значения	$a_{ср}$	$b_{ср}$	$c_{ср}$	$(d_{ср})_{ср}$	$\varphi_{1ср}$	$M_{возд\ ср}$	$M_{вода\ ср}$	$\rho_{ср}$	$V_{изм\ ср}$	$\varphi_{2ср}$
Максимальные значения	a_{max}	b_{max}	c_{max}	$(d_{ср})_{max}$	φ_{1max}	$M_{возд\ max}$	$M_{вода\ max}$	ρ_{max}	$V_{изм\ max}$	φ_{2max}
Минимальные значения	a_{min}	b_{min}	c_{min}	$(d_{ср})_{min}$	φ_{1min}	$M_{возд\ min}$	$M_{вода\ min}$	ρ_{min}	$V_{изм\ min}$	φ_{2min}
СКО										
Коэффициент вариации, %										

2. Произвести измерения размеров кусков в трёх взаимно перпендикулярных направлениях, результаты занести в таблицу 7.1 и

вычислить значения $d_{ср}$ и φ_1.

3. Произвести взвешивание каждого куска в воздухе и в воде, результаты занести в таблицу 7.1 и рассчитать плотность материала в кусках, их объём $V_{изм}$ и значения φ_2.

4. Вычислить по всем кускам средние, максимальные и минимальные значения показателей, измеренных и рассчитанных в каждом из столбцов, а также найти средние квадратичные отклонения, коэффициенты вариации:

среднее квадратичное отклонение (СКО)

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2 \Big/ (n-1)};$$

коэффициент вариации, %

$$V = 100 \cdot S / \bar{x}.$$

5. В отчёте привести формулы для вычисления φ_1, φ_2 и ρ по кускам, а также статистических показателей по всем измеренным характеристикам. Сделать выводы о колеблемости измеренных характеристик для изученной пробы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Газалеева Г. И., Цыпин Е. Ф., Червяков С. А. РУДОПОДГОТОВКА дробление, грохочение, обогащение. – Екатеринбург: ООО «УЦАО», 2014. – 914 с.
2. Цыпин Е. Ф. Информационные методы обогащения полезных ископаемых: учебн. пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015 – 206 с.
3. Цыпин Е. Ф. Обогащение в стадиях рудоподготовки: научн. монография – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015 – 303 с.

Учебное издание

Цыпин Евгений Федорович

Овчинникова Татьяна Юрьевна

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор И. А. Крестьянинова

Компьютерная вёрстка: Т. Ю. Овчинниковой

Подписано в печать 11.01.2019 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,125. Уч.-изд. л. 1,35. Тираж 100 экз. Заказ №1

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-механического факультета
03 сентября 2019 г.
Председатель комиссии
_____проф. В.П,Барановский

А.В. Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПИ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 –«Горное дело» всех форм обучения

Екатеринбург
2019

П23

Рецензент: Ю.П. Морозов, профессор кафедры ОПИ УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании заседания кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 20 марта 2019 г. (протокол №6) и рекомендовано для издания в УГГУ

Колтунов А.В.

П23 Гидрохимические методы ОПИ: учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы/А.В.Колтунов, Урал. гос. горный ун-т.- Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2019- 20 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с ученой программой курса «Гидрохимические методы ОПИ»

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 –«Горное дело» всех форм обучения

© Колтунов А.В., 2019

© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1. Анализ исходной информации 4
2. Обоснование и выбор схемы рудоподготовки 5
3. Расчет схемы рудоподготовки 5
4. Обоснование и выбор схемы кучного выщелачивания 5
5. Обоснование и выбор конструкции и параметров противофильтрационного основания и дренажной системы 6
6. Выбор способа складирования материала и расчет габаритов штабеля 6
7. Обоснование и выбор системы распределения выщелачивающих растворов
8. Расчет основных показателей КВ 7
8.1. Расчет габаритов штабеля 7
8.2. Расчет количества продуктивного раствора 8
8.3. Расчет объема продуктивных растворов и концентрации металла в них 10
9. Обоснование и выбор технологии переработки продуктивных растворов 10
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 10
ПРИЛОЖЕНИЕ А 11
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 12

Введение

Темой курсовой работы является разработка технологии переработки медьсодержащей или золотосодержащей руды N-месторождения.

По заданию предусматривается, что руда перерабатывается методом кучного выщелачивания, а получаемые продуктивные растворы перерабатываются по одной из промышленных технологий.

В задании (выдается преподавателем) указывается тип руды, ее основные характеристики (вещественный и минералогический составы; физико-механические параметры, исходная крупность и гранулометрический состав), производительность рудоподготовительного цикла по исходному питанию, извлечение металла в цикле выщелачивания и т.д

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки, включающей расчетную часть и графический материал, представленный технологической схемой и схемой цепи аппаратов.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 Текстовые документы.

Примеры оформления технологических схем и условные обозначения оборудования приведены в методических указаниях (Иванов Э.Э. Инструкция по выполнению курсовых и дипломных работ для студентов специальности 090300 – «Обогащение полезных ископаемых» 3-е изд., переработанное и дополненное.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. -42 с.)

1. Анализ исходной информации

Разработка технологии переработки заданного объекта осуществляется, прежде всего, на основе анализа исходной информации, которая включает:

1. Характеристику исходного сырья;
2. Практику переработки аналогичного сырья;
3. Требования к конечной продукции.

В результате анализа исходной информации обосновывается и выбирается:

1. Технологическая схема рудоподготовки;
2. Технологическая схема КВ;
3. Конструкция противофильтрационного основания и дренажной системы;
4. Способ складирования материала;
5. Система распределения выщелачивающих растворов;

6. Характер выщелачивания (химический или биохимический);
7. Параметры процесса выщелачивания.
8. Аппаратурное исполнение технологической схемы

2. Обоснование и выбор схемы рудоподготовки

Обоснование схемы рудоподготовки осуществляется с учетом практики работы действующих предприятий, а также теоретических знаний, полученных в курсе «Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых». Выбор схемы дробления (количество и вид стадий дробления) осуществляется с учетом крупности исходного сырья, его физико-механических свойств и принятой конечной крупности перерабатываемой руды.

В схеме рудоподготовки обосновывается необходимость операции окомкования дробленой руды перед складированием.

3. Расчет схемы рудоподготовки

Расчет схемы дробления осуществляется с учетом заданной производительности по исходному питанию, физико-механических свойств, исходной и конечной крупности руды.

Расчет производится по методике, приведенной в (Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению» для студентов специальности 090300. Макет пояснительной записки к курсовому проекту/ Сост. Иванов Э. Э. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: УГГГА, 2002, 32с.).

В результате расчета выбирается тип основного оборудования (дробилки, грохота) их типоразмер и количество.

При необходимости окомкования дробленой руды определяется требуемое количество барабанных окомкователей с учетом циркулирующей нагрузки (принять 200 %). Барабанные окомкователи ОБ 3,2х18 ориентировочно имеют производительность 800 т/ч

4. Обоснование и выбор схемы кучного выщелачивания

Обоснование схемы кучного выщелачивания осуществляется с учетом свойств перерабатываемого сырья (минеральный состав, степень его

однородности, физико-механические характеристики, местоположение объекта), практики переработки аналогичного сырья.

5. Обоснование и выбор конструкции и параметров противофильтрационного основания и дренажной системы

Обоснование конструкции противофильтрационного основания площадки выщелачивания осуществляется с учетом практики переработки аналогичного сырья, выбранной схемы кучного выщелачивания и реагента-растворителя.

В целях предотвращения потерь целевого металла и загрязнения окружающей среды, выбранная конструкция противофильтрационного основания должна обеспечивать максимально полный сбор продуктивного медьсодержащего раствора. Материалы, используемые в конструкции противофильтрационного основания, должны быть устойчивы к механическим нагрузкам, к перепадам температур, к ультрафиолетовому излучению и химическому воздействию.

Конструкция внутренней дренажной системы должна обеспечивать максимально быстрый вывод продуктивного раствора из-под штабеля и необходимую степень аэрации руды (в случаях использования биовыщелачивания).

Материалы, используемые в конструкции внутренней дренажной системы должны быть химически устойчивыми к воздействию выщелачивающих растворов.

Конструкция внешней дренажной системы должна быть рассчитана на сбор и хранение продуктивных и избыточных растворов и должна исключать потери целевого металла и загрязнение окружающей среды.

Материалы, используемые в конструкции внутренней дренажной системы должны быть химически устойчивыми к воздействию выщелачивающих растворов.

6. Выбор способа складирования материала и расчет габаритов штабеля

Выбор способа складирования материала осуществляется с учетом физико-механических свойств складируемого материала.

Габариты штабеля рассчитываются с учетом заданного количества перерабатываемой руды, ее насыпной плотности и принятой, в зависимости от физико-механических свойств складируемого материала, высоты штабеля.

Угол естественного откоса штабеля при складировании принять равным 35 градусов.

7. Обоснование и выбор системы распределения выщелачивающих растворов

Принимаемая система распределения выщелачивающих растворов обосновывается с учетом климатических условий в месте расположения участка кучного выщелачивания и режима работы (сезонный или круглогодичный).

8. Расчет основных показателей КВ

8.1. Расчет габаритов штабеля

Для определения габаритов штабеля необходимо задаться следующими параметрами:

1. Высота штабеля Н. Высота штабеля определяется исходя из принятого способа складирования (пункт 6 ПЗ);

2. Ширина верхней площадки штабеля $B_в$;

3. Угол естественного откоса штабеля. Принимается равным 36 градусов.

Ширина штабеля в основании (при известной высоте штабеля и угле естественного откоса равном 36 градусов) определяется как:

$B_н = B_в + 2b$, где $b=H/tg\ 36$, м.

Для определения длины штабеля в основании необходимо разбить штабель на несколько правильных геометрических фигур (см. рисунок 1):

1. Фигура 1, ограниченная секущими III и IV - параллелепипед длиной L с поперечным сечением в виде трапеции площадью $H \times (B_в + B_н)/2$. Объем фигуры 1 равен $V_1 = L \times [H \times (B_в + B_н)/2]$.

2. Фигура 2, состоящая из двух одинаковых фигур 2.1 и 2.2, ограниченных секущими I, II и III и I, II и IV - параллелепипед длиной $B_в$ с поперечным сечением в виде прямоугольника площадью $H \times b$. Объем фигуры 2 равен $V_2 = B_в \times H \times b$.

3. Фигура 3, состоящая из четырех одинаковых фигур 3.1; 3.2; 3.3 и 3.4, ограниченных секущими I, III; II, III; I, IV и II, IV - пирамида высотой Н и площадью основания b^2. Объем фигуры 3 равен $V_3 = 1/3\ H \times b^2$.

Суммарный объем штабеля $V_{штаб.}$ складывается из объемов фигур 1, 2 и 3. $V_{штаб.} = V_1 + V_2 + V_3$

Объем фигуры 1 V_1 равен $V_{штаб.}$- (V_2 + V_3), отсюда L определяется как, $V_1/S_{трап}$.

Объем штабеля $V_{штаб.}$ определяется как $V_{штаб.}$ = Q/δн, где Q и δн – соответственно, годовое количество руды в штабеле и насыпная плотность руды.

Общая длина штабеля $L_{штаб.}$ определяется как, $L_{штаб.}$= L + 2b.

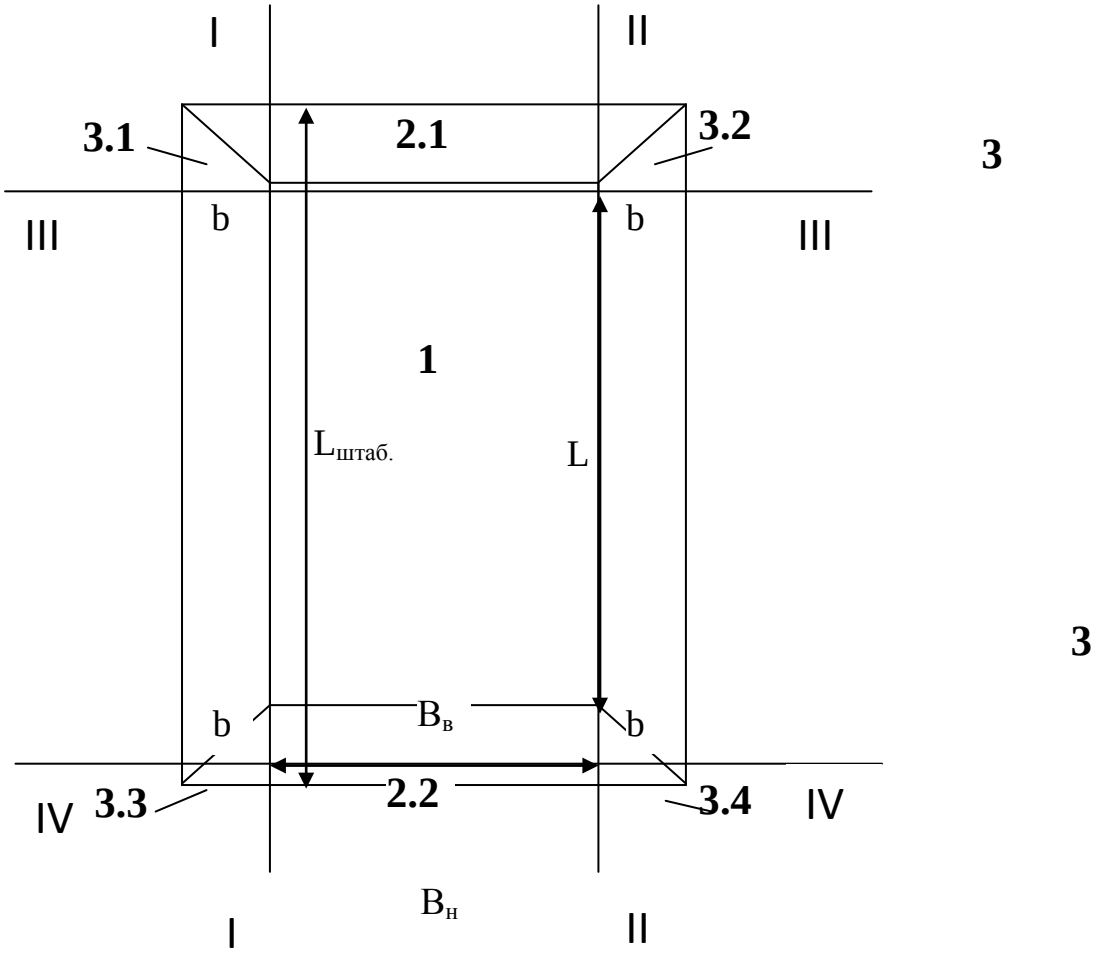


Рисунок 1- Вид штабеля сверху (для определения габаритов)

8.2. Расчет количества продуктивного раствора

Для определения годового количества получаемого продуктивного раствора необходимо принятую плотность орошения штабеля, выщелачивающим раствором умножить на площадь орошаемой поверхности штабеля.

Площадь орошения включает площадь верхней площадки штабеля и площадь боковых откосов. Для определения площади орошения разобьем

штабель руды на несколько геометрических фигур, имеющих в сечении одинаковую высоту (см. рисунок 2).

Фигура 1, ограниченная секущими I, II, III, IV, представляет собой параллелепипед с сечением НхВв и длиной L. Площадь орошения фигуры 1 равна ($B_в$ x L).

Фигура 2, состоящая из двух фигур (2.1 и 2.2), ограниченных секущими I, III, IV и II, III, IV, представляет собой параллелепипед с сечением H x b и длиной L. Площадь орошения фигуры 2 равна (b x L).

Фигура 3, состоящая из двух фигур (3.1 и 3.2) ограниченных секущими I, II, III и I, II, IV, представляет собой параллелепипед с сечением H x b и длиной $B_в$. Площадь орошения фигуры 3 равна (b x $B_в$).

Фигура 4, состоящая из четырех фигур (4.1; 4.2; 4.3 и 4.4) ограниченная секущими I, III; II, III; I, IV и II, IV представляет собой пирамиду высотой H и площадью основания b^2. Площадь орошения фигуры 4 примем равной ($1/3b^2$),т.к. объем параллелепипеда с сечением b^2 высотой H в 3 раза меньше объема пирамиды.

Суммарная площадь орошения раствором реагента штабеля равна $S_{штаб.} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$, где площади S_1, S_2, S_3, S_4 фигур 1,2,3,4.

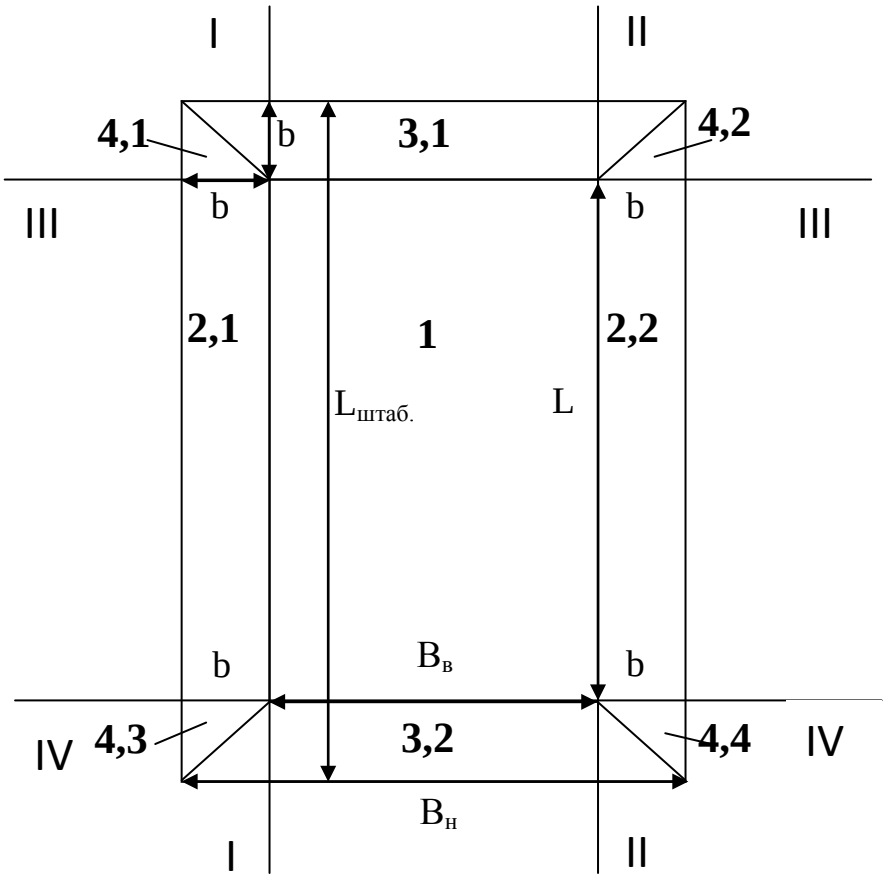


Рисунок 2 – Вид штабеля сверху (для определения пощади орошения)

8.3. Расчет объема продуктивных растворов и концентрации металла в них

Зная площадь орошаемой поверхности штабеля $S_{штаб.}$ и удельный расход выщелачивающего раствора $W_{уд}$, рассчитывается расход подаваемого раствора: $V_{ор} = S_{штаб.} x\ W_{уд}$, $м^3/ч$.

Годовой объем продуктивных растворов $V_{пр.год.} = 24 \times V_{ор.} \times n_{раб.}$, $м^3$,

где $n_{раб.}$ – количество рабочих дней в году.

Определяется масса металла в штабеле $M_{Меисх} = Q_{год.} \times \alpha_{ме}/100$, т.

Определяется масса металла извлекаемого в продуктивный раствор:

$$M_{пр} = M_{Меисх} \times \varepsilon_{ме}/100, т.$$

Рассчитывается концентрация металла в продуктивном растворе $[C_{Мепр}] = M_{пр}/ V_{пр.год.}$, г/л.

9. Обоснование и выбор технологии переработки продуктивных растворов

В данном разделе описываются промышленные технологии переработки продуктивных растворов для выделения конкретного металла. С учетом исходных данных выбирается наиболее эффективная из них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колтунов А.В. Гидрохимические методы обогащения полезных ископаемых. Выщелачивание руд: учебное пособие/А.В.Колтунов; Урал.гос.горный ун-т.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016.- 145 с.

2.Кучное выщелачивание благородных металлов/Под ред. М.И.Фазлуллина.-М.: Издательство Академии горных наук, 2001.- 647 с.

3.Колтунов А.В. Геотехнология и гидрометаллургия: Конспект лекций.- Екатеринбург: Изд. УГГГА, 2003. -205 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ
по дисциплине «Гидрохимические методы обогащения полезных ископаемых»

Студент_____ Группа_____

Тема курсовой работы: Кучное выщелачивание
_____ руды
производительностью_____млн. тонн в год

Содержание курсовой работы: пояснительная записка, схема цепи аппаратов на формате А3

Сроки выполнения____

Задание выдал _____доцент.каф. ОПИ Колтунов А.В.

Задание получил_____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Исходные данные

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
1	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 1,0 %. Содержание глины значительное	азурит, тенорит, брошантит, хризоколла	3,3	10	7	трещиноватая, пористая	800-0	1	500
2	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 5,0 г/т. В руде содержится значительное количества		2,7	12	7	трещиноватая, пористая	800-0	3	750

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
		серебра. Содержание глины незначительное								
3	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 5,0 г/т. Содержание глины значительное					трещиноватая, пористая	800-0	6	
4	Окисленная медная руда.	массовая доля меди в руде 1,5 %. Содержание глины значительное	азурит, малахит, брошантит, халькозин	3,5	10	7	трещиноватая, пористая	1000-0	1	1500

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
5	Окисленная золотосодержащая руда..	массовая доля золота в руде 4,0 г/т Содержание глины незначительное		2,8	12-14	5	скального типа	700-0	3	1150
6	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 0,9 %. Содержание глины незначительное	малахит, азурит, брошантит, хризоколла	3,0	12	5	трещиноватая, пористая	900-0	9	1000
7	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 3,5 г/т. В руде содержится значительное количество серебра.		2,7	10-12	7	трещиноватая, пористая	750-0	6	900

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
		Содержание глины незначительное								
8	Окисленная медная руда.	массовая доля меди в руде 0,8 %. Содержание глины значительное	малахит, тенорит, брошантит, хризоколла	3,1	12	7	трещиноватая, пористая	800-0	5	750
9	Сульфидная медьсодержащая руда.	массовая доля меди в руде 0,7 %.	халькопирит, халькозин, пирит	3,2	12-14	5	трещиноватая	750-0	7	1200
10	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 4,0 г/т Содержание глины незначительное		2,8	12-14	5	плотная, малопористая	700-0	3	1350

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
11	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,1 %.	малахит, брошантит, халькозин, пирит	3,5	10-12	6	трещиноватая, пористая	900-0	7	800
12	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 6,0 г/т. В руде значительное количество серебра. Содержание глины значительное		2,65	8-10	8	трещиноватая, пористая	800-0	3	650
13	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 1,4 %. Содержание глины	малахит, азурит, брошантит,	3,4	12-14	5	трещиноватая, пористая	950-0	5	1200

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
		незначительное	хризоколла							
14	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 4,5 г/т Содержание глины незначительное		2,65	10-12	5	скального типа	950	7	950
15	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 0,9 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, брошантит, тенорит	3,2	8-10	8	трещиноватая, пористая	700-0	9	600
16	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,2 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, халькозин, пирит	3,4	10-12	5	трещиноватая, пористая	750	1	700

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
17	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 3,0 г/т Содержание глины незначительное		2,75	12-14	5	скального типа	1000	7	1100
18	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,6 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, тенорит, хризоколла	3,5	8-10	5	трещиноватая, пористая	800-0	1	750
19	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 4,3 г/т. Содержание глины значительное	75	2,7	10-12	7	трещиноватая, пористая	900-0	6	1200

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м^3	крепость (по Протодъяконову)	влажность,%	текстура			
20	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,6 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, тенорит, хризоколла	3,0	8-10	6	трещиноватая, пористая	700-0	2	850
21	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 3,3 г/т. Содержание глины значительное	75	2,7	10-12	7	трещиноватая, пористая	800-0	9	1000

Учебное издание

Александр Васильевич Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 –«Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л.В. Устьянцева
Компьютерная верстка Аксеньюшкиной М.В.

Подписано в печать 5.09.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л.1,75 Уч.-изд. л. 1.56. Тираж 150 экз. Заказ № 79

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет»

А. В. Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Руководство по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Гидрохимические процессы»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горномеханического
факультета
«3» декабря 2016 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

А. В. Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Гидрохимические процессы»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

К 60

Рецензент: *Цыпин Е. Ф.,* доктор техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «15» ноября 2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

К 60 **Колтунов А. В.**

Гидрохимические процессы. Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Гидрохимические процессы» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения / А. В. Колтунов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 15 с.

В руководстве для каждой лабораторной работы приведены цель и пояснения к работе, необходимый материал и оборудование, методика выполнения работы и обработки полученных результатов, а также содержание отчета. Данное руководство составлено в соответствии с учебной программой дисциплины.

© Колтунов А. В., 2017
© Уральский государственный горный университет, 2017

Учебное издание

Александр Васильевич Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Гидрохимические процессы»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор издательства И. В. Козлов

Подписано в печать 05.12.2016 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 0,9 . Уч.-изд. л. 0,83. Тираж 150 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ВВЕДЕНИЕ……...6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
Сернокислотное выщелачивание окисленной медной руды…….8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
Цементация меди из сульфатных растворов…….....11

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3
Определение динамической обменной емкости ионообменной смолы…….13

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
Электроэкстракция меди из сульфатных растворов…….16

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторных работ является закрепление и систематизация теоретических знаний, полученных при изучении курса, освоение методик постановки экспериментов, приобретение опыта работы с реактивами и оборудованием, навыков обработки и оформления экспериментальных данных.

Требования к оформлению отчета

Отчеты по лабораторным работам выполняют на листах формата А4 (210 х 297 мм). Оформление отчета должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95 «Текстовые документы».

Структура каждого отчета: наименование, цель работы, теоретическая часть, методика проведения экспериментов, результаты экспериментов и расчеты, анализ полученных результатов, выводы.

В теоретической части отчета приводят основные теоретические положения рассматриваемого процесса и его характерные особенности.

Изложение методики эксперимента должно отражать фактические условия и особенности проведения опытов.

При изложении методики указываются наименования применяемых стандартных методов анализа.

Результаты опытов сводят в таблицы, приводят общую формулу расчета и один пример расчета. Все результаты должны иметь размерность системы единиц СИ. По табличным данным строят графические зависимости.

Анализ полученных результатов включает объяснение явлений, наблюдаемых при проведении опытов (цвет растворов, осадков, покрытий, изменение окраски, газовыделение, осадкообразование, повышение или понижение температуры и т. п.); оценку влияния тех или иных факторов на характер изменения и величину основных показателей процесса; оценку соответствия протекающих химических реакций теоретическим (указать на подтверждающие признаки).

В выводах отмечают основные достигнутые результаты, выявленные закономерности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Сернокислотное выщелачивание окисленной медной руды

1. Цель работы

Изучение особенностей сернокислотного выщелачивания меди из окисленной медной руды, исследование влияния некоторых факторов на извлечение меди в продуктивный раствор.

2. Необходимые материалы, реактивы и оборудование

– окисленная медная руда (минеральный состав руды задается преподавателем);

– концентрированная серная кислота (96 %-й водный раствор с плотностью 1,84 г/см^3);

– вода дистиллированная;

– реакционный стакан емкостью 0,25 л;

– мерный цилиндр емкостью 0,25 л;

– три колбы емкостью 0,2 л;

– воронка для фильтрования диаметром 40-50 мм;

– бумажные фильтры;

– пробоотборник емкостью 0,01 л;

– пипетка на 5 мл;

– резиновая груша;

– мешалка механическая;

– весы электронные.

3. Проведение работы

На электронных весах взвесить 50 г исходной руды.

Используя правило «креста», рассчитать требуемое количество концентрированной серной кислоты и дистиллированной воды для приготовления 100 г 5 %-го раствора.

Приготовление раствора производить только под вытяжкой. При этом следует помнить: кислоту льют в воду, а не наоборот.

Навеску исходной руды поместить в реакционный стакан, залить приготовленным раствором для выщелачивания.

Пульпу перемешивать с помощью механической мешалки в течение 30 мин.

Через каждые 10 мин. с начала опыта с помощью пробоотборника отобрать пробу пульпы (10 см^3) и отфильтровать её через сухой бумажный фильтр в сухую колбу. Полученные фильтраты пронуме-

ровать (номер бригады, номер пробы) и подвергнуть анализу на определение концентрации меди в продуктивном растворе по методике, приведенной ниже.

После окончания опыта оставшееся содержимое реакционного стакана отфильтровать, подписать и сохранить для проведения следующей лабораторной работы.

После окончания работы промыть и протереть мешалку, привести в порядок рабочее место. Использованные бумажные фильтры с кеком выбросить в корзину для мусора.

По результатам анализов рассчитать извлечение меди в продуктивный раствор, %

$$\varepsilon_i = C_{\text{Cu}i} \cdot (V_{\text{исх.}} - V_i \cdot n_i) / m \cdot \alpha,$$

где $C_{\text{Cu}i}$ – концентрация меди в *i*-ой пробе продуктивного раствора, г/дм^3 (определяется по методике фотометрического определения меди на основе аммиачного комплекса, приведенной ниже), $V_{\text{исх.}}$ – объем исходного раствора, дм^3, V_i – объем продуктивного раствора в *i*-ой пробе, дм^3, n_i – порядковый номер *i*-ой пробы, m – масса навески, г, α – массовая доля меди в навеске, д. ед.

Объем исходного раствора $V_{\text{исх.}}$ рассчитывают по правилу «креста» с учетом плотности 5 %-го раствора серной кислоты (1,032 кг/ дм^3). Объем продуктивного раствора в *i*-ой пробе рассчитывают из соотношения

$$V_{\text{исх. п.}} / V_{\text{п. }i} = V_{\text{исх.}} / V_i,$$

где $V_{\text{исх.п.}}$ – объем исходной пульпы, дм^3, $V_{\text{п. }i}$ – объем пульпы *i*-ой пробы, дм^3.

Отсюда, $V_i = V_{\text{исх.}} \cdot 0{,}01 / V_{\text{исх. п.}}$, дм^3.

Объем исходной пульпы

$$V_{\text{исх.п.}} = m\,(R + 1/\rho),$$

где R – массовое отношение жидкого к твердому, ρ – плотность руды, кг/дм^3 (задается преподавателем).

По полученным данным строят графики зависимостей концентрации меди в продуктивном растворе и извлечения меди в продуктивный раствор от продолжительности выщелачивания $C_{\text{Cu}i} = f(t)$ и $\varepsilon = f(t)$ и делают соответствующие выводы.

В теоретической части отчета необходимо:

1. Привести основные факторы, влияющие на скорость агитационного выщелачивания.

2. Привести основные показатели процесса выщелачивания.

3. Привести факторы, влияющие на выбор реагента.

4. Дать запись реакций, протекающих при выщелачивании окисленной медной руды с учетом заданного минерального состава.

4. Методика фотометрического определения меди на основе аммиачного комплекса

4.1. Теоретическая часть

Соли меди образуют с водой комплексные катионы состава $[Cu(H_2O)]^{2+}$, окрашенные в светло-голубой цвет, а в присутствии аммиака – медно-аммиачные комплексные катионы состава $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, окрашенные в темно-синий цвет. Существует также ряд промежуточных катионов, образование которых зависит от концентрации солей и аммиака в растворе. Все эти промежуточные катионы имеют различные коэффициенты поглощения света. Поэтому, работая по этой методике, воспроизводимые и точные результаты можно получить только при соблюдении одинаковых условий подготовки испытуемых растворов. Данный метод можно использовать для определения катионов меди в растворе в присутствии ионов железа, цинка и др.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

– фотоколориметр КФК-2;
– 30 %-ный водный раствор перекиси водорода H_2O_2;
– 25 %-ный водный раствор аммиака (плотность 0,94 г/см^3);
– дистиллированная вода;
– колба емкостью 0,1 л;
– пипетка на 5 мл;
– резиновая груша;
– воронка для фильтрования диаметром 40-50 мм;
– бумажные фильтры;
– три пикнометра емкостью 25 мл;
– две кюветы 50/120.

4.2. Методика проведения анализа

1. В колбу с 10 мл пробы анализируемого раствора добавляют 1 мл перекиси водорода для окисления ионов железа Fe^{2+} до Fe^{3+}, туда же добавляют 5 мл раствора аммиака.

2. Полученную смесь фильтруют. Из фильтрата отбирают аликвотную часть 2,5 мл (в случае получения сильной окраски), переводят

в пикнометр объемом 25 мл, доводят до отметки дистиллированной водой и перемешивают.

3. На фотоколориметре измеряют оптическую плотность раствора при длине волны 675 нм при применении красного светофильтра. Ручку «чувствительность» устанавливают в положение «1», отмеченное на панели красным цветом. Раствором сравнения служит дистиллированная вода. Для того, чтобы относительная ошибка определения концентрации раствора была минимальной, работу производят вблизи оптической плотности 0,1-1 (коэффициент пропускания 40-60 %). Кювета 50/120.

4. По графику (см. рисунок 1) определяют значения концентрации меди в растворе. Далее рассчитывают истинное значение концентрации меди, учитывая разбавление, г/л

$$C = C_{\text{Cu по графику}} \cdot \text{Р} \cdot K / 1000,$$

где $C_{\text{Cu по графику}}$ – концентрация меди, определенная по графику, мг/л, Р – разбавление раствора, K – коэффициент, учитывающий сорбцию ионов меди ионами железа (по данным практики для этого метода составляет 10 %), К = 1,1.

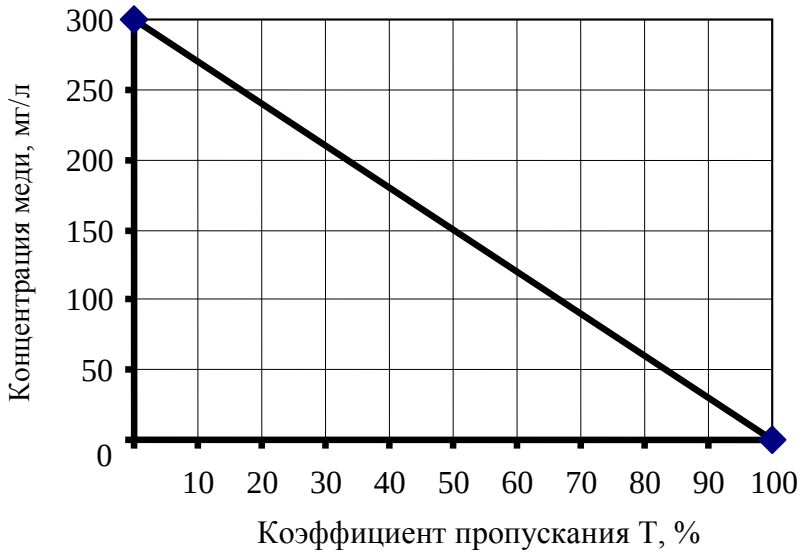


Рисунок 1. – Зависимость оптической плотности раствора от концентрации меди

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Цементация меди из сульфатных растворов

Цель работы: изучение особенностей цементации меди из сульфатных растворов, исследование влияния различных факторов на осаждение меди.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

– сульфатный продуктивный раствор меди;
– железная стружка;
– реакционный стакан емкостью 0,25 л;
– мерный цилиндр емкостью 0,10 л;
– колба емкостью 0,5 л;
– воронка для фильтрования диаметром 100 мм;
– бумажный фильтр;
– фарфоровая чашка;
– промывалка;
– мешалка механическая;
– весы электронные.

Проведение работы

Работу выполняют на продуктивном медьсодержащем растворе, полученном в лабораторной работе № 1.

На электронных весах взвешивают 2 г железной стружки и помещают в реакционный стакан. С помощью мерного цилиндра измеряют объем исходного продуктивного раствора и затем выливают его в реакционный стакан с железной стружкой.

Реакционный стакан устанавливают в мешалку и перемешивают содержимое в течение 5 мин.

По окончании перемешивания, мешалку останавливают и с помощью промывалки в реакционный стакан смывают с крыльчатки цементный осадок. Затем содержимое реакционного стакана аккуратно отфильтровывают через бумажный фильтр. Сухой бумажный фильтр должен быть предварительно взвешен на электронных весах с точностью ± 0,001 г.

Фильтр с осадком помещают в фарфоровую чашку и высушивают при температуре 50-60 ^{o}C до постоянной массы и затем взвешивают на электронных весах с точностью ± 0,001 г. Массу цементного осадка ($m_{ос.}$) определяют по разнице масс цементного осадка с фильтром и фильтра.

Количество меди в цементном осадке, г

$$m_{\text{Cu ос.}} = m_{\text{Cu исх.}} - m_{\text{Cu хв.}},$$

где $m_{\text{Cu ос.}}$, $m_{\text{Cu исх.}}$, $m_{\text{Cu хв.}}$ – масса меди, соответственно, в цементном осадке, в исходном продуктивном растворе и в хвостовом растворе цементации.

$$m_{\text{Cu исх.}} = V_{\text{исх.}} C_{\text{Cu исх.}}; \qquad m_{\text{Cu хв.}} = V_{\text{хв.}} C_{\text{Cu хв}},$$

где $V_{\text{исх.}}$; $V_{\text{хв.}}$ – объемы, соответственно, исходного продуктивного раствора и хвостового раствора цементации, дм^3, $C_{\text{Cu исх.}}$, $C_{\text{Cu хв}}$ – концентрации меди, соответственно, в исходном продуктивном растворе и хвостовом растворе цементации, г/дм^3.

Количество железа перешедшего в раствор в результате цементации, г

$$m_{\text{Fe хв.}} = m_{\text{Fe исх.}} - m_{\text{Fe ос.}},$$

где $m_{\text{Fe хв.}}$, $m_{\text{Fe исх.}}$, $m_{\text{Fe ос.}}$ – массы железа, соответственно, перешедшего в хвостовой раствор цементации, в исходной навеске и в цементном осадке.

$$m_{\text{Fe ос.}} = m_{\text{ос.}} - m_{\text{Cu ос.}}$$

По результатам расчетов определяют практический удельный расход железа $k_{\text{практ.}} = m_{\text{Fe хв}} / m_{\text{Cu ос.}}$, г/г, сравнивают полученное значение со стехиометрическим и делают соответствующие выводы.

После окончания работы промыть и протереть мешалку, привести в порядок рабочее место. Использованные бумажные фильтры с кеком выбросить в корзину для мусора.

В теоретической части отчета необходимо:

1. Дать определение процесса цементации.
2. Объяснить механизм осаждения меди железом.
3. Привести реакции, протекающие при цементации меди.
4. Объяснить исчезновение окраски хвостового раствора.
5. Привести основные факторы, влияющие на полноту и скорость процесса осаждения меди.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Определение динамической обменной емкости ионообменной смолы

Цель работы: освоение методики определения величины динамической обменной ёмкости ионообменных смол.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

– модельный сульфатный никельсодержащий раствор с заданной концентрацией никеля и величиной pH (задается преподавателем);

– ионообменная смола-катионит КБ4 или КБ-4П-2;

– установка для определения величины динамической емкости

смолы;

– pH-метр;
– 1%-й раствор диметилглиоксима;
– мерный цилиндр емкостью 0,50 л;
– колба емкостью 0,5 л;
– химический стакан 0,2 л;
– зажим;
– весы электронные;
– линейка.

Проведение работы

Работу выполняют на модельном сульфатном никельсодержащем растворе с концентрацией никеля от 0,7 до 1,2 г/л и величиной pH от 4 до 6.

На электронных весах с точностью 0,01 г взвешивается 50 г заранее приготовленного катионита в набухшем состоянии.

Модельный сульфатный никельсодержащий раствор объемом 0,5 л заливается в расходную емкость установки (см. рисунок 2) для определения величины динамической емкости смолы. С помощью вентиля настраивается расход раствора при фильтровании (2-4 объема раствора через объем набухшего катионита в час).

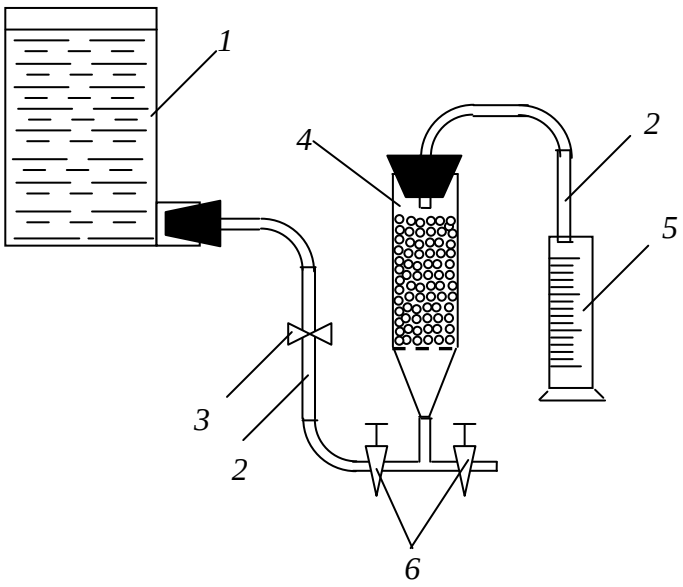


Рисунок 2. – Установка для определения динамической обменной ёмкости ионообменных смол:

1 – емкость для модельного раствора; 2 – резиновая трубка; 3 – зажим; 4 – сорбционная колонка с ионообменной смолой; 5 – мерный цилиндр для сбора фильтрата; 6 – вентили.

После настройки расхода раствора с помощью зажима перекрывается подача раствора в сорбционную колонку установки.

Навеска набухшего катионита в Н-форме помещается в сорбционную колонку установки и определяется его объем.

В емкость для сбора фильтрата подается 5 мл 1%-го раствора диметилглиоксима, после чего убирается зажим и осуществляется подача модельного раствора в фильтровальную колонку с набухшим катионитом.

В ходе работы визуально фиксируется момент появления осадка красного цвета, свидетельствующего о начале «проскока» никеля, после чего с помощью вентиля прекращается подача модельного раствора в сорбционную колонку установки.

С помощью мерного цилиндра измеряется объем полученного фильтрата до «проскока».

После задания преподавателем общего объема фильтрата, соответствующего полному насыщению смолы, строится график выходной кривой сорбции (аналогично графику, приведенному на рисунке 3) и рассчитывается величина ДОЕ и ПДОЕ для данного катионита по никелю.

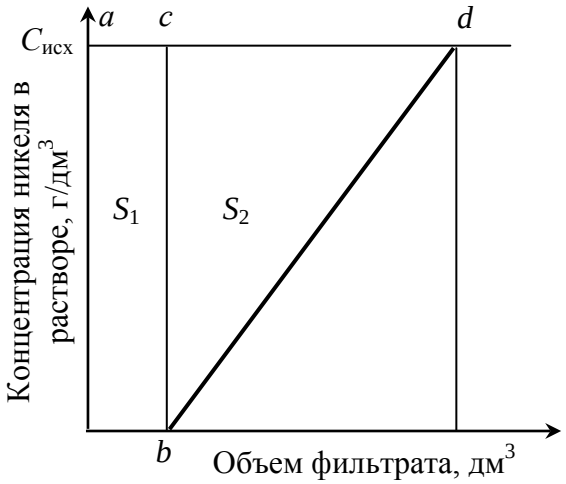


Рисунок 3. – График выходной кривой сорбции

В теоретической части отчета необходимо:

1. Дать определение процесса ионного обмена.

2. Объяснить структуру гелевых и макропористых ионитов.

3. Объяснить, как подразделяются смолы по кислотно-щелочным свойствам и какова область их действия.

4. Объяснить механизм набухания ионообменной смолы.

5. Объяснить как определяется емкость смол в статических и

динамических условиях.

6. Привести основные факторы, влияющие на скорость процесса ионного обмена.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Электроэкстракция меди из сульфатных растворов

Цель работы: изучение особенностей электроэкстракции меди из сульфатных растворов, исследование влияния различных факторов на процесс электроосаждения меди.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

– модельный раствор рабочего медьсодержащего электролита с заданной концентрацией меди и величиной pH;

– электролизная установка (фарфоровый стакан и три электрода на кронштейне);

– выпрямитель тока с амперметром;

– фильтровальная бумага;

– наждачная бумага;

– линейка;

– фарфоровая чашка;

– весы электронные.

Проведение работы

Работу выполняют на модельном растворе рабочего медьсодержащего электролита.

Конструкция, используемой в работе электролизной установки приведена на рисунке 4.

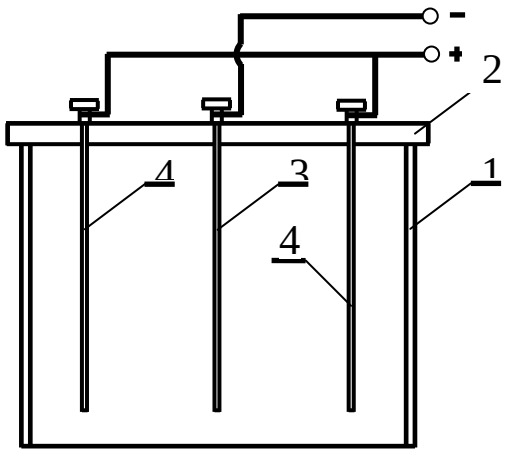


Рисунок 4. – Устройство электролизной установки:
1 – фарфоровый стакан; 2 – кронштейн; 3 – катод; 4 – аноды.

Перед проведением опыта наждачной бумагой зачищают поверхность катода, затем катод взвешивают на электронных весах с точностью ± 0,001 г, после чего закрепляют его на кронштейне симметрично анодам.

В фарфоровый стакан заливают медьсодержащий электролит до уровня примерно на 10-15 мм ниже обреза стакана и устанавливают кронштейн с электродами.

Убедившись, что выпрямитель отключен от сети, соединяют его клеммы проводами с электролизной установкой, соблюдая полярность.

После того как преподаватель проверит правильность соединений, включить выпрямитель и установить на амперметре требуемое значение силы тока.

По окончании опыта (продолжительность электроэкстракции задается преподавателем) выключить выпрямитель. Не допуская потерь катодного осадка, кронштейн с электродами аккуратно вынимают из электролита и промывают электроды, опуская их несколько раз в фарфоровый стакан с водой.

С кронштейна аккуратно снимают катод, помещают его в фарфоровую чашку, высушивают и взвешивают на электронных весах с точностью ± 0,001 г. После этого с помощью линейки измеряют площадь катодного осадка.

По результатам работы рассчитывают плотность катодного тока, А/м^2

$$D = I / S,$$

где I – сила тока, А, S – площадь катодного осадка, м^2.

Выход меди по току, %

$$E = m \cdot 100 / m_{\text{теор}},$$

где m – масса меди, практически выделившейся на катоде, г, $m_{\text{теор.}}$ – масса меди, которая теоретически могла бы выделиться на катоде, г.

$$m_{\text{теор.}} = k^{\text{Cu}}_{\text{эл. хим}} \cdot I \cdot t,$$

где $k^{\text{Cu}}_{\text{эл. хим}}$ – электрохимический коэффициент меди, I – сила тока, А, t – продолжительность электроэкстракции, ч.

$$k^{\text{Cu}}_{\text{эл. хим}} = Э_{\text{Cu}} / F, \text{ г/А·ч},$$

где $Э_{\text{Cu}}$ – грамм-эквивалент меди, равный 31,77 г, F – число Фарадея, равное 26,8 А·ч.

После окончания работы электролит вылить в емкость для отра-

ботанного электролита, промыть электролизную установку, привести в порядок рабочее место, мусор выбросить в корзину.

В теоретической части работы необходимо:

1. Объяснить, в чем отличие процесса электроэкстракции от процесса электрорафинирования.
2. Записать реакции, протекающие на катоде и аноде при электроэкстракции.
3. Объяснить, как влияют примеси железа на электроэкстракцию меди.
4. Объяснить, с какой целью в электролит подают ПАВ.
5. Привести основные факторы, влияющие на полноту и скорость процесса осаждения меди.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.11 ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Колтунов А. В., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Б1.В.ДВ.01.01 КОМПЬЮТЕРНЫЕ РАСЧЁТЫ В ОБОГАЩЕНИИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 6
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Обогащения полезных ископаемых	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Козин В. З.	Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Задача 1. Создание шаблона текстового документа 5

Задача 2. Поиск информации и оформление списка использованных источников 6

Задача 3. Расчёт и построение розы ветров 8

Задача 4. Расчёт и построение гранулометрической характеристики 10

Задача 5. Расчёт и построение кривых контрастности, обогатимости и разделения 12

Задача 6. Расчёт показателей технологической схемы обогащения различными методами 17

Задача 7. Расчёт и выбор оборудования 24

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 27

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения учебной дисциплины «Компьютерные расчёты в обогащении» является овладение методиками расчёта схем обогащения; освоение методов компьютерного моделирования; овладение навыками безопасного поиска информации в сети Internet. Сложность инженерных расчётов, выполняемых в обогащении полезных ископаемых, требует овладения навыками составления и вычисления формул при помощи ПК.

Для достижения указанной цели необходимо формирование у студентов-обогатителей необходимых знаний в области овладения методами расчёта технологических обогащения схем, знаний о способах расчёта схем, овладение навыками составления расчётных формул в программе для расчёта электронных таблиц (Excel), овладение навыками составления и оформления текстовой и графической документации в электронном виде.

Результатом освоения дисциплины «Компьютерные расчёты в обогащении» является формирование у обучающихся следующих *общепрофессиональных* и *профессионально-специализированных* компетенций:

– способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности (ОПК-1);

– умение пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов (ОПК-7);

– готовность применять современные информационные технологии, автоматизированные системы проектирования обогатительных производств (ПСК-6.5).

Курсовая работа является средством промежуточного контроля, предназначенного для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать

собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

Курсовая работа выполняется студентом самостоятельно в течение всего семестра, состоит из ряда типовых задач, выполняемых по индивидуальному заданию, выдаваемом в начале семестра.

В настоящем учебно-методическом пособии даны краткие формулировки задач и варианты для индивидуальных заданий.

Объяснения по решению задач и решение элементов задач даются на практических занятиях, там же осуществляется контроль за выполнением заданий.

Пояснительная записка курсовой работы состоит из двух разделов:

Раздел 1. Работа в текстовом редакторе MS WORD.

Раздел 2. Работа в табличном редакторе MS EXCEL.

Все выполненные задачи оформляются в единый электронный документ с последующей распечаткой пояснительной записки. Пояснительная записка сдаётся студентом на проверку. После проверки пояснительной записки проводится защита курсовой работы в устной форме.

Оценка выставляется по итогам проверки пояснительной записки и устной защиты. Принимается во внимание оформление пояснительной записки.

Задача 1.
Создание шаблона текстового документа

Задание: Создать шаблон текстового документа.

Пояснения к заданию

При выполнении курсовой работы каждый студент создаёт свой личный шаблон текстового документа с заданными настройками. Впоследствии все текстовые документы (пояснительные записки курсовых проектов и работ, отчёты по лабораторным и практическим работам и т. п.) рекомендуется выполнять на основе этого шаблона.

В шаблоне текстового документа должно быть создано:

- титульный лист;
- страница «Содержание»;
- страница(ы) для основной части тестового документа;
- страница «Список использованных источников».

Также в созданном шаблоне необходимо выполнить расстановку переносов и вставить нумерацию страниц. Титульный лист имеет порядковый номер один, однако номер страницы на нём не ставится. В составе курсовой работы есть задание, которое размещается после титульного листа и имеет порядковый номер два. В шаблоне рекомендуется зарезервировать страницу с номером три под размещение содержания документа.

В созданном шаблоне необходимо создать стили заголовков, подрисуночных подписей, названий таблиц и содержимого таблиц.

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ подробно рассмотрены вопросы создания шаблона и форматирования текстовых документов.

Контроль выполнения задания

Созданный шаблон, сохранённый в формате *ФамилияИО****.dotx***, высылается для проверки преподавателю.

Задача 2.
Поиск информации и оформление списка использованных источников

Задание: для заданного химического элемента выполнить поиск информации, оформить список использованных источников.

Исходные данные

Номер варианта						
		10	**1**	**2**	**3**	**4**
	I	медь	золото	цинк	марганец	хром
A	**II**	литий	железо	бор	никель	фтор
	III	натрий	ванадий	алюминий	палладий	титан
	IV	хлор	бериллий	кальций	скандий	стронций
	I	германий	неодим	литий	теллур	скандий
B	**II**	кадмий	магний	молибден	рубидий	серебро
	III	кремний	барий	кобальт	углерод	сера
	IV	уран	селен	бром	осмий	иридий
	I	платина	углерод	вольфрам	калий	йод
C	**II**	мышьяк	калий	сурьма	фосфор	германий
	III	цезий	олово	ртуть	свинец	висмут
	IV	цирконий	ниобий	бериллий	сера	ванадий
		5	**6**	**7**	**8**	**9**
	I	золото	неодим	литий	теллур	скандий
A	**II**	кадмий	магний	молибден	рубидий	серебро
	III	кремний	барий	кобальт	углерод	медь
	IV	литий	железо	бор	никель	фтор
	I	медь	золото	цинк	марганец	хром
B	**II**	мышьяк	калий	сурьма	фосфор	германий
	III	натрий	железо	алюминий	палладий	титан
	IV	платина	кобальт	вольфрам	калий	йод
	I	уран	селен	бром	осмий	иридий
C	**II**	хлор	бериллий	кальций	скандий	стронций
	III	цезий	олово	ртуть	свинец	висмут
	IV	цирконий	ниобий	бериллий	сера	ванадий

Например, для варианта 2-В-III заданным элементом будет кобальт.

Пояснения к заданию

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо выполнить поиск информации о заданном химическом элементе по пунктам:

1. История открытия и происхождения химического элемента.
2. Химические свойства и область применения химического элемента.
3. Основные минералы и руды, в состав которых входят минералы химического элемента.
4. Основные технологии обогащения руд, в состав которых входит химический элемент.
5. Пример обогатительного предприятия, перерабатывающего руды, в состав которых входит химический элемент.

Собранная информация должна содержать не менее трёх рисунков и трёх таблиц. Общий объём не более 10-15 страниц.

Таблицы следует выполнять средствами MS Word. Рисунки, представляющие собой принципиальные или технологические схемы обогащения, также следует выполнять средствами MS Word.

Параллельно с поиском информации надлежит составить и оформить в соответствии с требованиями список использованных источников, объёмом не менее пяти источников.

По мере накопления информация вносится в текстовый документ *ФамилияИО**.docx***, созданный на основе шаблона. После завершения сбора информации полученный документ следует отредактировать в соответствии с требованиями.

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ подробно рассмотрены вопросы редактирования текстовых документов.

Контроль выполнения задания

По мере сбора и форматирования текстовый документ проверяется преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде раздела 1 пояснительной записки курсовой работы.

Задача 3.
Расчёт и построение розы ветров

Задание: сбор и обработка информации о климатических условиях в заданном населённом пункте. Рассчитать и построить лепестковую диаграмму (розу ветров) для заданных месяцев текущего года.

Исходные данные

Номер варианта			Номер варианта		
0	***A***	Алдан	**5**	***A***	Курск
	B	Анапа		***B***	Москва
	C	Апатиты		***C***	Мурманск
1	***A***	Белгород	**6**	***A***	Новороссийск
	B	Благовещенск		***B***	Пермь
	C	Владивосток		***C***	Санкт-Петербург
2	***A***	Гай	**7**	***A***	Кемерово
	B	Екатеринбург		***B***	Симферополь
	C	Иркутск		***C***	Томск
3	***A***	Казань	**8**	***A***	Тюмень
	B	Калининград		***B***	Хабаровск
	C	Костомукша		***C***	Ханты-Мансийск
4	***A***	Краснодар	**9**	***A***	Магадан
	B	Красноуральск		***B***	Чита
	C	Красноярск		***C***	Якутск
I		декабрь, январь, февраль	**II**		март, апрель, май
III		июнь, июль, август	**IV**		сентябрь, октябрь, ноябрь

Пояснения к заданию

Решение этой и последующих задач осуществляется в документе MS Excel с именем *ФамилияИО**.xlsx*** и оформляется в пояснительной записке в виде отдельных пунктов раздела 2.

Для каждой новой задачи следует выбирать новый лист в документе, называя его по номеру задачи. Таким образом, в документе должно находиться пять листов: *Задача 3*, … *Задача 7*.

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо выполнить поиск информации о природно-климатических и метеорологических условиях территории

необходимо указать такие показатели как климат района, среднегодовую температуру, абсолютные максимум и минимум температур, среднегодовое количество осадков. Для поиска рекомендуется воспользоваться информацией климатических сайтов.

В листе *Задача 3* необходимо привести исходную таблицу для расчёта розы ветров по приведённой ниже форме.

День	**С**	**СВ**	**В**	**ЮВ**	**Ю**	**ЮЗ**	**З**	**СЗ**	**Ш**
1		2							
…						1			
91 (92)				8					

Для формирования этой таблицы рекомендуется воспользоваться дневником погоды сайта gismeteo.ru.

Общее количество дней равно сумме дней за три месяца, в строке, соответствующей дню, указывается только одно значение – скорость ветра в м/с, значение проставляется в столбце, соответствующему направлению ветра. При наличии штилевых дней (Ш) в соответствующем столбце ставится значение 0.

На основе исходно таблице необходимо сформировать и рассчитать таблицу для построения лепестковой диаграммы (розы ветров) по форме таблицы 1.

Таблица 1 – Показатели розы ветров

Показатель	**С**	**СВ**	**В**	**ЮВ**	**Ю**	**ЮЗ**	**З**	**СЗ**	**Ш**
Количество дней с ветром									
Частота ветра, %									
Средняя скорость ветра, м/с									0

На основании рассчитанной таблицы строится роза ветров для заданного населённого пункта. После формирования таблицы необходимо выполнить статистическую обработку массива на выявление максимального значения скорости ветра.

Алгоритм расчёта таблицы и построения лепестковой диаграммы рассмотрен в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ.

На полученной розе ветров необходимо указать стрелкой преобладающее направление ветра, а также предложить вариант размещения предприятия (обогатительной фабрики) с учётом розы ветров.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.1 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте приводится описание природно-климатических и метеорологических условий территории, таблица расчётных показателей, лепестковая диаграмма с дополнительной информацией. Также необходимо обосновать предложенный вариант размещения предприятия.

Задача 4.
Расчёт и построение гранулометрической характеристики

Задание: Рассчитать и построить гранулометрическую характеристику. Определить выход заданного класса крупности.

Пояснения к заданию

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо в документе MS Excel рассчитать таблицу гранулометрического состава и построить гранулометрическую характеристику в виде точечной диаграммы.

Расчётная таблица для построения гранулометрической характеристики выполняется по форме таблицы 2.

Таблица 2 – Гранулометрический состав

Класс крупности, мм	**Выход**			
	частный		**суммарный, %**	
	кг	**%**	**по плюсу**	**по минусу**
-D_{max}+0,85D_{max}				
-0,85D_{max}+0,7D_{max}				
….				
-0,1D_{max}+0				
Итого	***M***	**100,00**	**–**	**–**

Исходные данные

Класс крупности, мм	**Частный выход, %**									
	Номер варианта									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
-0,1D_{max}+0	20	12	8	10	26	4	20	3	5	5
-0,2D_{max}+0,1D_{max}	12	16	18	12	18	6	7	10	44	25
-0,3D_{max}+0,2D_{max}	11	15	17	6	15	5	11	22	17	13
-0,4D_{max}+0,3D_{max}	13	17	14	25	12	2	6	23	9	10
-0,5D_{max}+0,4D_{max}	14	13	12	13	9	11	9	25	8	10
-0,6D_{max}+0,5D_{max}	12	11	6	15	7	40	21	5	1	8
-0,7D_{max}+0,6D_{max}	5	9	7	8	8	8	11	7	2	5
-0,85D_{max}+0,7D_{max}	7	3	8	3	3	11	10	3	3	3
-D_{max}+0,85D_{max}	6	4	10	8	2	13	5	2	11	21

Масса пробы, кг	***A***	***B***	***C***
	155	205	91

Вид суммарной характеристики	**I, III**	**II, IV**
	по плюсу	по минусу

	I	**II**	**III**	**IV**
D_{max}, мм	1400	900	600	500
Границы класса крупности	(0,35-0,75)D_{max}	(0,15-0,55)D_{max}	(0,25-0,75)D_{max}	(0,45-0,65)D_{max}

В таблице 2 классы крупности записывают по убыванию, приводя полученные в зависимости от D_{max} значения границ классов крупности, округлённые до целого числа.

Массу каждого класса крупности рассчитывают в зависимости от частного выхода по формуле:

$$m_i = M \cdot \gamma_i / 100,$$

где γ_i – частный выход i-го класса крупности (по заданию), %.

Алгоритм расчёта суммарных выходов по плюсу и по минусу и построения точечной диаграммы рассмотрен в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ.

Выход заданного класса крупности определяют графически по построенной гранулометрической характеристике.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.2 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте следует привести описание назначения гранулометрической характеристики, расчётную таблицу, точечную диаграмму с графическим решением.

Задача 5.
Расчёт и построение кривых контрастности, обогатимости и разделения

Задание: выполнить статистическую обработку массива данных, рассчитать и построить плотности распределения по массовой доле компонента и признаку разделения, рассчитать и построить интегральную функцию распределения, выполнить фракционирование массива по величине массовой доли компонента и признаку разделения, рассчитать и построить кривые контрастности, обогатимости и разделения, выполнить прогноз технологических показателей для заданных условий разделения.

Пояснения к заданию

Фракционный состав продуктов является важнейшей информацией при выборе метода разделения и прогнозе технологических показателей. Фракционный состав продуктов можно получить двумя способами: путём фракционирования исходной пробы с получением нескольких (не менее пяти) фракций, либо измерением значений признака разделения и массовой доли во всех кусках пробы (покусковое изучение свойств).

Фракционирование широко применяется для фракционного анализа углей по плотности, руд по плотности, удельной магнитной восприимчивости, электропроводности, флотируемости и т. п. Чаще всего фракционирование выполняют на лабораторном обогатительном аппарате в режиме анализа или специальной установке для фракционного анализа. От полученных в результате анализа фракций (не менее пяти) отбирают пробу и посредством химического анализа определяют массовую долю компонента в каждой из фракций. Результаты фракционного анализа используют

для расчёта и построения кривых обогатимости и разделения, а также для прогноза технологических показателей разделения.

Покусковое изучение свойств применяют только для крупнокусковых материалов ($100 < d < 10$ мм), этот способ является более трудоёмким и затратным, так как необходимо определить величину признака разделения и массовую долю компонента в каждом куске изучаемой пробы, количество таких кусков может быть от 20 и более. При этом, после получения величины признака разделения (или нескольких признаков), каждый кусок доводят до крупности химического анализа с последующим определением массовой доли компонента в каждом куске. Преимуществом данного способа является возможность получения более полной информации о свойствах изучаемой пробы. Кроме того, фракционный состав продукта, получаемый этим способом, является основной для расчёта и построения кривых контрастности, являющихся кривыми предельной обогатимости, по которым можно выполнить прогноз предельных показателей разделения.

При покусковом изучении свойств информация о фракционном составе представляет собой массив данных, состоящий из нескольких столбцов, несущих информацию о свойствах каждого куска, и строк, равных количеству изученных кусков.

Табличный процессор MS Excel позволяет проводить статистическую обработку данных в массивах любых размером, а также выполнять сортировку и группирование данных с последующим построением различных зависимостей в виде диаграмм.

В задаче 5 рассмотрен вариант покускового изучения свойств пробы, состоящей из 45 кусков. Для каждого куска получены следующие исходные данные: масса m, г; массовая доля компонента в куске α, % и значение величины признака разделения ξ, усл. ед.

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо сформировать в соответствующем листе Excel массив данных и все последующие расчёты выполнять в этом листе.

Исходные данные

№ куска	Масса *m*, г										Массовая доля α, %			Признак разделения ξ, усл. ед.			
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	***A***	***B***	***C***	**I**	**II**	**III**	**IV**
1	19	10	22	10	36	10	14	30	30	34	0,2	1,5	0,8	4,3	35,9	8,8	11,3
2	8	7	19	16	12	21	9	8	35	34	0,2	1,6	0,9	5,3	42,6	7,7	14,5
3	15	10	18	13	23	37	15	21	19	36	6,0	3,5	3,5	9,1	5,6	3,8	51,2
4	14	7	14	13	22	32	88	9	24	40	0,1	1,1	0,6	5,0	46,9	8,3	7,9
5	7	7	16	17	40	15	28	10	20	22	0,3	1,7	1,1	5,8	24,7	7,3	24,9
6	14	18	9	15	11	20	24	20	21	19	0,2	1,6	0,9	6,0	29,7	7,2	13,2
7	5	16	31	16	10	20	10	19	11	21	0,2	1,6	1,0	5,7	31,8	9,0	13,9
8	14	14	12	24	12	10	18	12	24	9	0,1	0,7	0,3	3,8	51,2	9,1	5,6
9	8	7	14	38	34	21	10	14	25	14	0,9	2,4	2,1	8,1	15,3	5,1	23,2
10	6	7	24	9	20	18	7	15	10	11	1,5	2,5	2,2	7,2	13,2	6,0	29,7
11	23	13	16	22	27	13	14	6	26	21	4,3	3,5	3,3	9,2	6,2	4,0	12,4
12	14	11	26	20	12	19	21	9	27	18	0,1	1,4	0,8	4,6	49,1	9,3	9,4
13	24	9	9	11	9	13	22	12	18	18	0,1	0,3	0,2	4,1	40,5	8,7	8,5
14	17	10	6	8	13	9	29	15	23	27	0,3	1,7	1,0	5,1	23,2	8,1	15,3
15	18	13	17	7	6	14	10	7	20	14	4,0	3,1	3,1	8,3	7,9	5,0	46,9
16	15	13	7	12	14	7	10	8	13	13	0,3	2,1	1,5	6,7	25,4	7,0	15,5
17	6	16	10	19	23	20	10	8	12	19	0,4	2,1	1,6	6,5	21,0	6,5	21,0
18	16	8	14	9	16	19	18	8	17	19	1,7	2,7	2,4	7,1	10,3	4,7	34,0
19	28	19	32	6	36	9	16	18	15	17	0,9	2,4	2,1	7,3	24,9	5,8	24,7
20	14	10	6	10	32	27	10	20	14	20	1,5	2,6	2,2	7,7	14,5	5,3	42,6
21	10	12	13	9	24	7	24	15	22	12	0,2	1,5	0,8	4,2	38,3	8,6	9,1
22	10	10	23	15	7	16	8	15	10	17	1,8	2,7	2,4	7,8	9,2	4,8	36,1
23	9	12	14	24	18	14	8	12	8	14	3,2	2,9	2,7	8,8	11,3	4,3	35,9
24	9	15	23	10	5	7	22	10	15	19	0,6	2,3	1,8	7,6	16,7	6,1	24,4
25	12	15	15	9	13	10	30	16	14	12	3,8	2,9	2,9	8,5	7,3	4,5	44,8
26	20	15	19	12	7	10	10	11	12	12	0,3	1,8	1,3	5,5	18,9	8,2	17,7
27	13	10	35	10	19	21	32	23	16	14	0,1	1,1	0,4	4,0	12,4	9,2	6,2
28	35	24	22	17	8	13	19	6	15	9	0,2	1,6	0,9	4,8	36,1	7,8	9,2
29	11	24	10	11	44	10	16	7	22	13	0,8	2,4	2,0	8,2	17,7	5,5	18,9
30	16	11	13	8	38	13	12	11	15	10	1,3	2,5	2,1	8,0	14,8	5,6	27,5
31	18	11	19	6	42	16	8	12	23	15	3,4	2,9	2,8	9,3	9,4	4,6	49,1
32	12	8	16	10	44	20	8	12	13	20	0,4	2,2	1,7	7,0	15,5	6,7	25,4
33	19	14	8	7	30	9	13	19	13	23	0,3	1,9	1,4	6,1	24,4	7,6	16,7
34	10	11	10	8	30	8	14	15	26	13	0,3	1,9	1,5	6,2	53,4	6,6	14,6
35	21	9	20	10	25	14	20	9	25	11	0,4	2,2	1,8	6,6	14,6	6,2	53,4
36	9	9	20	5	14	27	13	17	18	19	0,2	1,6	0,9	4,7	34,0	7,1	10,3
37	31	15	12	8	20	9	22	15	14	21	0,3	1,8	1,4	5,2	16,7	7,5	15,1
38	6	10	18	7	18	14	9	24	42	13	1,1	2,4	2,1	9,0	13,9	5,7	31,8
39	11	11	15	16	35	8	11	7	15	12	0,1	1,3	0,7	4,5	44,8	8,5	7,3
40	15	10	11	14	13	19	16	18	15	17	2,4	2,7	2,5	8,6	9,1	4,2	38,3
41	7	8	15	12	12	9	18	30	21	32	0,6	2,3	1,9	7,5	15,1	5,2	16,7
42	13	11	9	7	33	10	17	20	19	6	0,2	1,6	0,9	5,6	27,5	8,0	14,8
43	16	8	7	11	12	10	17	10	20	36	0,4	2,1	1,6	6,3	17,0	6,8	24,2
44	9	9	23	6	43	19	8	12	6	14	0,3	2,1	1,5	6,8	24,2	6,3	17,0
45	13	18	12	9	22	13	14	10	19	19	12,1	4,6	4,5	8,7	8,5	4,1	40,5

Для статической обработки массива необходимо определить:

- границы изменения массовой доли компонента (α_{min}, α_{max}) и признака разделения (ξ_{min}, ξ_{max});
- средние и средневзвешенные значения массовой доли компонента ($\alpha_{ср}$, $\alpha_{срв}$) и признака разделения ($\xi_{ср}$, $\xi_{срв}$);
- коэффициент корреляции между величинами массовой доли компонента и признака разделения.

Статистическая обработка выполняется в листе Excel с применением статистических формул и формул ссылок и массивов.

По данным исходным массива необходимо выполнить расчёт и построение:

- поля корреляции в осях «Массовая доля компонента – Признак разделения»;
- плотностей распределения и интегральных функций распределения по массовой доле компонента и признаку разделения.

Для выполнения фракционного анализа по величине массовой доли компонента следует:

- провести сортировку исходного массива по возрастанию массовой доли;
- рассчитать покусковую фракционную характеристику пробы, описанной массивом данных;
- по результатам расчёта фракционной характеристики построить кривые контрастности (предельной обогатимости);
- определить предельные показатели разделения по кривым контрастности для заданных преподавателем условий.

Для выполнения фракционного анализа по величине признака разделения следует:

- провести сортировку исходного массива по возрастанию величины признака разделения;
- задать границы и выделить не менее пяти, но не более семи фракций;

– рассчитать фракционную характеристику пробы;
– по результатам расчёта фракционной характеристики построить кривые обогатимости и кривые разделения;
– определить показатели разделения по кривым обогатимости и разделения для заданных преподавателем условий.

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по практическим занятиям подробно рассмотрены все элементы решения данной задачи.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.3 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте приводятся

– результаты статистической обработки массива в виде таблицы и поля корреляции;

– плотность распределения и интегральная функция распределения для вариантов I и III по массовой доле компонента, для вариантов II и IV – по признаку разделения;

– кривые контрастности;

– развёрнутая фракционная характеристика в виде таблицы, кривые обогатимости и разделения;

– сравнительная таблица с показателями разделения, определёнными по кривым контрастности, обогатимости и разделения.

В выводе к задаче необходимо указать в чём причина отличия показателей разделения, полученных по разным видам кривых.

Задача 6.
Расчёт показателей технологической схемы обогащения различными методами

Задание: рассчитать технологическую схему обогащения балансовым, итерационными и матричным методами.

Пояснения к заданию

Расчёт технологических схем является одной из самых важных задач в обогащении полезных ископаемых. Наиболее сложными, трудоёмкими и ответственными являются расчёты качественно-количественных схем обогащения, для которых вычисляют выходы продуктов разделения по известным массовым долям компонентов в них.

Существует три основных метода расчёта схем обогащения:

- балансовый, использующий уравнения технологического баланса;
- итерационный, основанный на многократном расчёте выходов продуктов с учётом меняющихся исходных данных;
- матричный, заключающийся в составлении и перемножении матрицы исходного продукта и обратной матрицы продуктов разделения.

Расчёт качественно-количественной схемы выполняется в такой последовательности:

- составление и расчёт технологического баланса схемы по конечным продуктам;
- задание массовых долей всех продуктов разделения;
- расчёт выходов всех продуктов разделения одним из известных методов;
- оформление результатов расчёта в виде таблицы и схемы.

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту предлагается схема, значения массовых долей всех продуктов разделения, извлечение в один из конечных продуктов (концентрат или хвосты) и производительность по исходному.

Исходные данные

	Номер варианта														
	Схема 1			***Схема 2***			***Схема 3***			***Схема 4***			***Схема 5***		
	Массовая доля в продукте, %														
Продукт	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***
Исходный	1,8	1,5	0,8	1	2,3	5,8	1,5	2,5	0,5	1,6	3,6	2	1,2	1	0,8
1	14,4	13,5	6,1	9	16,6	29,6	10,5	12,7	4,5	12,8	28,8	16	9,36	7,9	6,8
2	0,6	1,0	0,7	0,3	0,7	1,9	0,6	1,0	0,2	0,7	1,6	0,9	определить		
3	27,4	26,3	10,8	17	25	45	16,8	20,4	8,5	22	35	27	16,8	14,2	12,8
4	1,6	1,3	0,7	1,6	2,1	4,5	1,6	2,0	0,4	1,3	3,1	3,1	1,1	0,9	0,6
5	3,6	3,0	1,5	2	4,6	11,6	3,0	5,0	1,0	3,2	7,2	4	28,6	22,7	23,7
6	определить			определить			определить			0,6	1,1	0,6	7,5	7,5	6,5
7	45,0	50,0	18,0	1,1	3,2	1,8	45	35	40	1,1	3,2	1,8	45	35	40
8	12,2	10,0	5,1	-	-	-	12,7	13	10,5	определить			12,7	13	10,5
9	-	-	-	-	-	-	33	41	25	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	20,1	27,2	7,8	-	-	-	-	-	-
Извлечение в концентрат, %	**I**	82		87			95			90			97		
	II	70		92			85			75			95		
Извлечение в хвосты, %	**III**	20		7			10			20			9		
	IV	16		5			8			18			7		
Производительность по исходному *Q*, т/ч	**I**	100		200			35			806			513		
	II	150		1800			18			196			257		
	III	300		450			141			297			432		
	IV	350		508			305			103			105		

	Схема 6			***Схема 7***			***Схема 8***			***Схема 9***			***Схема 10***		
	Массовая доля в продукте, %														
Продукт	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***	***A***	***B***	***C***
Исходный	1,8	0,8	1,5	1,4	2,6	0,6	2,5	1,5	0,9	1,5	1,1	2,1	1,3	3,3	0,9
1	9	7,2	13,5	9,8	18,2	5,4	6,5	10	8	11,3	9,9	18,9	11,8	26,4	8,1
2	определить			1,3	0,2	0,4	1,4	0,8	0,5	0,4	0,3	0,6	0,4	2,8	0,7
3	15,3	13,7	25,7	16,7	30	10,3	5	3	1,8	20	18	35	23	50	15
4	2,1	0,7	1,3	1,6	2,3	0,5	1,2	0,6	0,4	1,6	0,9	1,9	1,6	2,5	0,8
5	23	24	45	2,8	5,2	1,2	2	1,5	0,9	3	2,2	4,2	2,6	25	7,8
6	8,8	6,8	12,9	0,3	0,9	0,2	определить			определить			определить		
7	-	-	-	25	45	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	9,5	17,5	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	0,8	2,6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	определить					-	-	-	-	-	-	-
Извлечение в концентрат, %	**I**	89		93			80			84			88		
	II	87		83			70			94			95		
Извлечение в хвосты, %	**III**	12		2			25			5			7		
	IV	10		10			19			15			11		
Производительность по исходному *Q*, т/ч	**I**	96		721			215			1024			190		
	II	183		157			438			115			290		
	III	75		211			673			222			979		
	IV	190		613			911			44			659		

Схема 1

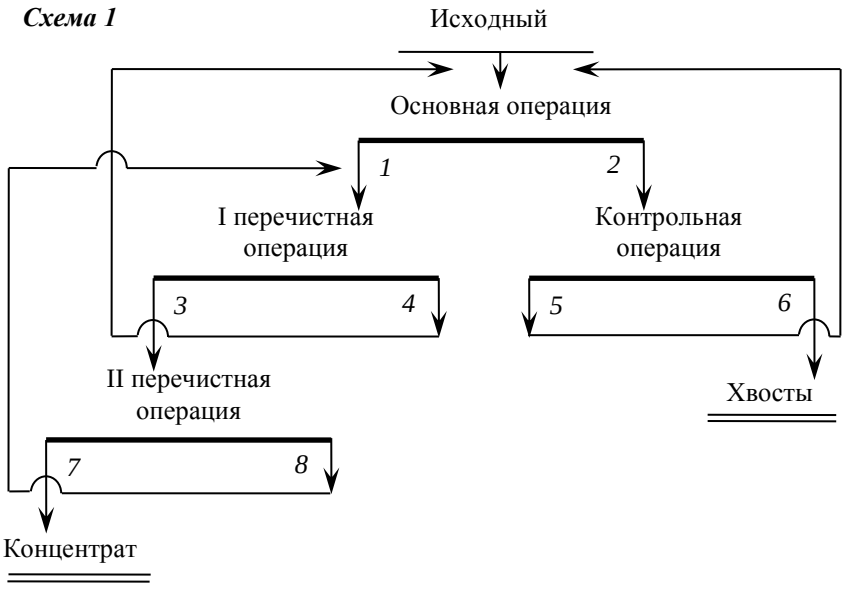


Схема 2

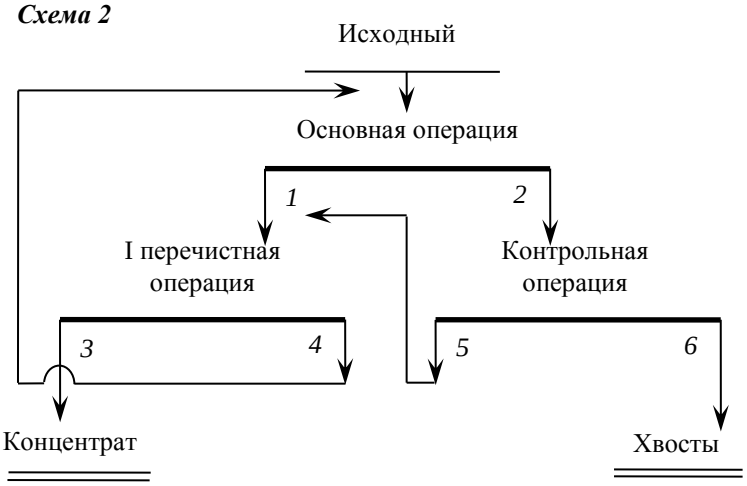


Схема 3

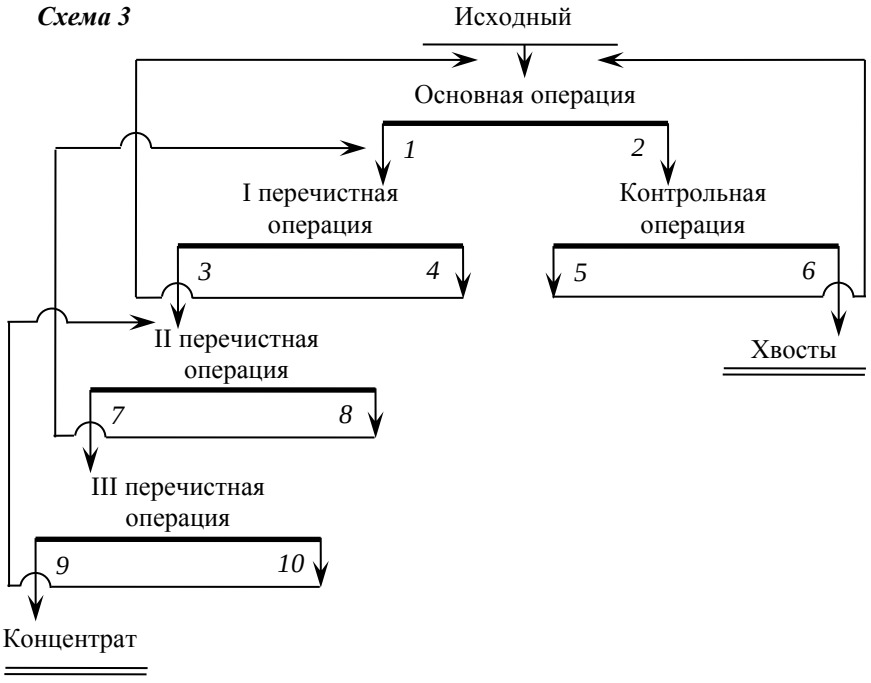


Схема 4

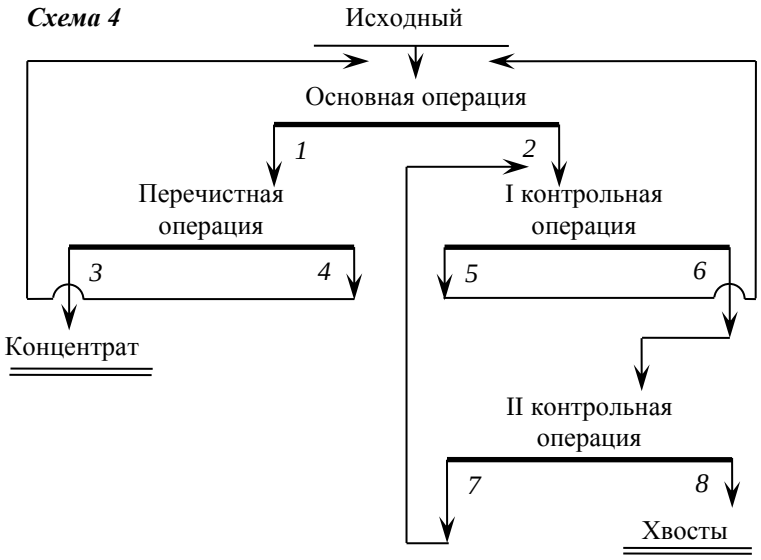


Схема 5

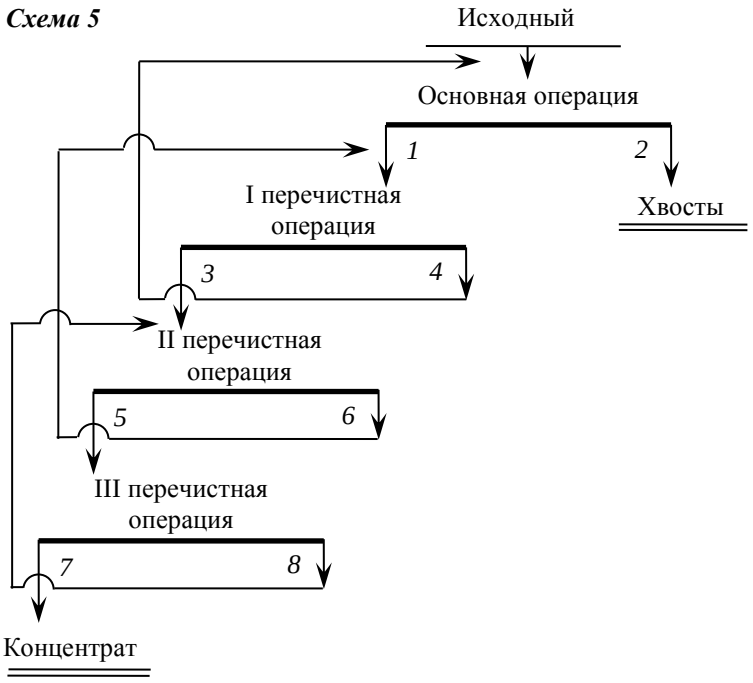


Схема 6

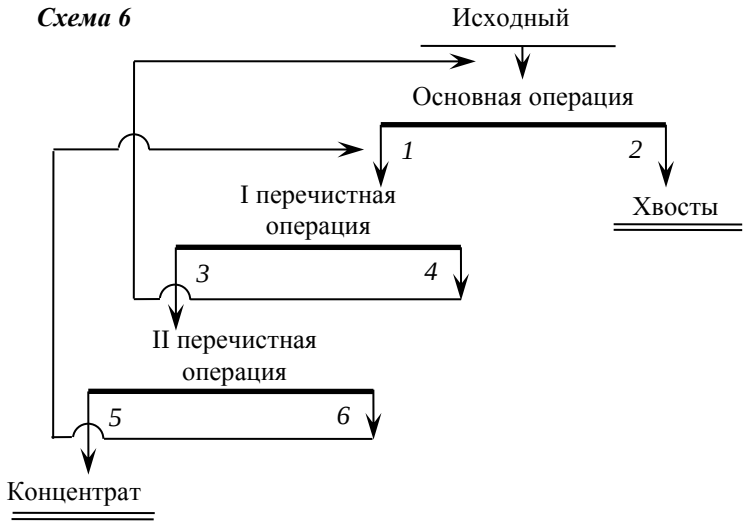


Схема 7

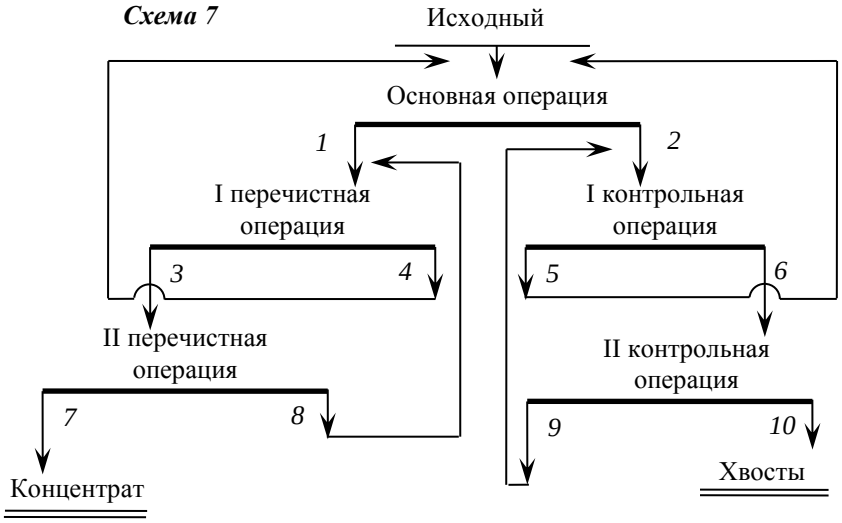


Схема 8

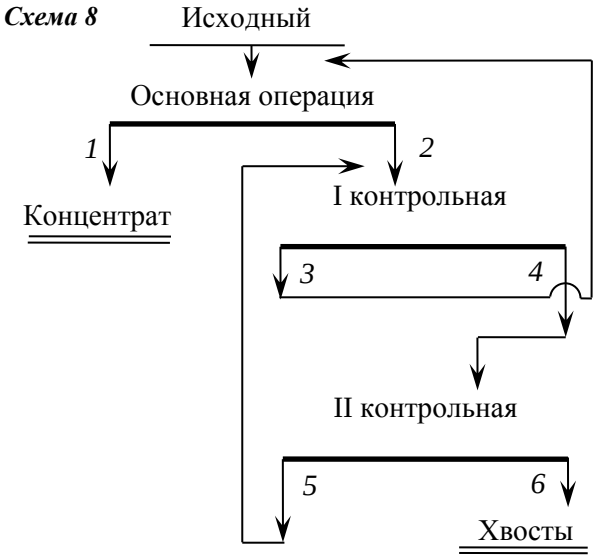


Схема 9

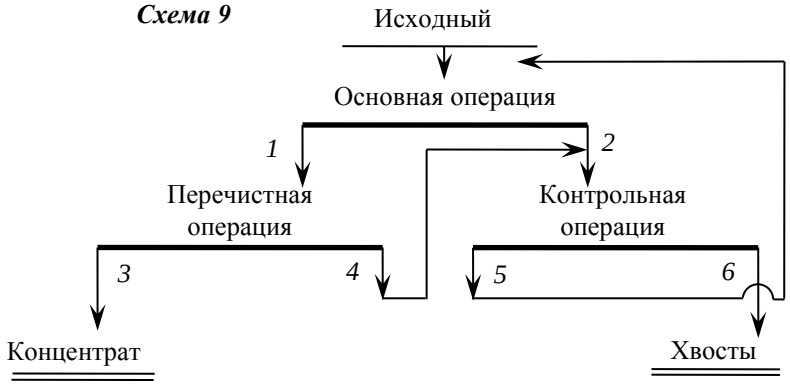
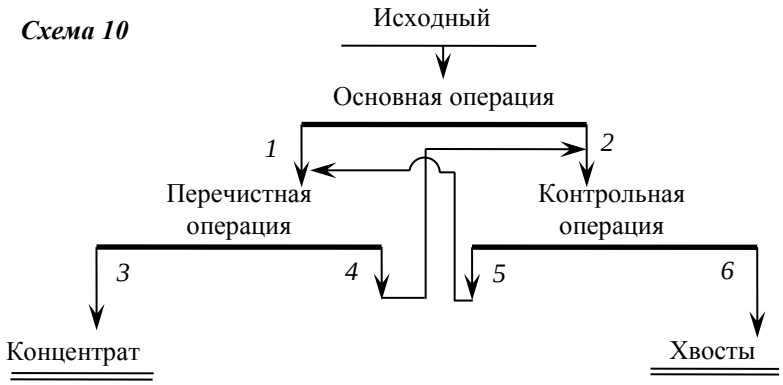


Схема 10



При выполнении этой задачи в соответствующем листе документа Excel первоначально следует создать маску для расчёта технологического баланса и массив значений массовых долей, затем присвоить имена каждому значению массовой доли в формате β_n, где n – номер продукта разделения. Создание маски и присвоение имён изучается на практических занятиях.

Расчёт схемы балансовым методом выполняется в общем виде, то есть выходы продуктов разделения в каждой операции схемы следует записать в виде уравнений технологического баланса.

В пояснительной записке курсовой работы необходимо привести все полученные по операциям уравнения.

Расчёт схемы итерационным методом выполняется по методике, изучаемой на практических занятиях, и приводится в листе документа Excel в виде таблицы. Итерационный расчёт ведётся до значения величины невязки менее 0,0001 %^{2}.

В пояснительной записке курсовой работы приводится результат расчёта выходов продуктов разделения в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта схемы итерационным методом

Продукт	**Расчётное уравнение**	**Номер итерации**					
		0	**1**	**2**	**…**	***N*-1**	***N***
Исходный	$\gamma_и$=100	100	100	100	…	100	100
1 Конц.	$\gamma_1= \gamma_и \cdot(\ldots)/(\ldots)$		…	…	…	…	…
2 Хв.	$\gamma_2= \gamma_и - \gamma_1$						
….	…		…	…	…	…	…
Невязка Δ	$\Delta=\gamma_и \cdot \alpha - (\ldots)$	Δ_0	Δ_1	Δ_2	…	0,0002	0,00007

Также в таблице 3 необходимо привести уравнения в общем виде для расчёта выходов продуктов разделения для каждой операции схемы.

Расчёт схемы матричным методом выполняется по методике, изучаемой на практических занятиях. В листе документа Excel составляются матрица продуктов разделения, матрица исходного продукта и рассчитывается матрица выходов.

В пояснительной записке курсовой работы приводятся матрицы продуктов разделения (*A*) и исходного продукта (*B*) в общем виде, например:

	A				***B***
	номер продукта				
Операция	***1***	***2***	***3***	***4***	***исх.***
Основная	-1	-1	0	0	-1
	$-\beta_1$	$-\beta_2$	0	0	$-\alpha$
Перечистная	+1	0	-1	-1	0
	$+\beta_1$	0	$-\beta_3$	$-\beta_4$	0

После выполнения расчётов итерационным и матричным методами в листе документа Excel составляют и рассчитывают таблицу результатов качественно-количественного расчёта (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты расчёта качественно-количественной схемы

ПОСТУПАЕТ					**ВЫХОДИТ**				
Продукт	Выход		Массовая доля, %	Извлечение, %	Продукт	Выход		Массовая доля, %	Извлечение, %
	%	т/ч				%	т/ч		
Основная операция									
Исходный	100	*Q*	α	100	1. Конц-т	γ_1	Q_1	β_1	ε_1
					2. Хвосты	γ_2	Q_2	β_2	ε_2
Итого:									
Перечистная операция									
……									
Контрольная операция									
……									

В таблицу ссылками вносятся значения массовых долей в исходном продукте и в продуктах разделения, выходы продуктов разделения из матрицы выходов и производительность по исходному.

Количественный выход продуктов разделения и извлечение компонента в них рассчитываются по известным формулам

непосредственно в таблице. Полностью рассчитанная таблица приводится в пояснительной записке курсовой работы.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.4 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте следует привести:

- рисунок технологической схемы;
- общий алгоритм расчёта качественно-количественной схемы;
- технологический баланс продуктов обогащения в виде таблицы;
- уравнения теологического баланса для всех операций схемы в общем виде;
- результаты расчёта схемы итерационным методом в виде таблицы 3;
- матрицы продуктов разделения и исходного в общем виде;
- результаты расчёта качественно-количественной схемы в виде таблицы 4.

В выводе к задаче необходимо указать выявленные преимущества и недостатки каждого из методов расчёта.

Задача 7. Расчёт и выбор оборудования

Задание: составить алгоритм расчёта и выбора оборудования, рассчитать и выбрать оборудование.

Пояснения к заданию

Расчёт и выбор оборудования является важной составляющей технологических расчётов в обогащении полезных ископаемых.

Расчёт следует начинать с определения часовой производительности обогатительного предприятия. При заданной годовой производительности $Q_г$, млн т/год, часовую

производительность $Q_ч$, т/ч определяют с учётом фонда рабочего времени (Ф) по формуле:

$$Q_ч = Q_г \cdot k_{н.пит.}/Ф = Q_г \cdot k_{н.пит.}/(n_{сут} \cdot n_{см} \cdot t_{см}),$$

где $k_{н.пит.}$ – коэффициент неравномерности питания, принимаемый равным 1,15; $n_{сут}$ – количество дней в году работы оборудования под полной нагрузкой; $n_{см}$ – количество смен в сутки; $t_{см}$ – продолжительность смены для работы оборудования, ч.

Расчёт необходимого числа единиц технологического оборудования осуществляется в два этапа.

На первом этапе необходимо рассчитать потребную производительность аппаратов нескольких типоразмеров с учётом условий эксплуатации, задаваемых различными коэффициентами по формуле вида

$$Q_А = Q_j \cdot f(k_1 \cdot k_2 \cdot \ldots \cdot k_n),$$

где Q_j – производительность аппарата по каталогу производителя оборудования, т/ч; $k_1 \cdot k_2 \cdot \ldots \cdot k_n$ – поправочные коэффициенты, связанные между собой функционально.

На втором этапе рассчитывают количество аппаратов нескольких типоразмеров с точностью до второго знака после запятой по формуле:

$$n_{расч} = Q_ч \cdot \gamma_{оп}/(Q_А \cdot k_{н.пит.}),$$

где $\gamma_{оп}$ – выход продукта в операции, доли ед., в данной курсовой работе полагаем, что $\gamma_{оп}=1$.

Полученное расчётное значение округляют по целого – $n_{принятое}$ и рассчитывают коэффициент загрузки оборудования по формуле:

$$k_{загр} = n_{расч}/n_{принятое}.$$

Так как аппараты разных типоразмеров имеют разную производительность, принятие решения о выборе того или иного типоразмера оборудования должно выполняться с учётом величины коэффициента загрузки, приемлемым считается коэффициент загрузки в пределах 0,80-0,90.

Исходные данные

Режим работы оборудования				Формула для расчёта потребной производительности аппарата, т/ч
вариант	$n_{сут}$	$n_{см}$	$t_{см}$	
I	247	2	7	$Q_A = Q_j \cdot \frac{\ln k_1 \cdot \sqrt{k_2 \cdot k_3^3 / \lvert k_4 - k_5 \rvert}}{\lg k_6}$
II	340	3	7	$Q_A = Q_j \cdot \frac{\cos k_1 \cdot \log_2 k_2 \cdot k_3^4 \sqrt[3]{\lvert k_5 - k_6 \rvert}}{k_4^{-3/4}}$
III	259	2	7	$Q_A = Q_j \cdot \exp k_1 \cdot k_2^{-2} \cdot \sqrt{\frac{k_3 + \sqrt{k_4}}{2\sqrt{\lvert k_5 - \lg k_6 \rvert}}}$
IV	255	3	7	$Q_A = Q_j \cdot \frac{\operatorname{tg} k_1}{\sin k_2} \cdot \frac{\lvert \ln k_3 - k_6^{-3} \rvert}{\log_3 k_5 \cdot \sqrt{k_6^4}} \cdot 10^{-3}$

	Коэффициенты						$Q_г$,
вариант	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	**млн т/год**
1	0,61	1,80	1,20	0,80	3,00	0,095	2,34
2	0,55	1,12	1,04	1,10	2,85	0,090	1,51
3	0,53	1,15	1,19	0,91	3,75	0,085	1,11
4	0,81	1,33	1,19	1,16	3,22	0,125	2,85
5	0,78	1,81	1,20	1,60	1,89	0,132	3,21
6	0,84	1,45	1,53	0,69	2,89	0,150	1,79
7	0,50	1,58	1,22	1,19	2,44	0,078	2,86
8	0,72	1,16	1,60	0,73	5,24	0,075	3,20
9	0,73	1,17	1,25	0,91	4,48	0,085	2,93
10	0,51	1,59	1,21	1,52	1,11	0,235	1,52

	Производительность аппарата по каталогу производителя оборудования, т/ч				
	типоразмер аппарата				
вариант	**К-СЦА1**	**К-СЦА2**	**К-СЦА3**	**К-СЦА4**	**К-СЦА5**
A	40	80	160	320	650
B	3000	2000	1000	500	250
C	350	700	1400	2800	3200

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту предлагается самостоятельно составить алгоритм расчёта оборудования для нескольких типоразмеров аппаратов с последующим выбором оптимального типоразмера. Все промежуточные расчёты следует выполнять в соответствующем листе Excel, в пояснительную записку курсовой работы необходимо

привести сравнительную таблицу типоразмеров аппретов по форме таблицы 5.

Таблица 5 – Сравнение вариантов типоразмеров оборудования

Типоразмер аппарата	**Количество аппаратов**	$n_{\text{расч}}$	$n_{\text{принятое}}$	$k_{\text{загр}}$	**Производительность, т/ч**	
					одного	**всех**
К-СЦА1						
…	…	…	…	…	…	…
К-СЦА5						

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по практическим занятиям подробно рассмотрены все элементы решения данной задачи.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.5 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте следует привести формулы и примеры численного расчёта часовой производительности и потребной производительности аппарата и таблицу сравнения вариантов типоразмеров оборудования (таблица 5). В выводе к задаче необходимо обосновать выбор типоразмера оборудования.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информатика. Часть 1: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Информатика» для студентов технологических специальностей / под ред. В. В. Тимухиной. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010 – 116 с.

2. Левин А. Ш. Word и Excel. Самоучитель Левина в цвете. 2-е изд. СПб: Питер, 2012. – 224 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.01.01 КОМПЬЮТЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ В ОБОГАЩЕНИИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Обогащения полезных ископаемых	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Козин В. З.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 04.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.01.02 ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ И СХЕМ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет

А. Е. Пелевин

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Практикум
по дисциплине «Теория инженерного эксперимента»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург
2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
« 12 » февраля 2018 г.
Председатель комиссии



_____ проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Практикум
по дисциплине «Теория инженерного эксперимента»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

П 23

Р е ц е н з е н т : *Ю. П. Морозов*, профессор кафедры ОПИ УГГУ

Практикум рассмотрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 05 февраля 2018 г. (протокол № 4) и рекомендован для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Теория инженерного эксперимента: практикум / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 45 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой дисциплины «Теория инженерного эксперимента» для проведения практических занятий по освоению теоретических расчетов, связанных с математической обработкой экспериментальных данных с получением моделей процесса и практических выводов при проверке гипотез.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Пелевин А. Е., 2018
© Уральский государственный горный университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е 4
1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ 5
1.1. Статистическая обработка экспериментальных результатов 5
1.2. Погрешность воспроизводимости сводного показателя 7
1.3. Сравнение средних, полученных по результатам двух параллельных опытов, с помощью критерия Стьюдента 8
1.4. Сравнение средних с помощью критерия Стьюдента и дисперсий с помощью критерия Фишера 9
2. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ПФЭ) 11
3. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ДРОБНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ДФЭ) 15
4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ 17
5. ПАРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ 22
6. МНОЖЕСТВЕННАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ 25
7. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ 27
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 31
ПРИЛОЖЕНИЕ А 32
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 33

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью практических работ является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Теория инженерного эксперимента», и освоение расчётов, выполняемых при математической обработке экспериментальных данных.

В практикуме рассмотрены следующие теоретические задачи:

- статистическая обработка массива экспериментальных данных;
- проверка статистических гипотез с помощью критериев Стьюдента и Фишера;
- обработка экспериментальных результатов полного и дробного факторного экспериментов с получением моделей процесса;
- оптимизация процесса с помощью линейных моделей;
- получение регрессионных моделей по результатам экспериментальных данных.
- обработка экспериментальных результатов дисперсионного анализа.

Практические занятия направлены на подготовку студента к решению прикладных производственных задач.

Практические работы выполняются путём решения задач, соответствующим разделам дисциплины. Каждый студент выполняет индивидуальный расчёт при заданных значениях экспериментальных результатов функции и факторов. По результатам расчёта студент делает практические выводы о величинах погрешностей результатов, об отличиях между сравниваемыми величинами, о влиянии факторов на изучаемую функцию, об оптимальных значениях факторов, о пригодности теоретических моделей для предсказания экспериментальных результатов.

Часть практических занятий проводится в виде контрольных работ. Контрольная работа оформляется студентом в виде решения отдельной задачи, и сдаётся на проверку. Решение задачи включает расчётные формулы с подставленными значениями их составляющих; результаты расчёта, таблицы и графические зависимости, выводы. Расчеты выполняются с точностью до второго знака после запятой.

1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ

1.1. Статистическая обработка экспериментальных результатов

Основными показателями массива экспериментальных данных, изменяющихся случайно, являются среднее значение, дисперсия и среднее квадратическое отклонение, ошибки определения отдельного и среднего результата. Перед статистической обработкой массив экспериментальных данных проверяется на наличие «промахов».

Среднее арифметическое или среднее, обозначаемое чертой над буквой,

$$\overline{Y} = \sum_{i=1}^{N} Y_i / N, \qquad (1.1)$$

где Y_i – результат, полученный в i-ом опыте; N – число опытов; $\overline{Y}$ – среднее арифметическое результатов N опытов.

Среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение, стандарт)

$$S_Y = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^{N} (Y_i - \overline{Y})^2\right] / (N-1)}. \qquad (1.2)$$

Дисперсия – квадрат среднего квадратического отклонения

$$S_Y^2 = \left[\sum_{i=1}^{N} (Y_i - \overline{Y})^2\right] / (N-1). \qquad (1.3)$$

Максимальные случайные ошибки определения отдельного и среднего результата

$$\pm \Delta Y_i = \pm t\, S_Y; \quad \pm \Delta \overline{Y} = \pm t\, S_Y / \sqrt{N}, \qquad (1.4)$$

где t – критерий Стьюдента, определяемый исходя из числа степеней свободы (f) и заданной доверительной вероятности (P).

Число степеней свободы, как правило, равно знаменателю формулы дисперсии (в основном $f = N–1$). В технических науках доверительная вероятность, как правило, задаётся 95 %. Любой вывод, полученный с помощью математической обработки экспериментальных данных, должен сопровождается вероятностью наступления этого

вывода. При P=95 % вероятность достоверности вывода равна 95 %, а вероятность «неправильности» вывода равна 5 %.

Граничные значения ошибок (максимальные положительные и отрицательные) определяют доверительный интервал, в который должны попадать экспериментальные результаты при заданной вероятности.

Промахи. Среди экспериментальных результатов особо выделяют результаты, большие и меньшие среднего значения более чем на величину абсолютного значения максимальной случайной ошибки для отдельного результата (см. формулу (1.4)). Такие результаты называют промахами, связанные с ошибками, вызванными грубым нарушением условий опыта либо с неблагоприятным стечением обстоятельств. Промахи отбрасывают, а опыт, если можно, повторяют.

Задача № 1.1

Известны результаты десяти опробований продукта обогащения: 23,01; 25,60; 24,87; 31,24; 25,89; 25,61; 21,16; 28,01; 23,51; 23,48 %.

Выявить и отбросить промах (по заданию в исходных данных присутствует один промах).

Рассчитать среднее значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, максимальные случайные ошибки определения отдельного и среднего результата.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.1.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.1).

Выявляем промах. Так как по заданию в исходных данных присутствует один промах, то это либо максимальное, либо минимальное значение.

Находим максимальное и «второе максимальное» число и разницу между ними: 31,24; 28,01; 31,24–28,01=3,23. Находим минимальное и «второе минимальное» число и разницу между ними: 21,16; 23,01; 21,16–23,01=–1,85.

Выполняем сравнение абсолютных значений обеих разниц: $|3{,}23| > |-1{,}85|$. Так как абсолютная разница максимального и «второго максимального» числа больше абсолютной разницы минимального и «второго минимального» числа, то максимальное число (31,24) считаем промахом. Если было бы наоборот, то минимальное число считалось бы промахом. Промах (31,24) отбрасываем. В дальнейшем промах не используем при расчётах. У нас остаётся девять исходных экспериментальных данных (N=9).

По формуле (1.1) рассчитываем среднее значение: 24,57 %. По формулам (1.2) и (1.3) рассчитываем среднее квадратическое отклонение и дисперсию: 2,01 % и 4,02 %^{2}.

Для расчёта максимальной случайной ошибки определения частного и среднего результата необходимо знать теоретический критерий Стьюдента (t). Рассчитываем число степеней свободы: $f=N-1=9-1=8$. Критерий Стьюдента при $f=8$ и $P=95$ % находим по табл. А.1 (см. приложение А), $t=2,31$.

По формуле (1.4) рассчитываем максимальные случайные ошибки определения частного и среднего результата, $\pm \Delta Y_i = \pm 4,63$ %; $\pm \Delta \overline{Y} = \pm 1,54$ %.

1.2. Погрешность воспроизводимости сводного показателя

При необходимости определения погрешности воспроизводимости какого-либо вычисляемого (сводного) показателя вида $Y = f(X_1; X_2)$ используют формулу

$$S^2_{BY} = (\partial Y/\partial X_1)^2 \cdot S^2_{BX1} + (\partial Y/\partial X_2)^2 \cdot S^2_{BX2}, \qquad (1.5)$$

где S^2_{BY}, S^2_{BX1} и S^2_{BX2} – дисперсии сводного показателя и факторов X_1 и X_2.

Задача № 1.2

Известны выход концентрата, массовые доли металла в концентрате и исходной руде ($\gamma=48,94$ %; $\beta=43,2$ %; $\alpha=21,8$ %). Известны погрешности воспроизводимости: $S_{B\gamma}=0,5$ %; $S_{B\beta}=0,27$ %; $S_{B\alpha}=0,39$ %.

Определить погрешность воспроизводимости для извлечения (сводного показателя). Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.2.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.2).

1. Извлечение

$\varepsilon = \gamma \cdot \beta/\alpha = 96,98$ %.

2. Дисперсия воспроизводимости рассчитывается по формуле $S^2_{B\varepsilon}=(\partial\varepsilon/\partial\gamma)^2 \cdot S^2_{B\gamma}+(\partial\varepsilon/\partial\beta)^2 \cdot S^2_{B\beta}+(\partial\varepsilon/\partial\alpha)^2 \cdot S^2_{B\alpha}=(\beta/\alpha)^2 \cdot S^2_{B\gamma}+(\gamma/\alpha)^2 \cdot S^2_{B\beta} + +(\gamma \cdot \beta/\alpha^2)^2 \cdot S^2_{B\alpha} = 2,03$ %^{2}.

Погрешность воспроизводимости $S_{B\varepsilon}=\sqrt{2,03}=1,42$ %.

1.3. Сравнение средних, полученных по результатам двух параллельных опытов, с помощью критерия Стьюдента

В условиях сильного влияния помех часто удобно получать подряд два сравниваемых результата примерно в одинаковых условиях и в одно время, потом снова два и так далее, получая так называемые сопряженные пары: Y_{11} и Y_{21}; Y_{12} и Y_{22}; Y_{13} и Y_{23}, ... Y_{1N} и Y_{2N}.

Разность значений в этих парах $\Delta_i = Y_{1i} - Y_{2i}$ можно рассматривать как самостоятельную величину и проверять значимость отличия её от нуля. Для этого находят среднее значение $\overline{\Delta}$

$$\overline{\Delta} = (\sum_{i=1}^{N} \Delta_i) / N. \qquad (1.6)$$

Если $\overline{\Delta} > 0$, то предполагается, что $\overline{Y_1} > \overline{Y_2}$, если $\overline{\Delta} < 0$, то предполагается, что $\overline{Y_1} < \overline{Y_2}$.

Среднее квадратическое отклонение S_Δ

$$S_\Delta = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^{N} (\Delta_i - \overline{\Delta})^2\right] / (N-1)}. \qquad (1.7)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего $\overline{\Delta}$

$$S_{\overline{\Delta}} = S_\Delta / \sqrt{N}. \qquad (1.8)$$

Расчетное значение критерия Стьюдента

$$t_р = \frac{|\overline{\Delta}|}{S_{\overline{\Delta}}}. \qquad (1.9)$$

Число степеней свободы $f = N$-1.

После сравнения $t_р$ с $t_т$ делают вывод о значимости $\overline{\Delta}$ (о значимости различий между $\overline{Y_1}$ и $\overline{Y_2}$). Если величина $\overline{\Delta}$ значима (при $t_р > t_т$), то по её знаку делают вывод, что больше $\overline{Y_1}$ или $\overline{Y_2}$. Если величина $\overline{\Delta}$ не значима (при $t_р < t_т$), то величины $\overline{Y_1}$ и $\overline{Y_2}$ равнозначны с вероятностью 95 %.

Задача № 1.3

По данным 10 опытов получены результаты ($\varepsilon_К$) испытания нового реагента (нр) в сравнении с применяемым (пр). Определить, значимо ли в среднем различие результатов при использовании разных

реагентов. Опыты выполнены на параллельно работающих флотационных машинах.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.3.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.3).

Находим десять значений $\Delta_i = Y_{НРi} - Y_{СРi}$: 1,37 ; 1,16; 3,27; 7,79; 4,66; -0,69; 1,29; 3,44; 2,14; 1,04 %.

По формуле (1.6) рассчитываем среднее значение $\overline{\Delta}$ =2,55 %. Так как $\overline{\Delta}$ >0 предполагаем, что извлечение при использовании нового реагента выше, чем при использовании применяемого реагента. Проверяем эту гипотезу с помощью критерия Стьюдента.

По формулам (1.7) и (1.8) рассчитываем среднее квадратическое отклонение и среднее квадратическое отклонение среднего: 2,38 % и 1,54 %.

По формуле (1.9) определяем расчётный критерий Стьюдента: $t_р$=1,65.

По таблице табл. А.1 (см. приложение А) при числе степеней свободы: f=N–1=10–1=9 и вероятности принятия гипотезы P=95 % находим теоретический критерий Стьюдента: $t_т$ =2,26.

Так как $t_р < t_т$ величина $\overline{\Delta}$ не значима. Делаем практический вывод: с вероятностью 95 % нет отличий при использовании сравниваемых реагентов.

1.4. Сравнение средних с помощью критерия Стьюдента и дисперсий с помощью критерия Фишера

На практике при сравнении двух средних результатов для нахождения расчётного критерия Стьюдента в основном используется формула:

$$t_Р = \frac{\left|\overline{Y}_1 - \overline{Y}_2\right|}{\sqrt{S^2_{\overline{Y}1} + S^2_{\overline{Y}2}}}, \qquad (1.10)$$

где $S_{\overline{Y}1}$ и $S_{\overline{Y}2}$ – средние квадратические отклонения двух сравниваемых средних значений $\overline{Y}_1$ и $\overline{Y}_2$.

Число степеней свободы для нахождения теоретического критерия Стьюдента

$$f = N_1 + N_2 - 2, \qquad (1.11)$$

где N_1 и N_2 – количество опытов, выполненных для нахождения двух сравниваемых средних результатов.

Для сравнения двух дисперсий находят расчётный критерий Фишера, равный отношению большей дисперсии к меньшей дисперсии

$$F_{\text{Р}} = S_{\text{Б}}^2 / S_{\text{М}}^2 \qquad (1.12)$$

и сравнивают с теоретическим значением $F_{\text{т}}$. При $F_{\text{Р}} > F_{\text{Т}}$ различие считается значимым.

Величину $F_{\text{т}}$ находят при заданной вероятности P (%) и при известных степенях свободы $f_{\text{Б}}=N_{\text{Б}}-1$ и $f_{\text{м}}=N_{\text{м}}-1$, где $N_{\text{Б}}$ и $N_{\text{м}}$ – количество опытов, выполненных для нахождения большей и меньшей дисперсии.

Задача № 1.4

По данным N_1 и N_2 опытов получены средние значения двух сравниваемых функций и средние квадратические отклонения средних значений этих функций. Определить, значимо ли различаются функции $\bar{Y}_1$ и $\bar{Y}_2$ и дисперсии средних значений этих функций.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.4.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.4).

По формуле (1.10) определяем расчётный критерий Стьюдента: $t_{\text{р}}$=14,52. По таблице табл. А.1 (см. приложение А) при числе степеней свободы: f=6+6–2=10 и вероятности принятия гипотезы P=95 % находим теоретический критерий Стьюдента: $t_{\text{т}}$ =2,23. Так как $t_{\text{р}} > t_{\text{т}}$ с вероятностью 95 % величина $\bar{Y}_1 > \bar{Y}_2$.

По формуле (1.12) определяем расчётный критерий Фишера: $F_{\text{р}}$=1,65. По таблице табл. А.2 (см. приложение А) при числе степеней свободы: $f_{\text{Б}}$=5 и $f_{\text{м}}$=5 и вероятности принятия гипотезы P=95 % находим теоретический критерий Фишера: $F_{\text{т}}$ =5,1. Так как $F_{\text{р}} < F_{\text{т}}$ с вероятностью 95 % различий между величинами $S_{\bar{Y}1}^2$ и $S_{\bar{Y}2}^2$ нет.

2. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ПФЭ)

При математической обработке результатов ПФЭ рассчитывают коэффициенты модели и дисперсию воспроизводимости, проверяют коэффициенты на значимость, рассчитывают дисперсию адекватности и проверяют модель на адекватность.

При полном факторном эксперименте получают множественную линейную модель вида

$$Y=A_0+A_1X_1+A_2X_2+\ldots+A_jX_j+\ldots+A_{12}X_1X_2+\ldots A_{jk}X_jX_k,$$

где A_0 – нулевой коэффициент; A_1, A_2, A_j – коэффициенты при факторах X_1, X_2, X_j; j – номер фактора; A_{12}, A_{jk} – коэффициенты при взаимодействиях факторов X_1X_2, X_jX_k; k – номер фактора, отличный от j.

Коэффициенты линейной множественной математической модели рассчитываются следующим образом.

$$A_0 = (\sum_{i=1}^{N} Y_{Эi}) / N; \quad (2.1)$$

$$A_j = (\sum_{i=1}^{N} Y_{Эi} X_{ji}) / N; \quad (2.2)$$

$$A_{jk} = (\sum_{i=1}^{N} Y_{Эi} X_{ji} X_{ki}) / N, \quad (2.3)$$

где i – номер основного опыта по плану ПФЭ; $Y_{Эi}$ – экспериментальное значение функции в i-том основном опыте; N – количество основных опытов в плане ПФЭ.

Дисперсия воспроизводимости может рассчитываться по результатам специальных нулевых опытов (формула (2.4)) или по результатам дублирования основных опытов плана (формула (2.5)):

$$S^2_{BY} = \sum_{i=1}^{n_0} \left(Y_{0i} - \overline{Y}_0\right)^2 / \left(n_0 - 1\right); \quad (2.4)$$

$$S^2_{BY} = \sum_{i=1}^{.N} \left(Y_{1i} - Y_{2i}\right)^2 / \left(4N\right); \quad (2.5)$$

где Y_{0i} – значение функции при i-том нулевом опыте; $\overline{Y}_0$ – среднее значение функции в нулевых опытах; n_0 – количество нулевых опытов; Y_{1i} и Y_{2i} – значения функции при i-том дублированном опыте; N –

количество основных опытов в плане ПФЭ (без учёта их дублирования).

Число степеней свободы дисперсии воспроизводимости соответственно при нулевых и дублированных опытах равно:

$$f_в=n_0-1 \quad \text{и} \quad f_в=N. \tag{2.6}$$

Для проверки коэффициентов на значимость рассчитывают предельное значение коэффициента

$$\left|A_j\right|_{\text{пред}} = t_т \cdot S_{BY} / \sqrt{N}, \tag{2.7}$$

где $t_т$ – теоретический критерий Стьюдента при числе степеней свободы дисперсии воспроизводимости $f_в$ и доверительной вероятности P, %.

В формуле (2.7) используется погрешность воспроизводимости, равная корню квадратному из дисперсии воспроизводимости.

Предельное значение коэффициента последовательно сравнивается с абсолютными значениями коэффициентов модели.

Если абсолютное значение коэффициента больше предельного значения коэффициента, то коэффициент значим, если наоборот, то коэффициент не значим. В последнем случае значение коэффициента принимается равным нулю.

Дисперсия адекватности рассчитывается по формуле:

$$S^2_{ад} = \sum_{i=1}^{N}\left(Y_{Эi} - Y_{Ti}\right)^2 /(N-k-1), \tag{2.8}$$

где $Y_{Эi}$ и Y_{Ti} – экспериментальное и теоретическое (рассчитанное по модели) значение функции в основных опытах плана; k – число значимых коэффициентов уравнения, не считая A_0.

Величины Y_{Ti} рассчитываются по модели со значимыми коэффициентами путём подстановки в модель значений факторов и их взаимодействий (+1 или -1) из плана ПФЭ для i-того опыта.

Число степеней свободы дисперсии адекватности

$$f_{ад} = N - k - 1 \tag{2.9}$$

При *проверке модели на адекватность* сравнивают дисперсии адекватности и воспроизводимости.

Если $S^2_{ад} \le S^2_В$, то модель адекватна.

Если $S^2_{ад} > S^2_В$, то выполняют проверку по критерию Фишера

$$F_{\text{Р}} = S^2_{\text{ад}} / S^2_{\text{В}}. \qquad (2.10)$$

При степенях свободы $f_{\text{Б}}=f_{\text{ад}}$ и $f_{\text{М}}=f_{\text{в}}$ и принятой доверительной вероятности P, % по таблице А.2 находят теоретическое значение критерия Фишера $F_{\text{Т}}$. Если $F_{\text{Р}} < F_{\text{Т}}$, модель считают адекватной. Если $F_{\text{Р}} > F_{\text{Т}}$, модель неадекватна.

Задача № 2

Выполнен полный факторный эксперимент ПФЭ 2^3. Для оценки коэффициентов на значимость и для проверки модели на адекватность дополнительно выполнены четыре нулевых опыта. Варианты с экспериментальными данными ($Y_{\text{Э}i}$ и Y_{0i}) приведены в табл. Б.5.

Получить модель процесса обогащения и проверить модель на адекватность. В модель процесса включить все двойные взаимодействия факторов.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 30 (см. табл. Б.5).

План ПФЭ 2^3 приведён в табл. 2.1.

Таблица 2.1

План ПФЭ 2^3 с нулевыми опытами

Номер опыта	Факторы			Взаимодействия			Функция	
	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	Yэ	Yт
1	+	+	+	+			30,04	31,78
2	–	+	+	–			65,04	64,29
3	+	–	+	–			33,02	31,28
4	–	–	+	+			72,01	72,77
5	+	+	–	+			28,06	27,31
6	–	+	–	–			50,08	51,82
7	+	–	–	–			18,07	18,83
8	–	–	–	+			54,06	52,81
01	0	0	0				32,11	
02	0	0	0				33,01	
03	0	0	0				33,09	
04	0	0	0				31,24	

Заполняем столбцы взаимодействий. Столбец X_1X_2 заполнен путём умножения X_1 на X_2. Столбцы X_1X_3 и X_2X_3 заполняются аналогично.

По формулам (2.1)-(2.3) рассчитываем коэффициенты (семь штук) модели. Например:

A_0=(30,04+65,04+33,02+72,01+28,06+50,08+18,07+54,06)/8=43,80;

A_1=(30,04–65,04+33,02–72,01+28,06–50,08+18,07–54,06)/8= –16,50;

A_{12}=(30,04–65,04–33,02+72,01+28,06–50,08–18,07+54,06)/8=2,25.
A_2= –0,49; A_3=6,23; A_{13}= –2,00; A_{23}= –2,00.

Рассчитываем среднее значение функции в нулевых опытах: (32,11+33,01+33,09+31,24)/4=32,36.

По формуле (2.4) рассчитываем дисперсию воспроизводимости: $[(32,11–32,36)^2+(33,01–32,36)^2+(33,09–32,36)^2+(31,24–32,36)^2]/(4–1)=$ =0,76.

Погрешность воспроизводимости будет равна: $\sqrt{0,76}$=0,87.

По формуле (2.7) рассчитываем предельное значение коэффициента: $\pm 3,18 \cdot 0,87/\sqrt{8}$=0,98. Теоретический критерий Стьюдента ($t_т$=3,18) найден по табл. А1 при $f_в$=4–1 =3 (см. формулу (2.6)).

Последовательно сравниваем абсолютные значения коэффициентов модели с предельным значением коэффициента. В нашем примере коэффициент $|A_2| < 0,98$, поэтому этот коэффициент не значим и равен нулю. Абсолютные значения других коэффициентов больше 0,98. Следовательно, эти коэффициенты значимы.

Записываем модель со значимыми коэффициентами:

$$Y=43,8–16,5\cdot X_1+6,23\cdot X_3+2,25\cdot X_1X_2–2,00\cdot X_1X_3–2,00\cdot X_2X_3. \qquad (2.11)$$

По модели со значимыми коэффициентами рассчитываем восемь значений Y_{Ti} и заносим их в табл. 2.1. Расчёты выполняем путём подстановки в модель значений факторов и их взаимодействий (+1 или –1) из плана ПФЭ для *i*-того опыта. Например:
Y_{T2}=43,8–16,5·(–1)+6,23·(+1)+2,25·(–1)–2,00·(–1)–2,00·(+1)=64,29.

По формуле (2.8) рассчитываем дисперсию адекватности: $[(30,04–31,78)^2+(65,04–64,29)^2+(33,02–31,28)^2+ \ \ldots \ +(54,06–52,81)^2]/$ $/(8–5–1) = 6,46$.

Число степеней свободы дисперсии адекватности рассчитываем по формуле (2.9): $f_{ад}$=8–5–1=2.

Сравниваем дисперсию адекватности с дисперсией воспроизводимости. Так как 6,46>0,76 выполняем проверку этой гипотезы по критерию Фишера.

Расчётное значение критерия Фишера определяем по формуле (2.10): $F_Р$=6,46/0,76=8,53. По таблице А.2 при P=95 % и степенях свободы $f_Б$=$f_{ад}$=2 и $f_м$=$f_в$=3 определяем теоретическое значение критерия Фишера: $F_Т$=9,6.

Так как $F_Р < F_Т$, то с вероятностью 95 % полученная математическая модель (2.11) адекватна и её можно использовать для предсказания функции и оптимизации процесса.

3. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ДРОБНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ДФЭ)

Дробный факторный эксперимент отличается от полного факторного эксперимента меньшим количеством опытов для получения модели процесса при одинаковом количестве факторов. Это достигается тем, что в качестве изменения одного или нескольких факторов применяют изменения взаимодействий других факторов.

В основе любого плана ДФЭ лежит план ПФЭ. Так, в основе плана ДФЭ 2^{4-1} лежит план ПФЭ 2^3, так как показатель степени плана ДФЭ равен: 4–1=3. Поэтому первые три фактора (X_1, X_2 и X_3) изменяются в соответствии с планом ПФЭ 2^3, а четвёртый фактор X_4 изменяется в соответствии с изменениями одного из взаимодействий факторов X_1, X_2 и X_3: $X_4= X_1X_2$ или $X_4=X_1X_3$ или $X_4=X_2X_3$ или $X_4=X_1X_2X_3$.

При ДФЭ не рассчитывают коэффициенты при взаимодействиях факторов. Этот недостаток является платой за сокращение числа опытов.

Математическая обработка результатов ДФЭ выполняется аналогично результатам ПФЭ: рассчитывают коэффициенты модели и дисперсию воспроизводимости, проверяют коэффициенты на значимость, рассчитывают дисперсию адекватности и проверяют модель на адекватность. Используются формулы (2.1), (2.2), (2.4)-(2.10).

Задача № 3

Выполнен дробный факторный эксперимент ДФЭ 2^{4-1}. Для оценки коэффициентов на значимость и для проверки модели на адекватность план выполнен два раза (все опыты дублированы). Варианты с экспериментальными дублированными данными ($Y_{Э1i}$ и $Y_{Э2i}$) приведены в табл. Б.6.

В качестве изменения факторов X_1, X_2 и X_3 принять их изменения в соответствие с планом ПФЭ 2^3. В качестве изменения фактора X_4 принять взаимодействия факторов X_1, X_2 и X_3 в соответствие с планом ПФЭ 2^3: $X_4=X_1X_2X_3$.

Получить модель процесса обогащения и проверить модель на адекватность.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 18 (см. табл. Б.6).

План ДФЭ 2^{4-1} приведён в табл. 3.1.

Таблица 3.1

План ДФЭ 2^{4-1} с дублированными опытами

Номер опыта	Факторы				Функция			
	X_1	X_2	X_3	X_4	$Y_{Э1}$	$Y_{Э2}$	$\overline{Y}_Э$	$Y_Т$
1	+	+	+	+	55,14	58,26	56,70	58,94
2	–	+	+	-	54,65	50,14	52,40	51,04
3	+	–	+	-	50,28	45,36	47,82	44,24
4	–	–	+	+	37,41	29,89	33,65	36,34
6	+	+	–	-	67,62	62,13	64,88	69,76
6	–	+	–	+	70,04	65,21	67,63	61,86
7	+	–	–	+	61,08	56,12	58,60	55,06
8	–	–	–	-	45,41	40,03	42,72	47,15

Математическая обработка планов ПФЭ и ДФЭ с дублированными опытами выполняется с использованием средних значений функции в дублированных опытах $\overline{Y}_{Эi}$. Поэтому сначала рассчитываем восемь значений $\overline{Y}_{Эi}=(Y_{Э1i}+Y_{Э2i})/2$. Например: $\overline{Y}_{Э1}=(Y_{Э11}+Y_{Э21})/2=$ $=(55,14+58,26)/2=56,7$. При расчёте коэффициентов модели и дисперсии адекватности по формулам (2.1), (2.2) и (2.8) вместо $\overline{Y}_{Эi}$ используются $Y_{Эi}$.

По формулам (2.1) и (2.2) рассчитываем коэффициенты (пять штук) модели. Например:

$A_0=(56,70+52,40+47,82+33,65+64,88+67,63+58,60+42,72)/8=53,05$;

$A_1=(56,70–52,40+47,82–33,65+64,88–67,63+58,60–42,72)/8=3,95$;

$A_2= 7,35$; $A_3= –5,41$; $A_4= 1,1$.

По формуле (2.5) рассчитываем дисперсию воспроизводимости:

$[(55,14–58,26)^2+(54,65–50,14)^2+ \ \ldots \ +(61,08–56,12)^2+(45,41–40,03)^2]/$ $/(4\cdot8) =6,81$.

Погрешность воспроизводимости будет равна: $\sqrt{6,81}=2,61$.

По формуле (2.7) рассчитываем предельное значение коэффициента: $\pm2,31\cdot2,61/\sqrt{8}=2,13$. Теоретический критерий Стьюдента ($t_т=2,31$) найден по табл. А1 при $f_в=8$ (см. формулу (2.6)).

Последовательно сравниваем абсолютные значения коэффициентов модели с предельным значением коэффициента. В нашем примере коэффициент $|A_4| < 2,13$, поэтому этот коэффициент не значим и равен нулю. Абсолютные значения других коэффициентов больше 2,13. Следовательно, эти коэффициенты значимы.

Записываем модель со значимыми коэффициентами:

$$Y=53,05+3,95\cdot X_1+7,35\cdot X_2–5,41\cdot X_3. \qquad (3.1)$$

По модели со значимыми коэффициентами рассчитываем восемь значений Y_{Ti} и заносим их в табл. 3.1. Расчёты выполняем путём подстановки в модель значений факторов и их взаимодействий (+1 или –1) из плана ПФЭ для *i*-того опыта. Например:
Y_{T2}=53,05+3,95·(–1)+7,35·(+1)–5,41·(+1)=51,04.

По формуле (2.8) рассчитываем дисперсию адекватности:
$[(56,70–58,94)^2+(52,40–51,04)^2+(47,82–44,24)^2+ \ldots + (42,72–47,15)^2]/$
$/(8–3–1) = 29,06$.

Число степеней свободы дисперсии адекватности рассчитываем по формуле (2.9): $f_{ад}$=8–3–1=4.

Сравниваем дисперсию адекватности с дисперсией воспроизводимости. Так как 29,06>6,81 выполняем проверку этой гипотезы по критерию Фишера.

Расчётное значение критерия Фишера определяем по формуле (2.10): $F_Р$=29,06/6,81=4,27. По таблице А.2 при P=95 % и степенях свободы $f_Б$=$f_{ад}$=4 и $f_м$=$f_в$=8 определяем теоретическое значение критерия Фишера: $F_Т$=3,84.

Так как $F_Р > F_Т$, то с вероятностью 95 % полученная математическая модель (3.1) не адекватна и её нельзя использовать для предсказания функции и оптимизации процесса.

4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Для процессов обогащения требуется оптимизировать две выходные функции – функцию количества концентрата (выход) и функцию качества концентрата (массовая доля в концентрате полезного компонента). Однако в рамках одного объекта (одного набора факторов) нельзя требовать экстремальных значений обоих показателей. Такая задача принципиально разрешима при оптимизации лишь одного показателя с наложением на другой любого типа ограничений.

Задача формулируется так: найти с помощью двух линейных моделей наилучший режим, обеспечивающий максимальное значение выхода концентрата γ при постоянном (требуемом) значении массовой доли полезного компонента в концентрате β, если на X_j наложены ограничения вида $–1 \le X_j \le +1$.

$$\begin{cases} \gamma = A_0+A_1X_1–A_2X_2–A_3X_3+\ldots+A_nX_n \to \max; \\ \beta = B_0–B_1X_1–B_2X_2+B_3X_3+\ldots+B_nX_n = \text{const} = \beta_{\text{требуемое}}; \\ –1 \le X_j \le +1. \end{cases} \qquad (4.1)$$

Такая задача решается на компьютере методом линейного программирования или методом поиска. Можно решить такую задачу графически.

Задача № 4

По результатам дробного факторного эксперимента ДФЭ = 2^{5-2} получены модели процесса:

$\gamma = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_5$;

$\beta = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5$.

Провести оптимизацию графическим методом с определением оптимальных значений факторов (параметров и режимов работы аппаратов) для условия:

$$\begin{cases} \gamma \rightarrow \max; \\ \beta = C. \end{cases}$$

Варианты со значениями коэффициентов A_i и B_i и с требуемой величиной массовой доли полезного компонента в концентрате (C) приведены в табл. Б.7.

Решение

Решение задачи приведено для критерия оптимизации:

$$\begin{cases} \gamma = 18{,}2 - 3{,}1 \cdot X_1 - 2{,}7 \cdot X_3 + 2{,}9 \cdot X_4 + 1{,}5 \cdot X_5 \rightarrow \max; \\ \beta = 54{,}7 + 2{,}4 \cdot X_1 + 1{,}9 \cdot X_2 - 2{,}0 \cdot X_3 - 1{,}9 \cdot X_4 = 62{,}3; \\ -1 \le X_j \le +1. \end{cases} \qquad (4.2)$$

Особенностями моделей является невлияние фактора X_2 на выход концентрата (A_2=0) и невлияние фактора X_5 на массовую долю полезного компонента в концентрате (B_5=0).

Используем метод графической оптимизации. Решение выполняем в координатах β, γ, причем по оси абсцисс откладываем величину, на которую наложено ограничение $\beta_{\text{требуемое}}$=62,3 %, а по оси ординат – величину, стремящуюся к экстремуму γ (рис. 4.1).

Первый этап – движение к максимальному значению выхода концентрата γ.

Проводим вертикальную линию, соответствующую ограничению, равному $\beta_{\text{требуемое}}$ =62,3 % (см. рис. 4.1).

По моделям (4.2) рассчитываем координаты и на график наносим точку 0, соответствующую режиму (0,0,0,0,0), то есть результатам, получаемым в центре плана – т.0 (0,0,0,0,0); γ=18,2; β=54,7. При этом в скобках будем записывать значения факторов, то есть координаты точки 0 рассчитываются при X_1=0, X_2=0, X_3=0, X_4=0 и X_5=0.

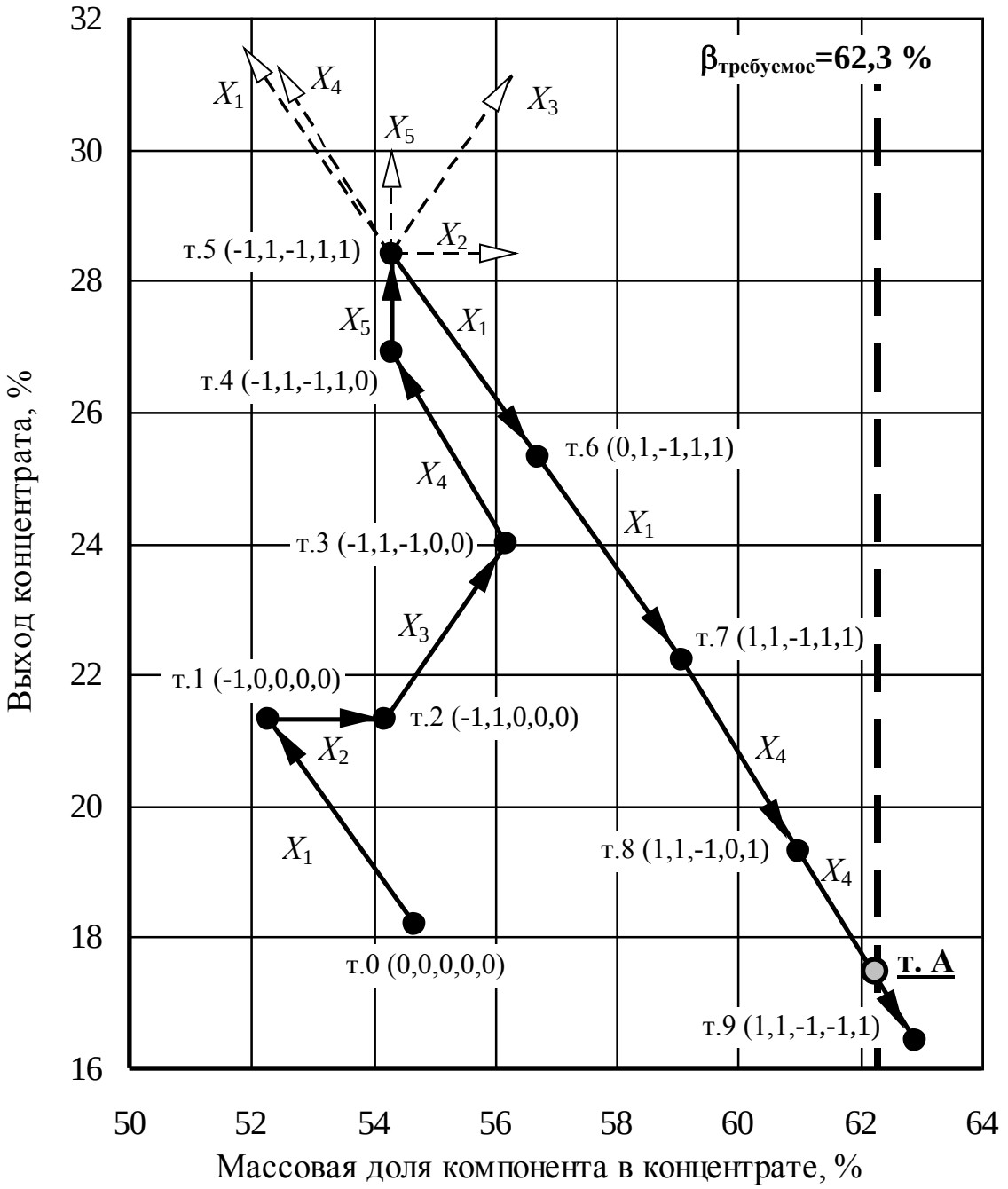


Рис. 4.1. Графическая оптимизация

Увеличиваем величину, стремящуюся к экстремуму (max), последовательно переводя значения факторов на +1 или –1. Знак берём по знаку коэффициента (при минимизации – с противоположным знаком). При графической оптимизации при переходе от точки к точке изменяется значение только одного фактора.

По моделям (4.2) рассчитываем координаты точек.

т.1 (–1,0,0,0,0); γ=21,3; β=52,3. Фактор X_1= –1, так как в модели для γ его коэффициент отрицательный.

т.2 (–1,1,0,0,0); γ=21,3; β=54,2. В модели для γ нет фактора X_2, поэтому его значение можно взять –1 или +1. Мы взяли X_2=+1 по знаку коэффициента модели для β, чтобы увеличить β (приблизиться к $\beta_{требуемое}$)

т.3 (–1,1,–1,0,0); γ=24; β=56,2. Фактор X_3= –1, так как в модели для γ его коэффициент отрицательный.

т.4 (–1, 1,–1,1,0); γ=26,9; β=54,3. Фактор X_4= +1, так как в модели для γ его коэффициент положительный.

т.5 (–1, 1,–1,1,1); γ=28,4; β=54,3. Фактор X_5= +1, так как в модели для γ его коэффициент положительный.

На график наносим точки 1, 2, 3, 4 и 5 и соединяем точки отрезками (см. рис. 4.1). При этом отрезки [0;1], [1;2], [2;3], [3;4] и [4;5] соответствуют факторам X_1, X_2, X_3, X_4 и X_5 и характеризуют влияние этих факторов на функции.

На этом первый этап построения закончен – мы достигли максимального значения выхода концентрата.

Второй этап – выбор факторов, которые следует изменять в дальнейшем и определение последовательности изменения факторов.

Для того чтобы решить задачу и выйти на линию $\beta=\beta_{требуемое}$, нам нужно изменять значения факторов X_j. При этом изменять следует только те факторы, которые на первом этапе построения удалили нас от линии ограничения. Для выбора «удаляющих» факторов следует «мысленно» перенести все отрезки факторов в последнюю точку построений по первому этапу (на рис. 4.1 эти отрезки показаны пунктирной линией). В нашем примере это факторы X_1 и X_4.

Таким образом, на третьем этапе построения мы будем изменять только факторы X_1 и X_4.

При движении к линии $\beta=\beta_{требуемое}$ необходимо снизить как можно меньше выход γ. Для этого следует оценить пологость отрезков выбранных факторов X_1 и X_4, и в дальнейшем начать изменять факторы с меньшим углом наклона отрезков.

Визуальное сравнение пологости отрезков [0;1] и [3;4], соответствующим факторам X_1 и X_4, затруднено. Поэтому оцениваем пологость по углам наклона этих отрезков:

$\mathrm{tg}\alpha_1 = A_1/B_1$=3,1/2,4=1,29; $\mathrm{tg}\alpha_4 = A_4/B_4$=2,9/1,9=1,53.

Меньший tgα соответствует отрезку фактора X_1, поэтому на третьем этапе построения мы будем сначала изменять фактор X_1, а затем фактор X_4.

Третий этап – движение к линии ограничения $\beta=\beta_{заданное}$ *при минимальном уменьшении выхода концентрата* γ.

Из точки 5 начинаем движение к линии ограничения, последовательно изменяя значения выбранных факторов сначала до нуля, а затем до единицы с противоположным знаком. При переходе от точки к точке изменяем значение только одного фактора при абсолютном изменении на единицу. Построения заканчиваем после пересечения текущим отрезком линии ограничения.

Сначала рассчитываем координаты и наносим на график точки 6 (0,1,–1,1,1) и 7 (1,1,–1,1,1), соединяем их отрезками. При этом меняем фактор X_1 от –1 до 0 и потом до +1. Далее рассчитываем координаты и наносим точки 8 (1,1,–1,0,1) и 9 (1,1,–1, –1,1), соединяем их отрезками. При этом меняем фактор X_4 от +1 до 0 и потом до –1.

Последним отрезком [8;9] ломаной 0123456789 мы пересекли линию ограничения в точке А, поэтому построения заканчиваем (см. рис. 4.1).

Оптимальный режим, обеспечивающий максимальное значение выхода концентрата γ при $\beta=\beta_{заданное}=62{,}3$ %, соответствует значениям факторов X_1, X_2, X_3, X_4 и X_5 в точке А.

Точка А находится между точками 8 и 9. Отсюда следует, что оптимальные значения факторов равны: $X_1=1$, $X_2=1$, $X_3=-1$ и $X_5=1$. Оптимальное значение фактора X_4 находится в диапазоне от 0 до –1. Для расчёта X_4 используем второе уравнение системы (4.2), выразив из него X_4 и подставив вместо факторов X_1, X_2, X_3 и X_5 их оптимальные значения

$$X_4=(54{,}7+2{,}4\cdot X_1+1{,}9\cdot X_2-2{,}0\cdot X_3-62{,}3)/1{,}9=$$
$$=(54{,}7+2{,}4\cdot 1+1{,}9\cdot 1-2{,}0\cdot(-1)-62{,}3)/1{,}9=-0{,}68.$$

Подставляем оптимальные значения факторов в первое уравнение системы (4.2) и рассчитываем максимальное значение выхода при $\beta=\beta_{требуемое}=62{,}3$ %: $\gamma_{max}=17{,}32$ %.

Полученные в результате оптимизации лучшие значения факторов ($X_1=1$, $X_2=1$, $X_3=-1$, $X_4=-0{,}68$, $X_5=1$) выражены в условных единицах. Для перехода к натуральным значениям факторов необходимо воспользоваться формулой:

$$X_j = X_{yj}\cdot\Delta X_j + X_{0j}. \qquad (4.3)$$

где X_j и X_{yj} – натуральное и условное значение j-го фактора; ΔX_j – интервал варьирования j-того фактора; X_{0j} – нулевое (среднее) значение j-того фактора.

5. ПАРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ

При парной регрессии для выбора вида функции и предварительной оценки связи следует построить *поле корреляции* – графическую точечную зависимость между функцией и фактором (рис. 5.1).

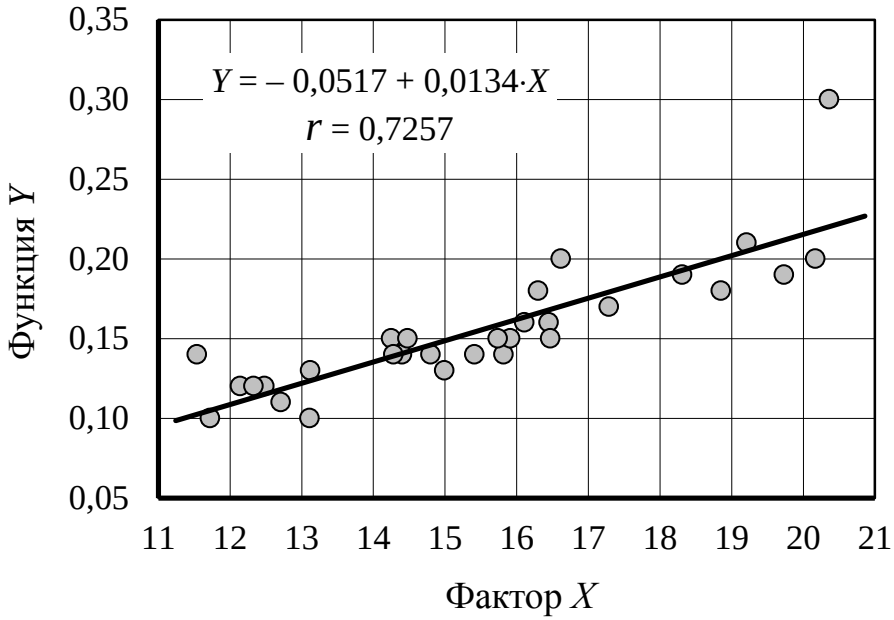


Рис. 5.1. Поле корреляции (точечная экспериментальная зависимость) и теоретическая линия регрессии (прямая линия)

Для нахождения коэффициентов модели, описывающей исследуемый процесс, используется *метод наименьших квадратов*. Метод наименьших квадратов обеспечивает минимизацию суммы квадратов разностей между экспериментальными и теоретическими значениями функции, то есть минимизацию ошибки предсказания функции по регрессионной модели. Условие наименьших квадратов записывается следующим образом:

$$L = \sum_{i=1}^{N} (Y_{Эi} - Y_{Ti})^2 \to \min, \qquad (5.1)$$

где $Y_{Эi}$ и Y_{Ti} – экспериментальное и теоретическое (рассчитанное по модели) значения функции в i-ом опыте.

Выведем формулы для коэффициентов модели вида прямой линии (полинома 1-ой степени) исходя из требования наименьших квадратов. Подставим вместо Y_{Ti} в формулу (5.1) значение теоретической функции $Y=A_0+A_1X$.

$$L = \sum_{i=1}^{N} (Y_{Эi} - A_0 - A_1 X_i)^2 \to \min,$$

где X_i – экспериментальное значение фактора в i-ом опыте.

Для нахождения экстремума функции (min) возьмём две частные производные функции (по количеству искомых коэффициентов) и приравняем их к нулю:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L}{\partial A_0} = 2\sum\limits_{i=1}^{N} (Y_{Эi} - A_0 - A_1 X_i)(-1) = 0; \\ \dfrac{\partial L}{\partial A_1} = 2\sum\limits_{i=1}^{N} (Y_{Эi} - A_0 - A_1 X_i)(-X_i) = 0. \end{cases}$$

После преобразований имеем систему уравнений

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{N} Y_{Эi} = A_0 N + A_1 \sum\limits_{i=1}^{N} X_i; \\ \sum\limits_{i=1}^{N} Y_{Эi} X_i = A_0 \sum\limits_{i=1}^{N} X_i + A_1 \sum\limits_{i=1}^{N} X_i^2, \end{cases}$$

решение которой позволяет найти коэффициенты модели, удовлетворяющие условию (5.1):

$$A_1 = \frac{N\sum\limits_{i=1}^{N}(Y_i X_i) - \sum\limits_{i=1}^{N} Y_i \sum\limits_{i=1}^{N} X_i}{N\sum\limits_{i=1}^{N} X_i^2 - (\sum\limits_{i=1}^{N} X_i)^2}; \qquad A_0 = \frac{\sum\limits_{i=1}^{N} Y_i - A_1 \sum\limits_{i=1}^{N} X_i}{N}. \tag{5.2}$$

Одним из показателей, использующихся для оценки тесноты связи между двумя величинами и для предварительной оценки адекватности парной линейной регрессионной модели, является коэффициент корреляции:

$$r_{Y/X} = \frac{N\sum\limits_{i=1}^{N}(Y_i X_i) - \sum\limits_{i=1}^{N} Y_i \sum\limits_{i=1}^{N} X_i}{\sqrt{N\sum\limits_{i=1}^{N} Y_i^2 - (\sum\limits_{i=1}^{N} Y_i)^2} \cdot \sqrt{N\sum\limits_{i=1}^{N} X_i^2 - (\sum\limits_{i=1}^{N} X_i)^2}} \tag{5.3}$$

Коэффициент корреляции часто называют парным коэффициентом корреляции, так как он рассчитывается между двумя величинами. Подстрочный индекс в обозначении коэффициента корреляции указывает на эти две величины.

Коэффициент корреляции может быть как положительным, так и отрицательным. Коэффициент корреляции изменяется в диапазоне ±1. При этом знаки коэффициента корреляции и углового коэффициента A_1 прямой линии будут совпадать. Следовательно, знак коэффициента корреляции при линейной связи между двумя величинами определяет вид связи: знак «+» – связь положительная; знак «–» – связь отрицательная.

Абсолютная величина коэффициента корреляции характеризует тесноту линейной связи между двумя величинами. Чем ближе абсолютная величина коэффициента корреляции к единице, тем сильнее связь между функцией и фактором (между двумя величинами) и выше вероятность того, что парная линейная регрессионная модель адекватна.

Задача № 5

В результате выполнения тридцати опытов получены тридцать значений функции Y, соответствующей изменению фактора X (N=30).

Построить поле корреляции. Рассчитать коэффициенты парной линейной модели $Y=A_0+A_1X$ и коэффициент корреляции. Построить на поле корреляции теоретическую линию регрессии.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.8.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 20 (см. табл. Б.8).

Наносим тридцать точек с координатами (X; Y) на график. По виду поля корреляции предполагаем наличие прямой связи между X и Y (см. рис. 5.1). Следовательно знак коэффициентов A_1 и r должен быть «+».

Рассчитываем пять сумм: ΣX_i=465,1; ΣY_i=4,66; $\Sigma(Y_iX_i)$=74,78; ΣX_i^2=7400,1; ΣY_i^2=0,77.

По формуле (5.2) рассчитываем коэффициенты парной линейной модели: A_1=+0,0134; A_0= –0,0517. По формуле (5.3) рассчитываем коэффициент корреляции: r =+0,7257. В итоге получили регрессионную модель вида:

$$Y = –0,0517 + 0,0134 \cdot X. \qquad (5.4)$$

Знаки коэффициентов A_1 и r должны совпадать. Знак плюс соответствует положительной связи (при возрастании X увеличивается Y, см. рис. 5.1). Если по полю корреляции прослеживается отрицательная связь (при возрастании X уменьшается Y), то знаки коэффициентов A_1 и r должны быть отрицательными.

Для построения на поле корреляции теоретической линии регрессии задаёмся тремя значениями фактора (приблизительно минимальным, средним и максимальным): X_1=11; X_2=16; X_3=21. По уравнению (5.4) рассчитываем три значения функции: Y_1=0,096; Y_2=0,163; Y_3=0,230. Наносим координаты трёх теоретических точек на график и соединяем их прямой линией (см. рис. 5.1). Если три точки не соединяются прямой линией, то присутствует ошибка в построениях или в расчётах.

Теоретическая линия регрессии должна пройти через предполагаемую «середину» поля корреляции и соответствовать виду связи (положительной или отрицательной), предполагаемой по виду поля корреляции. Если линия регрессии проходит выше или ниже поля корреляции, или не соответствует виду связи, предполагаемому по виду поля корреляции, то расчёты или построения выполнены неправильно.

6. МНОЖЕСТВЕННАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ

Рассмотрим применение метода множественной линейной регрессии на примере расчёта коэффициентов модели вида:

$Y=A_0+A_1X_1+A_2X_2$.

Алгоритм расчёта следующий.

1. Рассчитываем все возможные парные коэффициенты корреляции между функцией и факторами по формуле (5.3) и заполняем таблицу коэффициентов корреляции вида:

Переменные	Y	X_1	X_2
X_1	$r_{Y/X1}$	1	$r_{X1/X2}$
X_2	$r_{Y/X2}$	$r_{X1/X2}$	1

Для заполнения таблицы необходимо рассчитать три коэффициента корреляции: $r_{Y/X1}$; $r_{Y/X2}$; $r_{X1/X2}$.

2. По таблице парных коэффициентов корреляции составляем систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} r_{Y/X1} = l_{Y/X1} + r_{X1/X2} \cdot l_{Y/X2}; \\ r_{Y/X2} = r_{X1/X2} \cdot l_{Y/X1} + l_{Y/X2}. \end{cases} \quad (5.5)$$

Решением системы уравнений (5.5) являются частные стандартизированные коэффициенты регрессионной модели $l_{Y/X1}$, $l_{Y/X2}$, отражающие «чистую» связь функции с фактором.

3. Записываем уравнение множественной линейной регрессии в стандартизированном масштабе

$$Y_{ст}=l_{Y/X1}X_{1(ст)} + l_{Y/X2}X_{2(ст)}, \qquad (5.6)$$

где $Y_{ст}$; $X_{1(ст)}$; $X_{2(ст)}$ – стандартизированные величины функции и факторов равные, соответственно:

$Y_{ст}=(Y-\overline{Y})/S_Y$; $X_{1(ст)}=(X_1-\overline{X}_1)/S_{X1}$; $X_{2(ст)}=(X_2-\overline{X}_2)/S_{X2}$.

4. Подставляем в уравнение (5.6) формулы стандартизированных величин функции и факторов

$(Y-\overline{Y})/S_Y = l_{Y/X1}(X_1-\overline{X}_1)/S_{X1}+l_{Y/X2}(X_2-\overline{X}_2)/S_{X2}$.

После преобразований, направленных на получение модели для натуральных значений Y, X_1, X_2, имеем

$$Y = (\overline{Y}/S_Y - l_{Y/X1}\,\overline{X}_1/S_{X1} - l_{Y/X2}\,\overline{X}_2/S_{X2})S_Y + (l_{Y/X1}S_Y/S_{X1})\,X_1 + (l_{Y/X2}S_Y/S_{X2})\,X_2.$$

Таким образом, формулы для расчёта коэффициентов множественной линейной регрессионной модели:

$$A_0=\overline{Y} - \overline{X}_1\,l_{Y/X1}\,S_Y/S_{X1} - \overline{X}_2\,l_{Y/X2}S_Y/S_{X2};$$
$$A_1= l_{Y/X1}S_Y/S_{X1}; \quad A_2= l_{Y/X2}S_Y/S_{X2}. \qquad (5.7)$$

Тесноту связи между функцией и факторами линейной множественной модели определяют по коэффициенту множественной линейной корреляции, который для рассмотренного примера будет равен

$$R = \sqrt{r_{Y/X1}\,l_{Y/X1} + r_{Y/X2}\,l_{Y/X2}}. \qquad (5.8)$$

Задача № 6

В результате выполнения десяти опытов получены десять значений функции Y, соответствующей изменению факторов X_1 и X_2 (N=10).

Рассчитать коэффициенты множественной линейной модели $Y=A_0+A_1X_1+A_2X_2$ и коэффициент множественной линейной корреляции. Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.9.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 19 (см. табл. Б.9).

По формуле (5.3) рассчитываем три коэффициента корреляции: $r_{Y/X1}$=0,967; $r_{Y/X2}$= –0,942; $r_{X1/X2}$= –0,898.

Составляем систему уравнений (5.5). Решаем систему уравнений и находим частные стандартизированные коэффициенты регрессионной модели: $l_{Y/X1}$=0,624 и $l_{Y/X2}$= –0,383.

По формуле (1.1) рассчитываем средние значения: $\overline{Y}$ =48,26; $\overline{X}_1$=4,09; $\overline{X}_2$=14,29. По формуле (1.2) рассчитываем средние квадратические отклонения: S_Y = 3,007; S_{X1} = 2,062; S_{X2} = 2,212.

По формулам (5.7) рассчитываем коэффициенты модели: A_0=51,974; A_1=0,909; A_2= –0,520. Записываем искомую модель:

$$Y=51,974+0,909\cdot X_1-0,520\cdot X_2.$$

По формуле (5.8) рассчитываем коэффициент множественной линейной корреляции: R =0,982.

7. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Дисперсионные планы относятся к многоуровневым факторным планам. Дисперсионные планы отличаются возможностью исследования влияния на функцию качественных факторов вместе с количественными. Для оценки значимости влияния факторов на функцию используются различия дисперсий. При дисперсионном анализе модель в явной форме не записывается.

При дисперсионном анализе используются однофакторные и многофакторные планы, последние из которых разделяют на блочные, латинские квадраты и греко-латинские квадраты.

Для любого плана дисперсионного анализа обработка экспериментальных данных ведётся по одной и той же схеме.

Рассмотрим схему математической обработки экспериментальных данных, полученных с помощью латинского квадрата, на практическом примере.

Задача № 7

В результате выполнения эксперимента по латинскому квадрату, приведённому в табл. 7.1 получены значения функции *Y*. Опыты дублированы. Факторы имеют уровни: X_1 – I, II, III, IV; X_2 – 1, 2, 3; X_3 – *A, B, C, D*. Оценить влияние групп факторов на функцию. Определить значения факторов, обеспечивающих максимальную величину функции. Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.10.

Решение

Расчёт суммы функций для каждого уровня групп факторов (11 штук) и общей суммы

Y_{I}=80+81+73+74+63+64=435; Y_{II}=73+74+63+64+65+66=405; Y_{III}=63+64+69+66+50+51=363; Y_{IV}=55+56+50+51+58+62=332.

Y_1=80+81+73+74+63+64+55+56=546; Y_2=73+74+63+64+69+66+ +50+51=510; Y_3=63+64+65+66+50+51+58+62=479.

Y_A=80+81+63+64+50+51=389; Y_B=73+74+69+66+58+62=402; Y_C=63+64+50+51+63+64=355; Y_D=73+74+65+66+55+56=389.

$Y_{общ}$=80+81+73+74+63+64+55+56+73+74+63+64+69+66+50+51+ +63+64+65+66+50+51+58+62=1535.

Таблица 7.1

Латинский квадрат (дисперсионный план)

	I		II		III		IV	
1	*A*	80 81	*B*	73 74	*C*	63 64	*D*	55 56
2	*D*	73 74	*A*	63 64	*B*	69 66	*C*	50 51
3	*C*	63 64	*D*	65 66	*A*	50 51	*B*	58 62

Расчёт суммы квадратов

$$\Sigma_{I\text{-}IV}=\sum_{j}^{k}\left(Y_j^2/(p_{I-IV}\cdot t)\right)-Y^2_{общ}/(N\cdot t)=(Y_I{}^2+Y_{II}{}^2+Y_{III}{}^2+Y_{IV}{}^2)/(p_{I\text{-}IV}\cdot t)-$$

$$-Y^2_{общ}/(N\cdot t)=(435^2+405^2+363^2+332^2)/(3\cdot 2)-1535^2/(12\cdot 2)=1031{,}13;$$

$$\Sigma_{1\text{-}3}=\sum_{i}^{n}\left(Y_i^2/(p_{1-3}\cdot t)\right)-Y^2_{общ}/(N\cdot t)=(Y_1{}^2+Y_2{}^2+Y_3{}^2)/(p_{1\text{-}3}\cdot t)-Y^2_{общ}/(N\cdot t)=$$

$$=(546^2+510^2+479^2)/(4\cdot 2)-1535^2/(12\cdot 2)=281{,}08;$$

$$\Sigma_{A\text{-}D}=\sum_{l}^{h}\left(Y_l^2/(p_{A-D}\cdot t)\right)-Y^2_{общ}/(N\cdot t)=(Y_A{}^2+Y_B{}^2+Y_C{}^2+Y_D{}^2)/(p_{A\text{-}D}\cdot t)-$$

$$-Y^2_{общ}/(N\cdot t)=(389^2+402^2+355^2+389^2)/(3\cdot 2)-1535^2/(12\cdot 2)=202{,}46;$$

$$\Sigma_{общ}=\sum_{jli}^{N}\left(Y^2_{jli}\right)-Y^2_{общ}/(N\cdot t)=80^2+81^2+73^2+74^2+63^2+64^2+55^2+56^2+73^2+$$

$$+\ 74^2+63^2+64^2+69^2+66^2+50^2+51^2+63^2+64^2+65^2+66^2+50^2+51^2+58^2+62^2\ -$$

$$-1535^2/(12\cdot 2)=1858{,}96,$$

где j и k – номер и количество уровней фактора X_1; i и n – номер и количество уровней фактора X_2; l и h – номер и количество уровней фактора X_3; $p_{I\text{-}III}$, $p_{1\text{-}3}$, $p_{A\text{-}D}$ – число данных, по которым найдены суммы Y_I, … Y_1, … Y_A, … (без учёта повторения опытов); N –число опытов в плане (без учёта повторения опытов); t – количество повторений опытов (при дублировании t=2).

Расчёт суммы квадрата погрешности воспроизводимости, числа степеней свободы и дисперсии воспроизводимости

$\Sigma_B=\Sigma_{общ}-\Sigma_{I\text{-}IV}-\Sigma_{1\text{-}3}-\Sigma_{A\text{-}D}$=1858,96–1031,13–281,08–202,46=344,29;

$f_{I\text{-}IV}=k-1=4-1=3$; $f_{1\text{-}3}=n-1=3-1=2$; $f_{A\text{-}D}=h-1=4-1=3$;

$f_{общ}=N\cdot t-1=12\cdot 2-1=23$; $f_B=f_{общ}-f_{I\text{-}IV}-f_{1\text{-}3}-f_{A\text{-}D}=23-3-2-3=15$;

$S^2_B=\Sigma_B/f_B=344{,}29/15=22{,}95$.

Расчёт дисперсий влияния групп факторов на функцию

$S^2_{I\text{-}IV}=\Sigma_{I\text{-}IV}/f_{I\text{-}IV}=1031{,}13/3=343{,}71$;

$S^2_{1\text{-}3}=\Sigma_{1\text{-}3}/f_{1\text{-}3}=281{,}08/2=140{,}54$;

$S^2_{A\text{-}D}=\Sigma_{A\text{-}D}/f_{A\text{-}D}=202{,}46/3=67{,}49$.

Сравнение дисперсий влияния групп факторов с дисперсией воспроизводимости

Если $S^2_{I\text{-}IV}<S^2_B$; $S^2_{1\text{-}3}<S^2_B$; $S^2_{A\text{-}D}<S^2_B$, то группы факторов не влияют на функцию, если наоборот, то можно предположить, что группы факторов влияют на функцию.

В рассматриваемом примере $S^2_{I\text{-}IV}>S^2_B$; $S^2_{1\text{-}3}>S^2_B$; $S^2_{A\text{-}D}>S^2_B$. Поэтому мы выдвигаем гипотезу, что все группы факторов влияют на функцию и проверяем эту гипотезу с помощью критерия Фишера.

$F_{P(I\text{-}IV)}=S^2_{I\text{-}IV}/S^2_B=343{,}71/22{,}95=14{,}97$;

$F_{P(1\text{-}3)}=S^2_{1\text{-}3}/S^2_B=140{,}54/22{,}95=6{,}12$;

$F_{P(A\text{-}D)}=S^2_{A\text{-}D}/S^2_B=67{,}47/22{,}95=2{,}94$.

По табл. А2 находим теоретические значения критерия Фишера:

$F_{т(I\text{-}IV)}=3{,}29$ при $f_Б=f_{I\text{-}IV}=3$ и при $f_M=f_B=15$;

$F_{т(1\text{-}3)}=3{,}68$ при $f_Б=f_{1\text{-}3}=2$ и при $f_M=f_B=15$;

$F_{т(A\text{-}D)}=3{,}29$ при $f_Б=f_{A\text{-}D}=3$ и при $f_M=f_B=15$.

Для каждой группы факторов сравниваем F_P и $F_т$. Если $F_P>F_т$, то гипотеза принимается и влияние группы факторов значимо. Если $F_P<F_т$, то гипотеза не принимается и влияние группы факторов не значимо.

В рассматриваемом примере значимо влияют на функцию группы факторов X_1 (уровни: I, II, III, IV) и X_2 (уровни: 1, 2, 3), так как 14,97>3,29 и 6,12>3,68.

Группа факторов X_3 (уровни: *A, B, C, D*) на функцию не влияет, так как 2,94<3,29.

Расчёт коэффициентов модели

Коэффициенты модели рассчитываются только для групп факторов X_1 и X_2, значимо влияющих на функцию. Коэффициенты модели группы фактора X_3, не значимо влияющего на функцию принимаем равными нулю.

$A_0=\overline{Y}=Y_{общ}/(N\cdot t)=1535/(12\cdot 2)=63{,}96$.

Коэффициенты модели группы фактора X_1:

$A_I=Y_I/(p_{I\text{-}IV}\cdot t)-\overline{Y}=435/(3\cdot 2)-63{,}96=8{,}54$;

$A_{II} = Y_{II} / (p_{I\text{-}IV} \cdot t) - \overline{Y} = 405/(3 \cdot 2) - 63{,}96 = 3{,}54;$

$A_{III} = Y_{III} / (p_{I\text{-}IV} \cdot t) - \overline{Y} = 363/(3 \cdot 2) - 63{,}96 = -3{,}46;$

$A_{IV} = Y_{IV} / (p_{I\text{-}IV} \cdot t) - \overline{Y} = 332/(3 \cdot 2) - 63{,}96 = -8{,}63.$

Коэффициенты модели группы фактора X_2:

$B_1 = Y_1 / (p_{1\text{-}3} \cdot t) - \overline{Y} = 546/(4 \cdot 2) - 63{,}96 = 4{,}29;$

$B_2 = Y_2 / (p_{1\text{-}3} \cdot t) - \overline{Y} = 510/(4 \cdot 2) - 63{,}96 = -0{,}21;$

$B_3 = Y_3 / (p_{1\text{-}3} \cdot t) - \overline{Y} = 479/(4 \cdot 2) - 63{,}96 = -4{,}08.$

Записываем полученную модель:

$$Y = A_0 + \left|\begin{matrix} A_{I} \\ A_{II} \\ A_{III} \\ A_{IV} \end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{matrix}\right| = 63{,}96 + \left|\begin{matrix} +8{,}54 \\ +3{,}54 \\ -3{,}46 \\ -8{,}63 \end{matrix}\right| + \left|\begin{matrix} +4{,}29 \\ -0{,}21 \\ -4{,}08 \end{matrix}\right|.$$

Оптимизация модели

По полученной модели выполняем оптимизацию. Если необходимо получить $Y \rightarrow \max$, то выбираем максимальные по величине коэффициенты A_j и B_i: A_I=8,54 и B_1=4,29. Натуральные значения этих факторов будут характеризовать оптимальный режим и обеспечат максимальное значение функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козин В. З., Пелевин А. Е. Теория инженерного эксперимента: учебное пособие для вузов. Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 166 с.

2. Козин В. З. Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984. – 112 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблицы теоретических критериев

Таблица А.1

Значение критерия Стьюдента $t_т$ при P = 95 %

Число степеней свободы, f	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значение критерия, $t_т$	12,71	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23
Число степеней свободы, f	11	12	13	14	15	23	34	40	60	∞
Значение критерия, $t_т$	2,20	2,18	2,16	2,15	2,13	2,07	2,04	2,02	2,00	1,96

Таблица А.2

Значение критерия Фишера $F_т$ при P = 95 %

Число степеней свободы меньшей дисперсии, $f_м$	Число степеней свободы большей дисперсии, $f_Б$								
	1	2	3	4	5	6	12	24	∞
1	164,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	244,9	249,0	254,3
2	18,5	19,2	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6.2	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,0	3,8	3,7
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,7	2,5	2,3
24	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,2	2,0	1,7
∞	3,8	3,0	2,6	2,4	2,2	2,1	1,8	1,5	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1

Варианты для задачи № 1.1

Номер варианта	Номер анализа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7,32	7,64	8,14	10,94	8,09	6,91	8,04	6,72	7,84	7,96
2	19,62	21,17	18,84	26,32	19,01	23,12	21,10	20,15	19,36	22,14
3	29,17	30,96	30,01	35,47	29,86	34,14	29,16	31,08	29,92	28,99
4	36,48	41,08	40,29	35,16	38,41	39,98	37,84	42,99	44,15	40,06
5	47,15	49,02	44,29	53,20	45,13	47,02	44,18	49,96	48,87	47,18
6	66,15	67,49	69,15	73,28	61,08	65,12	66,89	66,84	63,17	62,08
7	25,10	29,45	21,47	34,64	26,48	23,61	28,14	26,14	29,48	24,78
8	55,18	59,64	57,42	63,24	59,84	56,14	54,17	58,14	53,12	54,27
9	88,15	81,10	88,45	77,84	83,25	84,75	86,61	82,01	84,14	86,34
10	55,10	51,27	56,37	62,31	54,19	55,28	51,39	54,10	58,96	53,18
11	63,02	64,18	64,08	73,69	69,95	68,59	62,23	64,18	64,53	67,48
12	21,05	29,61	25,48	16,34	26,63	27,74	23,64	25,59	26,48	23,17
13	26,68	28,97	24,87	18,96	26,34	21,57	29,80	29,31	25,54	23,61
14	33,12	35,48	36,15	40,28	34,51	30,12	30,27	35,14	35,12	34,51
15	86,21	85,12	84,27	91,20	80,13	85,17	86,69	85,47	83,19	83,26
16	63,07	64,19	68,19	58,89	64,87	62,84	61,08	63,04	65,55	65,07
17	44,11	45,29	49,37	52,37	40,15	42,25	41,30	45,62	45,68	42,37
18	26,68	25,87	24,69	32,15	23,84	29,57	26,54	23,64	23,48	25,48
19	55,12	59,12	57,45	63,27	51,24	53,28	56,61	55,51	53,27	55,01
20	46,95	41,20	42,28	32,10	42,18	47,89	45,65	43,61	48,95	42,10
21	31,20	35,41	32,50	43,15	36,95	34,78	35,10	39,84	35,21	36,54
22	55,05	51,26	59,86	45,56	52,21	53,64	57,84	58,87	59,99	58,87
23	27,86	29,61	28,01	33,60	26,14	24,09	28,16	25,54	26,41	29,09
24	33,01	35,48	36,14	40,25	31,08	36,51	33,20	34,69	31,21	32,28
25	50,29	52,34	56,07	46,62	53,38	56,67	55,01	54,18	55,67	51,24
26	88,06	81,25	85,56	93,28	84,17	86,37	85,09	83,27	81,10	82,50
27	23,01	25,60	24,87	31,24	25,89	25,61	21,16	28,01	23,51	23,48

Таблица Б.2

Варианты для задачи № 1.2

Показатели	Номер варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
γ	33,05	22,15	17,62	40,50	35,61	43,24	45,20	24,61	28,90
β	19,20	45,10	25,64	16,20	17,60	18,35	12,90	16,30	16,40
α	7,50	10,50	5,60	7,80	6,54	10,20	6,30	6,80	6,31
$S_{B\gamma}$	0,50	0,15	0,14	0,16	0,18	0,25	0,20	0,10	0,26
$S_{B\beta}$	0,24	0,26	0,60	0,27	0,26	0,31	0,17	0,18	0,21
$S_{B\alpha}$	0,13	0,40	0,23	0,18	0,17	0,27	0,16	0,14	0,20
Показатели	Номер варианта								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
γ	42,31	45,62	44,21	26,31	28,94	19,50	26,84	32,17	42,21
β	18,70	18,47	9,43	18,47	16,40	45,32	18,70	16,65	19,64
α	9,30	9,54	5,01	9,81	6,97	10,28	6,83	7,14	10,28
$S_{B\gamma}$	0,20	0,21	0,24	0,24	0,27	0,18	0,21	0,24	0,24
$S_{B\beta}$	0,14	0,18	0,26	0,23	0,26	0,09	0,14	0,18	0,29
$S_{B\alpha}$	0,16	0,13	0,14	0,18	0,20	0,70	0,22	0,17	0,20
Показатели	Номер варианта								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
γ	42,18	63,17	29,94	52,10	43,27	42,31	28,91	42,29	48,94
β	16,37	18,64	16,37	18,64	18,96	19,54	16,47	18,94	43,20
α	8,94	13,29	8,61	10,27	10,27	10,57	5,50	9,97	21,80
$S_{B\gamma}$	0,21	0,23	0,24	0,29	0,18	0,17	0,27	0,20	0,50
$S_{B\beta}$	0,28	0,17	0,18	0,24	0,13	0,29	0,26	0,15	0,27
$S_{B\alpha}$	0,19	0,12	0,16	0,20	0,24	0,24	0,20	0,27	0,39

Таблица Б.3

Варианты для задачи № 1.3

Номер варианта		Номер опыта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	нр	25,67	59,61	34,17	66,57	88,91	14,45	44,08	30,09	26,65	90,14
	пр	27,68	55,17	32,04	66,09	87,14	13,28	42,79	27,51	24,68	89,10
2	нр	12,38	55,18	69,18	57,34	66,09	25,17	26,57	45,59	53,27	29,98
	пр	10,59	52,09	66,03	55,01	65,07	21,48	23,61	42,58	50,19	28,84
3	нр	56,24	12,57	45,29	86,91	44,53	49,96	88,01	42,05	21,09	29,96
	пр	59,03	10,28	41,27	85,01	41,27	49,32	85,16	45,56	20,38	27,84
4	нр	55,14	63,29	88,94	93,02	26,95	14,48	52,18	54,27	32,27	30,08
	пр	52,17	66,27	87,14	90,08	25,58	15,97	56,47	55,84	35,14	29,29
5	нр	25,48	38,94	69,94	42,18	67,79	23,30	55,00	63,37	89,94	28,74
	пр	22,17	37,58	67,84	41,08	65,81	25,61	51,27	61,48	93,04	26,94

Окончание табл. Б.3

Номер варианта		Номер опыта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	нр	45,59	18,57	63,31	42,01	87,95	10,06	45,59	28,96	24,46	13,38
	пр	42,28	14,57	65,48	45,15	86,39	8,01	42,67	27,78	26,58	15,39
7	нр	55,18	12,29	56,63	47,18	66,90	57,89	32,05	25,89	10,58	10,26
	пр	52,07	10,24	53,6	45,67	62,07	54,19	30,17	26,47	8,91	10,98
8	нр	56,9	14,24	84,57	14,56	66,37	29,85	26,64	32,01	28,89	26,63
	пр	55,18	16,95	88,98	12,54	64,27	27,14	25,54	33,59	24,97	24,16
9	нр	25,68	45,67	18,89	27,87	28,89	89,91	57,89	15,56	28,28	54,47
	пр	26,94	42,15	19,61	26,94	30,17	88,47	56,24	17,84	26,94	56,23
10	нр	52,29	15,27	56,61	48,87	25,64	59,64	26,61	31,3	26,94	12,02
	пр	54,48	17,84	56,28	46,57	21,17	58,89	24,53	30,24	27,29	15,60
11	нр	56,61	89,91	36,51	59,94	35,28	55,55	25,61	30,80	44,42	26,45
	пр	52,30	84,57	34,20	59,64	31,74	51,08	28,94	32,18	48,57	24,51
12	нр	23,18	54,68	48,96	62,09	55,64	26,67	16,64	88,92	51,07	26,66
	пр	22,10	52,18	46,31	60,31	51,78	28,47	13,54	87,42	53,27	24,51
13	нр	33,33	29,00	88,49	57,77	66,60	49,96	35,57	16,16	25,55	37,74
	пр	34,59	27,89	86,24	56,41	63,31	52,21	35,10	18,94	24,41	35,51
14	нр	55,68	12,04	35,55	12,08	32,38	14,46	25,52	10,08	69,95	28,88
	пр	59,67	15,61	36,55	15,61	33,68	15,56	26,52	14,74	63,98	24,78
15	нр	26,37	45,20	59,64	25,59	26,61	32,33	55,55	48,88	29,99	36,61
	пр	29,85	44,18	58,87	24,47	24,51	29,38	60,15	47,72	28,84	35,54
16	нр	55,18	12,02	47,69	26,66	23,37	18,18	63,36	15,55	12,27	27,77
	пр	49,68	15,08	48,51	25,51	20,01	14,75	66,25	15,01	15,89	24,54
17	нр	55,50	25,54	57,88	48,48	25,16	15,56	49,96	45,57	33,33	14,19
	пр	56,61	26,94	59,61	49,99	29,99	18,87	51,02	49,89	36,64	19,89
18	нр	25,59	15,04	55,54	29,96	44,15	22,05	90,94	55,56	14,45	12,06
	пр	26,39	19,87	57,84	33,01	48,87	26,69	93,01	59,67	16,95	15,56
19	нр	25,59	15,08	45,56	57,78	12,03	85,64	26,66	15,19	48,87	12,25
	пр	29,64	18,89	49,99	59,69	14,44	89,94	28,88	16,99	49,95	15,54
20	нр	58,89	25,61	48,48	15,58	26,66	15,55	96,14	12,05	48,88	12,08
	пр	56,14	22,22	45,56	14,74	24,12	10,05	94,57	10,01	47,75	15,62
21	нр	32,31	89,58	26,64	54,68	25,55	15,05	12,22	45,59	65,58	25,58
	пр	33,08	88,47	22,14	59,84	26,64	14,05	15,57	48,87	66,67	25,88
22	нр	44,44	12,06	48,81	58,88	12,05	33,36	26,65	78,78	12,05	55,55
	пр	46,95	15,56	49,97	57,79	15,14	38,95	29,89	79,95	18,09	53,01
23	нр	56,66	58,94	12,08	55,55	33,26	52,02	15,54	88,05	33,36	28,88
	пр	51,02	57,14	16,68	59,18	34,14	55,57	18,94	89,94	34,80	31,05
24	нр	87,07	36,61	45,29	25,04	15,54	96,25	15,50	45,54	15,52	87,78
	пр	85,01	33,24	41,08	22,78	10,06	90,27	12,23	40,05	12,23	85,64
25	нр	55,55	49,95	12,08	25,68	15,09	78,87	18,96	33,33	23,34	28,84
	пр	51,06	42,18	10,05	24,48	12,47	74,49	14,57	30,08	23,33	28,88
26	нр	45,21	26,61	47,77	15,05	48,87	44,44	89,95	26,64	25,55	20,08
	пр	42,08	25,58	46,69	12,24	45,02	42,01	88,88	23,36	21,14	22,22
27	нр	56,61	50,05	26,61	88,88	55,90	65,62	27,97	45,58	22,22	56,61
	пр	55,24	48,89	23,34	81,09	51,24	66,31	26,68	42,14	20,08	59,91

Таблица Б.4

Варианты для задачи № 1.4

Показатели	Номер варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\overline{Y_1}$	26,67	56,67	26,64	26,94	59,94	21,38	32,08	45,98	66,31
$\overline{Y_2}$	29,81	51,08	21,08	24,44	51,51	19,63	33,07	42,10	61,27
$S_{\overline{Y_1}}$	0,18	0,29	0,10	0,20	0,30	0,20	0,29	0,22	0,29
$S_{\overline{Y_2}}$	0,23	0,21	0,29	0,31	0,21	0,14	0,22	0,31	0,34
N_1	5	5	9	5	7	5	5	6	8
N_2	9	8	8	13	6	3	7	9	6
Показатели	Номер варианта								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\overline{Y_1}$	44,12	30,24	39,04	38,94	56,94	48,98	22,29	66,94	10,29
$\overline{Y_2}$	41,08	28,17	34,05	36,45	52,08	45,67	23,98	63,08	14,26
$S_{\overline{Y_1}}$	0,60	0,50	0,27	0,21	0,28	0,60	0,20	0,27	0,17
$S_{\overline{Y_2}}$	0,28	0,14	0,39	0,06	0,33	0,47	0,14	0,40	0,16
N_1	6	6	6	5	4	5	6	6	6
N_2	4	4	2	9	9	6	9	4	5
Показатели	Номер варианта								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$\overline{Y_1}$	38,09	17,89	15,55	56,98	88,49	48,75	22,12	22,08	25,37
$\overline{Y_2}$	34,47	16,52	10,29	54,17	84,17	44,18	19,37	26,17	22,06
$S_{\overline{Y_1}}$	0,29	0,27	0,29	0,58	0,64	0,65	0,58	0,61	0,18
$S_{\overline{Y_2}}$	0,22	0,26	0,24	0,47	0,51	0,27	0,27	0,48	0,14
N_1	6	6	6	5	6	8	6	5	6
N_2	4	5	8	9	6	8	4	5	6

Таблица Б.5

Варианты для задачи № 2

Показатели	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y_1	74,35	55,09	48,96	55,39	66,57	53,33	23,33	23,31	85,57	33,66
Y_2	27,16	42,08	40,08	89,24	31,47	42,08	56,94	56,69	56,31	49,87
Y_3	61,02	59,37	33,27	42,67	53,08	79,61	26,98	44,44	88,88	26,48
Y_4	19,94	35,84	25,54	77,77	29,99	70,05	62,22	59,96	42,17	51,08
Y_5	48,07	26,57	69,21	63,14	88,89	63,37	44,44	28,89	59,92	59,68
Y_6	31,29	16,54	63,33	60,17	44,59	40,05	85,51	64,51	46,37	77,77
Y_7	40,29	38,79	76,94	53,28	75,56	26,94	63,33	35,55	52,22	62,21
Y_8	29,45	22,22	70,14	51,07	54,84	47,85	81,20	68,87	34,18	88,04
Y_{01}	37,20	33,08	55,55	56,66	73,61	55,64	37,79	36,94	60,06	53,33
Y_{02}	39,14	36,94	53,19	53,66	74,98	52,31	35,56	34,14	55,94	55,52
Y_{03}	38,07	31,28	52,27	54,87	72,21	56,98	34,48	38,17	59,96	55,01
Y_{04}	38,09	35,15	53,31	56,68	72,35	55,55	36,34	35,55	58,89	54,29
Показатели	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Y_1	56,91	55,26	68,68	23,33	45,45	55,62	23,33	36,66	45,89	44,08
Y_2	42,28	26,61	62,08	45,59	12,89	51,08	56,57	31,08	41,08	16,69
Y_3	86,37	48,92	46,32	53,31	40,09	42,22	29,99	29,99	78,96	24,57
Y_4	45,55	78,88	44,01	68,94	18,94	40,09	68,98	28,84	71,06	12,24
Y_5	66,66	37,79	55,55	56,66	66,38	86,61	54,44	46,61	35,52	68,95
Y_6	42,27	33,56	41,10	68,94	60,18	47,75	55,02	48,95	26,64	25,55
Y_7	61,01	49,82	32,08	74,14	45,58	66,66	69,94	12,20	33,33	74,49
Y_8	40,08	66,21	26,66	78,89	40,12	45,59	64,47	15,55	37,84	33,33
Y_{01}	56,69	55,55	41,07	52,29	41,17	57,77	48,88	33,33	50,06	50,08
Y_{02}	57,81	51,07	42,06	53,64	45,56	56,61	45,57	30,08	51,27	54,27
Y_{03}	59,99	52,27	45,24	54,44	42,22	56,31	46,61	31,17	54,31	52,22
Y_{04}	56,38	53,38	43,43	54,41	42,58	54,00	47,77	32,22	53,33	53,38
Показатели	Номер варианта									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Y_1	66,66	77,77	26,63	38,81	23,31	53,31	23,33	29,37	75,01	30,04
Y_2	52,08	52,23	59,94	26,61	25,64	69,91	25,56	64,19	28,01	65,04
Y_3	79,24	42,21	33,33	48,88	58,86	74,18	49,85	32,65	61,01	33,02
Y_4	36,61	40,09	68,84	44,47	55,47	86,66	74,02	71,09	20,01	72,01
Y_5	19,98	56,34	42,84	55,51	86,31	55,55	35,56	27,36	49,01	28,06
Y_6	25,55	42,28	89,91	68,03	47,76	41,06	39,94	49,22	32,01	50,08
Y_7	16,61	33,33	55,55	22,22	89,62	26,61	55,55	17,34	41,01	18,07
Y_8	23,23	36,69	90,08	28,89	58,88	23,07	88,88	53,12	30,01	54,06
Y_{01}	34,47	52,29	77,77	36,60	67,77	49,93	63,39	31,60	38,01	32,11
Y_{02}	33,58	51,07	76,03	37,75	69,92	48,82	61,05	32,43	40,01	33,01
Y_{03}	36,61	54,48	75,51	34,48	69,69	49,99	62,22	32,97	39,01	33,09
Y_{04}	34,44	52,27	75,59	37,77	70,10	49,01	62,87	30,24	39,02	31,24

Таблица Б.6

Варианты для задачи № 3

Показатели	Номер варианта											
	1		2		3		4		5		6	
	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
Y_1	88,88	85,52	55,55	59,63	25,63	20,01	55,55	59,93	36,62	30,05	25,56	20,07
Y_2	71,10	70,06	41,05	46,62	39,95	33,33	54,14	52,23	48,82	44,40	26,64	29,98
Y_3	69,94	95,58	33,33	28,85	34,41	25,59	50,04	44,47	44,44	40,01	23,35	26,64
Y_4	73,02	76,61	41,05	36,62	37,78	43,35	36,64	28,84	49,93	43,32	20,01	17,75
Y_5	33,33	35,54	72,03	71,05	44,44	49,98	66,62	60,05	58,86	54,21	29,96	35,56
Y_6	38,84	35,26	63,08	69,94	56,66	52,23	69,99	63,34	69,94	66,32	33,33	28,84
Y_7	34,41	32,20	55,58	51,08	45,59	42,01	60,04	53,31	67,74	60,05	25,55	21,07
Y_8	36,64	35,51	48,82	44,44	58,89	63,32	44,41	40,03	63,30	54,47	36,64	33,30
Показатели	Номер варианта											
	7		8		9		10		11		12	
	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
Y_1	45,44	41,02	41,42	40,56	56,62	51,04	56,17	58,46	56,17	52,14	45,56	41,21
Y_2	39,95	33,33	40,87	38,69	44,44	46,95	84,32	85,96	84,37	80,26	59,99	54,47
Y_3	56,68	57,74	31,02	32,54	75,52	71,04	75,91	73,56	75,91	77,77	56,58	54,17
Y_4	63,63	60,05	30,02	28,96	66,62	61,54	72,44	70,84	72,44	71,09	44,44	41,02
Y_5	20,05	24,47	46,65	43,38	55,32	54,10	68,67	67,76	68,67	72,26	48,89	47,75
Y_6	29,98	36,65	44,62	43,15	48,89	53,36	95,50	95,26	95,50	90,01	40,03	45,56
Y_7	44,44	42,25	35,52	34,49	68,95	71,14	81,88	82,86	81,88	85,52	63,63	62,25
Y_8	47,89	49,93	33,58	34,03	66,66	62,20	79,95	80,16	79,95	83,65	57,77	52,23
Показатели	Номер варианта											
	13		14		15		16		17		18	
	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
Y_1	33,33	37,89	45,59	41,02	87,14	85,16	56,55	58,14	25,73	21,14	55,14	58,26
Y_2	26,64	28,74	78,85	71,02	70,12	73,21	42,05	43,14	40,14	34,19	54,65	50,14
Y_3	55,55	52,21	56,69	58,84	68,92	71,12	34,33	35,18	35,41	28,56	50,28	45,36
Y_4	39,94	37,88	44,44	49,49	72,09	70,16	42,02	41,22	38,78	44,36	37,41	29,89
Y_5	44,44	41,02	56,67	52,28	32,23	30,14	73,03	74,11	45,44	50,14	67,62	62,13
Y_6	52,29	53,34	47,00	43,36	37,74	35,21	64,08	68,52	56,81	53,21	70,04	65,21
Y_7	35,53	32,20	58,58	59,96	33,31	31,12	56,58	55,16	46,42	43,01	61,08	56,12
Y_8	41,01	43,37	44,40	46,68	35,54	34,13	49,82	51,13	59,60	64,11	45,41	40,03

Таблица Б.7

Варианты для задачи № 4

Показатели	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_0	69,6	73,1	62,6	72,5	39,6	43,6	43,5	42,6	70,5	46,6
A_1	–5,2	–6,2	0	–4,6	–4,5	–2,5	–2,6	–6,0	–4,3	4,7
A_2	2,7	–4,3	–4,8	6,5	6,6	6,3	7,5	3,7	–4,5	5,5
A_3	–3,3	5,0	4,3	–4,8	0	–7,8	0	–4,8	3,6	–6,4
A_4	–4,9	–4,2	–6,9	0	–6,7	–8,0	–4,3	6,5	3,8	–4,6
A_5	5,7	–2,0	7,0	–4,9	–2,6	0	5,0	6,0	–6,0	5,0
B_0	43,2	46,3	42,3	46,6	40,5	27,9	31,5	39,4	35,4	32,7
B_1	2,6	2,1	–6,7	2,1	0	–3,0	–3,6	–3,2	–3,0	–4,0
B_2	4,5	4,8	3,6	–6,3	–2,7	–6,9	–4,8	–4,8	6,5	–6,2
B_3	3,8	–2,6	0	–7,5	–3,9	5,6	–9,0	6,7	–4,2	–2,4
B_4	6,6	–4,0	6,0	2,9	6,0	6,4	4,6	0	–4,6	0
B_5	–3,0	–1,0	–2,8	2,6	2,8	3,0	2,1	–6,2	0	–2,0
C	46	51	42	51	42	21	40,5	44	30	30
Показатели	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A_0	43,6	65,6	71,3	66,6	70,5	80,5	66,3	73,3	69,5	72,1
A_1	–4,5	–6,3	–6,4	–4,5	–6,3	0	–2,6	–4,8	–5,5	–6,1
A_2	–7,8	8,4	4,6	–3,7	–2,4	–3,3	0	2,6	2,9	–4,2
A_3	–6,0	0	–3,7	0	4,0	–4,6	–4,8	–6,5	–3,1	4,9
A_4	–2,6	–5,2	0	4,9	–2,6	2,1	2,6	–6,4	–5,1	–4,1
A_5	3,5	–6,0	–4,8	–4,6	–4,5	–4,4	–5,5	–2,0	5,8	–1,9
B_0	35,6	35,9	29,6	35,2	29,3	35,9	37,5	43,3	43,6	45,3
B_1	–2,6	–4,0	–9,3	2,6	–4,0	–3,6	0	2,6	2,7	2,0
B_2	3,5	0	–4,2	4,5	2,6	4,5	–4,8	4,0	4,4	4,7
B_3	3,4	–4,6	4,6	–3,6	–2,8	2,4	–3,6	3,7	3,9	–2,5
B_4	–2,0	5,6	–4,4	–4,2	–0,5	–4,5	–4,9	4,6	6,7	–3,9
B_5	–6,0	4,8	5,0	–2,5	3,9	–2,6	2,6	4,7	–3,1	–0,9
C	35	45	38	35	30	36	46	42	36	44

Таблица Б.8

Варианты для задачи № 5

Номер пары данных	Номер варианта									
	1		2		3		4		5	
	X	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*
1	13,50	0,10	1,35	1,06	43,26	12,22	12,23	87,75	12,22	43,05
2	12,66	0,11	1,26	1,04	59,96	15,40	11,26	85,53	15,56	59,98
3	14,78	0,15	1,47	1,22	30,05	11,11	15,53	93,34	11,05	31,24
4	20,23	0,30	2,02	3,08	66,65	15,53	14,45	90,05	15,52	66,66
5	11,52	0,14	1,15	1,23	50,02	10,02	11,11	84,42	10,23	51,27
6	12,89	0,12	1,28	1,26	44,49	12,29	13,36	89,24	12,26	44,45
7	14,53	0,13	1,45	1,30	55,56	12,23	12,22	86,02	12,98	53,34
8	15,44	0,14	1,54	1,42	42,29	11,16	10,52	92,31	8,26	42,15
9	16,78	0,18	1,67	1,89	48,86	14,45	13,33	85,55	14,48	48,89
10	19,33	0,21	1,93	2,03	68,89	18,86	12,23	87,77	18,85	68,87
11	17,25	0,17	1,72	1,79	58,86	15,56	12,20	88,05	15,52	59,93
12	16,55	0,20	1,65	1,23	38,85	13,33	11,54	87,79	13,32	38,58
13	14,82	0,15	1,48	1,56	52,25	13,37	10,03	85,54	13,25	46,62
14	15,55	0,13	1,54	1,33	41,18	11,11	14,44	90,31	9,63	41,18
15	18,33	0,17	1,83	1,75	46,68	14,45	13,33	88,88	14,44	43,38
16	19,22	0,25	1,92	2,56	62,23	12,22	15,55	92,03	12,28	55,59
17	13,55	0,11	1,15	1,05	42,28	14,48	14,42	90,05	14,42	42,24
18	12,68	0,12	1,28	1,23	66,66	17,77	11,17	83,69	17,75	66,64
19	14,76	0,12	1,45	1,30	55,05	15,25	13,35	89,89	15,52	54,48
20	20,23	0,31	1,54	1,49	60,02	15,52	12,22	86,63	15,56	58,86
21	11,52	0,10	1,67	1,81	62,33	15,54	15,52	92,02	12,23	61,15
22	12,89	0,12	1,93	2,06	45,58	12,26	13,38	85,52	9,05	33,33
23	14,52	0,13	1,72	1,74	63,31	16,65	12,22	87,58	17,78	67,79
24	15,44	0,14	1,65	0,23	56,20	14,45	12,22	88,88	10,05	52,25
25	16,77	0,18	1,48	1,55	30,05	8,88	11,01	87,87	12,25	45,56
26	16,55	0,23	1,54	1,36	42,28	10,06	10,06	85,53	12,55	53,34
27	14,87	0,16	1,83	1,74	49,99	12,25	14,42	90,05	15,64	61,05
28	15,42	0,13	1,92	2,22	50,25	16,66	13,33	85,48	8,89	41,15
29	18,33	0,17	2,06	2,29	41,15	11,32	12,23	88,25	12,25	58,85
30	16,77	0,19	1,15	1,29	52,26	10,08	13,33	85,85	10,04	42,00
Номер пары данных	Номер варианта									
	6		7		8		9		10	
	X	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*
1	15,55	62,63	46,60	14,45	12,80	55,50	43,50	12,50	41,12	11,50
2	12,25	45,56	41,12	9,69	12,29	44,42	59,89	15,45	52,32	10,29
3	16,63	63,02	52,28	13,34	10,25	50,06	31,13	11,25	67,75	17,75
4	14,47	56,64	38,89	13,34	15,56	66,63	66,56	15,58	33,35	9,69
5	7,09	31,14	58,86	15,56	11,14	31,25	51,21	11,46	61,25	12,28
6	16,66	62,52	68,84	18,85	15,56	59,98	44,48	12,50	57,75	13,35

Продолжение табл. Б.8

Номер пары данных	Номер варианта									
	6		7		8		9		10	
	X	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*
7	10,23	42,23	48,85	14,42	12,25	43,20	55,59	14,56	41,24	8,95
8	12,28	49,96	42,02	8,96	15,50	63,35	42,28	9,99	61,50	15,54
9	16,64	51,02	55,55	12,24	12,40	45,58	48,89	14,45	53,35	12,25
10	10,08	41,12	44,48	11,02	16,64	63,38	68,85	14,48	45,58	13,34
11	10,02	48,89	50,06	15,50	14,48	56,68	68,88	18,50	51,24	13,35
12	17,75	64,78	30,28	13,34	7,75	30,08	58,86	15,45	62,35	15,58
13	9,63	33,33	59,98	15,56	16,63	65,58	38,89	12,02	45,00	15,56
14	12,23	61,27	43,23	12,25	10,21	42,25	52,26	13,35	45,52	12,28
15	13,34	57,78	49,96	12,25	12,40	49,89	41,15	10,25	63,35	16,64
16	8,86	41,12	30,05	7,50	16,30	51,12	45,56	14,50	56,37	14,46
17	15,55	61,25	65,23	16,56	11,12	41,21	62,36	12,15	41,25	10,24
18	12,22	53,39	42,24	10,25	13,34	52,28	42,25	14,48	52,32	13,34
19	12,27	45,56	49,49	12,50	17,75	67,77	55,50	14,70	58,15	15,56
20	13,34	51,12	50,36	16,65	9,95	33,36	61,25	15,50	68,98	18,89
21	14,14	46,63	40,08	11,12	12,23	61,23	61,50	15,54	48,57	14,45
22	9,02	41,12	52,28	10,24	13,50	58,78	41,12	10,25	42,26	10,25
23	13,33	52,28	68,68	17,75	8,89	41,21	57,87	13,35	55,50	12,25
24	13,34	42,28	33,33	10,25	12,50	53,36	61,15	12,25	44,49	12,23
25	15,59	58,84	61,12	12,25	13,39	51,00	33,35	10,54	51,23	11,12
26	18,88	68,87	57,50	13,50	15,45	55,60	67,75	17,75	66,65	15,54
27	14,42	48,48	40,06	8,89	17,78	66,60	52,50	10,20	31,28	9,96
28	8,25	39,96	49,50	12,46	14,45	42,45	42,28	9,99	59,96	15,54
29	12,23	55,55	40,05	11,12	12,28	62,23	51,25	15,56	43,25	12,25
30	12,28	49,92	41,06	9,56	14,50	46,45	49,00	12,25	63,35	15,56
Номер пары данных	Номер варианта									
	11		12		13		14		15	
	X	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*
1	46,50	14,50	61,15	15,50	52,50	13,35	15,50	6,20	12,56	87,56
2	41,12	9,99	53,20	12,25	38,69	12,50	12,25	4,50	11,12	85,45
3	52,26	13,35	45,00	12,25	58,80	15,50	16,35	6,30	15,45	93,26
4	38,89	13,34	50,08	13,35	68,87	18,89	14,25	5,55	14,45	91,25
5	58,58	15,50	62,25	12,25	48,50	14,45	11,12	3,23	11,28	84,15
6	68,89	18,85	46,63	14,45	42,20	12,24	16,50	6,52	13,65	89,90
7	48,48	14,53	41,15	9,25	55,50	12,24	11,24	4,20	12,25	86,36
8	42,12	12,28	52,28	13,34	44,42	12,28	12,25	4,90	15,45	92,32
9	55,50	12,29	38,45	8,88	51,24	10,02	16,63	5,25	13,25	85,85
10	49,96	12,28	58,59	15,50	65,66	15,50	10,25	4,21	12,45	87,78
11	51,24	11,20	68,57	18,45	31,25	11,20	10,23	4,23	12,45	88,00
12	66,35	15,59	44,44	14,46	59,95	15,50	17,58	6,70	11,12	87,00

Продолжение табл. Б.8

Номер пары данных	Номер варианта									
	11		12		13		14		15	
	X	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*
13	31,24	11,12	42,25	8,89	43,25	12,25	10,25	3,30	10,54	85,00
14	59,96	15,40	55,45	12,25	41,15	10,25	12,25	6,36	14,45	91,02
15	43,25	12,50	44,40	12,25	52,50	11,20	13,32	5,70	13,36	88,80
16	56,50	15,00	50,05	10,00	67,00	17,47	8,58	4,25	14,54	91,24
17	31,25	7,84	66,35	12,00	33,50	10,65	15,45	6,10	11,45	84,46
18	65,58	16,64	31,20	11,25	61,25	12,24	12,35	5,30	13,15	89,89
19	42,45	10,25	59,96	15,56	57,57	13,31	12,25	4,59	12,25	86,86
20	49,96	12,25	43,25	12,50	41,24	9,99	13,23	5,25	15,14	92,52
21	51,24	16,16	62,35	15,56	61,25	15,54	14,45	4,62	13,50	85,00
22	41,12	11,10	45,56	12,25	53,35	12,25	13,25	5,20	12,12	87,90
23	52,28	12,23	63,35	16,50	45,00	12,50	13,36	3,89	12,25	88,50
24	67,89	17,00	56,36	14,40	51,12	13,60	15,25	5,86	11,10	87,54
25	33,36	10,24	65,65	16,20	61,24	15,54	18,45	6,85	10,02	85,80
26	61,12	12,25	42,10	10,20	55,00	15,56	14,40	4,80	14,45	90,00
27	58,58	13,50	49,59	12,25	66,50	17,75	12,23	5,50	13,50	88,00
28	40,20	8,96	51,21	16,63	42,25	14,45	16,60	5,25	15,54	91,54
29	61,00	15,50	41,00	11,25	62,00	12,25	10,12	4,10	11,54	84,74
30	53,36	12,25	52,26	11,25	46,65	14,45	17,70	6,78	13,35	89,00
Номер пары данных	Номер варианта									
	16		17		18		19		20	
	X	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*
1	65,50	16,65	14,50	56,00	53,59	12,30	43,00	12,00	13,11	0,10
2	42,25	10,50	16,30	65,00	45,00	12,25	59,00	15,00	12,71	0,11
3	49,58	12,25	10,25	42,00	51,30	13,25	30,00	11,00	14,25	0,15
4	51,00	16,56	12,26	49,89	61,25	15,54	66,00	15,00	20,36	0,30
5	41,24	10,25	16,63	51,24	55,50	15,00	50,00	10,00	11,54	0,14
6	52,50	10,26	17,70	67,89	66,60	17,75	44,00	12,00	12,48	0,12
7	67,87	17,47	13,50	57,50	42,50	14,70	42,00	11,00	14,99	0,13
8	33,36	10,25	15,62	61,20	62,00	12,50	58,00	15,00	15,82	0,14
9	61,25	12,25	12,23	53,25	46,25	14,45	38,00	12,00	16,30	0,18
10	57,78	13,33	12,25	45,56	52,00	13,38	52,00	18,00	19,21	0,21
11	41,25	9,69	13,50	54,26	62,35	15,00	46,00	14,00	17,29	0,17
12	61,24	15,56	17,70	66,00	45,28	12,14	62,00	12,00	16,62	0,20
13	53,50	12,50	14,50	42,50	63,32	16,25	42,00	14,00	14,40	0,14
14	45,60	13,36	12,50	62,30	56,00	14,45	60,00	15,00	15,91	0,15
15	51,24	13,00	14,50	46,00	65,25	16,00	57,00	13,00	18,85	0,18
16	58,26	15,50	13,30	52,58	42,25	10,25	60,00	12,00	19,73	0,19
17	68,00	18,90	15,56	58,96	49,25	12,24	67,00	17,00	13,12	0,13
18	48,80	14,45	18,84	68.10	50,12	16,36	52,00	11,00	12,14	0,12

Окончание табл. Б.8

Номер пары данных	Номер варианта									
	16		17		18		19		20	
	X	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*	*X*	*Y*
19	42,50	9,69	14,40	48,58	41,12	11,12	50,00	16,00	14,28	0,14
20	55,50	12,80	12,25	55,00	52,10	10,02	49,00	12,00	20,17	0,20
21	44,50	12,24	15,50	63,00	67,80	17,84	65,00	16,00	11,72	0,10
22	51,15	12,20	16,30	63,20	61,25	12,30	56,00	14,00	12,33	0,12
23	66,60	15,50	14,40	56,30	58,89	13,50	51,00	11,00	14,48	0,15
24	31,30	12,25	16,50	65,00	61,00	15,60	44,00	12,00	15,41	0,14
25	43,40	13,35	12,25	49,58	45,00	12,25	48,00	14,00	16,45	0,16
26	61,00	16,60	17,70	67,50	55,50	15,60	58,00	15,00	16,47	0,15
27	55,90	16,50	12,25	61,20	58,00	15,30	65,00	16,00	14,80	0,14
28	42,01	14,50	13,25	57,48	68,40	18,00	62,00	15,00	15,74	0,15
29	63,35	13,58	15,56	61,40	48,50	14,20	48,00	12,00	18,31	0,19
30	62,00	15,40	13,35	52,24	42,00	8,90	63,00	16,00	16,11	0,16

Таблица Б.9

Варианты для задачи № 6

Номер варианта	Пока-затели	Номер данных									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	*Y*	71,0	85,0	81,0	76,0	84,0	90,0	75,0	85,0	71,0	81,0
	X_1	27,5	26,9	27,0	28,9	26,2	27,0	27,9	25,4	28,2	26,9
	X_2	10,3	12,4	11,4	11,3	12,3	12,5	10,4	11,8	9,8	12,1
2	*Y*	55,0	43,0	58,0	51,0	58,0	52,0	40,0	48,0	42,0	53,0
	X_1	12,2	14,8	10,1	13,1	12,2	12,3	16,6	14,5	13,9	12,2
	X_2	16,3	8,6	18,9	13,9	17,5	13,3	7,3	10,1	8,9	14,4
3	*Y*	52,0	48,0	45,0	52,0	41,0	47,0	40,0	62,0	50,0	43,0
	X_1	18,6	12,2	20,2	19,9	28,6	22,5	26,5	9,5	20,1	26,5
	X_2	23,3	31,1	16,5	23,3	15,2	17,8	14,4	13,3	19,9	18,8
4	*Y*	45,0	31,0	47,0	33,0	52,0	48,0	39,0	44,0	31,0	38,0
	X_1	9,2	6,6	10,1	8,1	12,2	8,8	9,4	9,3	6,6	8,1
	X_2	27,7	22,8	28,9	24,0	29,8	27,8	25,5	28,8	22,2	25,3
5	*Y*	57,0	57,3	62,2	56,0	55,0	58,0	62,0	53,0	55,0	59,0
	X_1	17,3	18,8	15,1	18,9	21,3	16,6	12,2	28,6	26,3	15,5
	X_2	5,9	4,2	10,9	3,5	2,9	4,4	11,6	2,1	3,3	11,1
6	*Y*	52,0	58,0	55,0	57,0	56,0	56,0	57,0	55,0	54,0	59,0
	X_1	29,9	13,6	21,1	17,6	18,8	18,9	18,0	22,3	26,8	14,4
	X_2	1,1	11,4	3,2	7,4	4,5	4,4	6,6	3,6	2,1	11,1
7	*Y*	41,0	49,0	35,0	39,0	48,0	41,0	33,0	37,0	44,0	29,0
	X_1	18,0	21,1	17,7	17,4	18,5	18,5	16,6	17,2	18,8	5,2
	X_2	7,5	8,8	6,2	6,8	7,9	7,5	5,8	7,1	7,6	5,5

Окончание табл. Б.9

Номер варианта	Показатели	Номер данных									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Y	63,0	46,0	55,0	71,0	77,0	42,0	58,0	62,0	48,0	61,0
	X_1	18,8	21,1	20,1	15,2	14,4	28,9	18,3	18,5	22,1	20,5
	X_2	7,9	3,4	4,4	4,6	12,2	1,6	4,4	4,6	3,4	6,9
9	Y	42,0	38,0	49,0	47,0	31,0	39,0	42,0	31,0	51,0	44,0
	X_1	10,3	9,0	12,3	10,5	6,7	7,8	10,5	6,2	14,4	10,3
	X_2	16,5	16,5	11,2	12,5	22,2	16,5	16,5	19,6	6,9	15,6
10	Y	62,0	44,0	63,0	41,0	71,0	77,0	43,0	65,0	81,0	66,0
	X_1	14,1	18,6	12,2	22,1	12,1	6,9	19,9	14,0	5,1	14,0
	X_2	7,7	9,2	6,9	10,3	5,8	5,1	10,1	8,8	2,5	7,2
11	Y	8,5	6,0	9,9	8,3	7,1	8,8	6,2	8,0	9,9	8,1
	X_1	18,3	15,2	22,5	18,4	16,9	18,8	16,5	19,2	22,0	17,4
	X_2	7,5	4,2	10,5	7,7	6,8	7,3	6,6	7,5	9,3	7,5
12	Y	7,0	9,0	8,0	6,0	8,5	7,7	6,3	8,2	8,5	7,3
	X_1	16,6	19,3	18,5	14,4	18,0	18,8	14,8	17,7	21,1	18,0
	X_2	6,5	8,2	7,7	3,3	7,7	7,6	6,5	7,9	8,9	6,8
13	Y	35,0	38,0	36,0	39,0	38,0	34,0	37,0	40,0	37,0	36,0
	X_1	11,2	15,5	12,3	17,7	16,2	10,2	13,3	18,9	15,2	12,6
	X_2	2,5	6,6	5,0	6,9	6,3	2,2	5,6	7,4	4,9	4,9
14	Y	36,0	38,0	36,5	38,0	35,5	36,0	34,0	37,7	39,0	33,0
	X_1	13,3	15,4	14,0	16,2	12,0	14,2	11,2	15,2	18,8	8,0
	X_2	5,2	3,3	3,9	3,3	3,8	5,1	6,3	4,1	2,1	7,1
15	Y	45,0	49,0	47,0	48,0	46,0	48,2	43,0	46,5	46,0	49,0
	X_1	20,3	28,9	23,3	26,6	22,1	26,6	20,4	23,0	23,0	28,7
	X_2	6,2	2,1	4,6	3,3	5,5	2,1	7,5	5,8	5,9	2,1
16	Y	45,0	48,0	46,0	46,3	48,0	47,5	46,0	49,0	47,2	45,0
	X_1	22,3	25,9	23,0	23,5	26,0	24,6	22,1	26,9	24,4	20,5
	X_2	15,5	12,5	15,5	15,0	13,3	13,3	15,5	13,0	14,0	16,6
17	Y	44,0	48,0	46,5	47,5	43,0	49,0	45,0	47,5	48,9	44,0
	X_1	2,0	6,3	5,1	5,5	1,2	6,8	2,0	6,8	6,0	1,0
	X_2	13,0	16,9	16,3	16,3	13,4	16,9	12,8	15,4	16,5	13,5
18	Y	53,0	49,0	42,0	45,0	49,0	51,0	48,0	52,0	43,0	50,0
	X_1	6,8	4,1	1,0	2,3	4,5	5,5	4,2	7,8	1,1	5,9
	X_2	17.9	16,2	13,6	13,2	15,5	16,6	15,6	16,9	13,6	16,6
19	Y	47,0	45,0	50,5	47,1	53,0	47,0	43,0	49,0	51,0	50,0
	X_1	3,2	1,0	5,6	3,0	7,0	4,1	1,1	4,2	6,5	5,2
	X_2	15,0	16,6	13,6	15,4	9,8	16,3	16,9	13,6	12,2	13,5
20	Y	15,0	17,2	15,3	16,6	15,5	16,0	15,8	15,2	17,0	14,0
	X_1	2,8	6,9	4,8	6,5	3,3	4,5	4,2	3,3	6,9	2,1
	X_2	12,4	14,0	13,5	14,6	13,3	14,5	14,4	13,3	14,2	10,8

Таблица Б.10

Варианты для задачи № 7

Номер варианта	Результаты экспериментов				Номер варианта	Результаты экспериментов			
1	80	73	63	65	2	70	63	53	55
	81	74	64	66		71	64	54	56
	73	63	65	50		63	53	55	40
	74	64	66	51		64	54	56	41
	63	65	50	60		53	55	40	50
	64	66	51	62		54	56	41	52
3	63	67	64	76	4	84	82	88	76
	65	65	65	74		82	80	86	76
	67	64	76	71		82	88	76	85
	65	65	74	70		80	86	76	83
	64	76	71	76		88	76	85	81
	65	74	70	77		86	76	83	80
5	84	86	85	81	6	54	55	64	57
	85	85	84	82		53	53	62	55
	86	85	81	85		55	64	57	54
	85	84	82	88		53	62	55	53
	85	81	85	87		64	57	54	56
	84	82	88	89		62	55	53	58
7	69	64	69	58	8	84	82	88	76
	67	65	71	56		86	80	86	74
	64	69	58	66		82	88	76	85
	65	71	56	66		80	86	74	84
	69	58	66	66		88	76	85	81
	71	56	66	68		86	74	84	80
9	69	64	69	58	10	60	53	43	45
	67	66	71	60		61	54	44	46
	64	69	58	66		53	43	45	53
	66	71	60	65		54	44	46	54
	69	58	66	66		43	45	53	43
	71	60	65	67		44	46	54	44
11	84	85	85	82	12	66	62	68	56
	86	87	85	83		64	60	66	54
	85	85	82	81		62	68	56	62
	87	85	83	83		60	66	54	60
	85	82	81	82		68	56	62	68
	85	83	83	84		66	54	60	68

Окончание табл. Б.10

Номер варианта	Результаты экспериментов				Номер варианта	Результаты экспериментов			
13	49	44	49	38	14	74	72	78	74
	47	46	51	41		72	70	76	75
	44	49	38	44		72	78	74	72
	46	51	41	46		70	76	75	70
	49	38	44	49		78	74	72	78
	51	41	46	51		76	75	70	76
15	64	65	65	62	16	50	43	23	25
	66	67	64	63		51	44	24	26
	65	65	62	65		43	23	25	43
	67	64	63	67		44	24	26	42
	65	62	65	65		23	25	43	33
	64	63	67	64		24	26	42	34
17	64	62	68	63	18	74	72	78	66
	63	60	67	65		75	70	75	65
	62	68	63	62		72	78	66	72
	60	67	65	60		70	75	65	71
	68	63	62	68		78	66	72	78
	67	65	60	65		75	65	71	76
19	74	76	75	71	20	44	45	45	42
	75	75	73	70		46	47	49	41
	76	75	71	76		45	45	42	45
	75	73	70	75		47	49	41	47
	75	71	76	75		45	42	45	45
	73	70	75	73		49	41	47	41

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Корректура И. А. Крестьянинова

Подписано в печать 27.06.2018 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60x84$^{1/16}$.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л. 2,9 Уч.-изд. л. 2,4. Тираж 100 экз. Заказ № 91

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.02.01 ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.02.02 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 6
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации**

**Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«Уральский государственный
горный университет»**

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Лабораторный практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета
«22» апреля 2019 г.

Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Лабораторный практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Ц 96

Рецензент: *А. Е. Пелевин*, доктор технических наук,
профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Лабораторный практикум рассмотрен и одобрен на заседании кафедры
«Обогащение полезных ископаемых» 17 апреля 2019 г. (протокол № 7)
и рекомендован для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю.

Ц 96 Теория разделения минералов: лабораторный практикум /Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 23 с.

Лабораторный практикум составлен в соответствии с учебной программой курса «Теория разделения минералов» и содержит элементы теории, постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений информационных методов обогащения и методик оценки обогатимости при их использовании.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю., 2019
© Уральский государственный
горный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ 4

Лабораторная работа№ 1. Экспериментальное получение сепарационной характеристики грохота 5

Лабораторная работа № 2. Экспериментальное получение фракционных характеристик угля и сепарационных характеристик отсадочной машины 8

Лабораторная работа № 3. Экспериментальное изучение изменения сепарационных характеристик магнитного сепаратора при изменении напряжённости магнитного поля 14

Лабораторная работа № 4. Экспериментальное определение сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора 18

Лабораторная работа № 5. Фракционирование руды на рентгенофлуоресцентном сепараторе с получением кривых разделения 21

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 23

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При оформлении лабораторных работ следует придерживаться рекомендуемой формы.

Каждая работа должна включать формулировку задачи, условия, для которых выполняются расчёты на основании экспериментально полученных данных, необходимые таблицы, графики, формулы, выводы.

К пояснительной записке, выполненной на листах формата А4, предъявляются следующие требования: наличие титульного листа, содержания, нумерации страниц, таблиц, рисунков, подрисуночных подписей, обозначения и расшифровки кривых на графиках, обозначения осей на графиках, размерностей по осям графиков, в таблицах и численных результатах, получаемых в ходе расчётов по формулам, списка использованных источников.

При построении графиков студент самостоятельно выбирает оптимальные масштабы по осям, вводя, при необходимости, логарифмические масштабы.

Каждая работа должна заканчиваться содержательными выводами, дающими прямой ответ на поставленный в работе вопрос.

Продолжительность лабораторных работ:

Лабораторная работа № 1	2 часа;
Лабораторная работа № 2	6 часов;
Лабораторная работа № 3	4 часа;
Лабораторная работа № 4	4 часа;
Лабораторная работа № 5	4 часа.

Получение сепарационной характеристики аппарата

При известных *w*-функциях исходного материала и одного из продуктов обогащения (концентрата или хвостов), а также известном выходе одного из продуктов обогащения или при одинаковой массе проб для фракционного анализа учётов выхода концентрата или выхода хвостов, сепарационную характеристику аппарата можно получить по формулам:

$$\varepsilon_{\text{К}}(\xi_i)=\gamma_{\text{К}}\frac{w_{\text{К}}(\xi_i)}{w_{\text{И}}(\xi_i)}=\gamma_{\text{К}}\frac{\gamma_{\text{К}i}}{\gamma_{\text{И}i}};\quad \varepsilon_{\text{Х}}(\xi_i)=\gamma_{\text{Х}}\frac{w_{\text{Х}}(\xi_i)}{w_{\text{И}}(\xi_i)}=\gamma_{\text{Х}}\frac{\gamma_{\text{Х}i}}{\gamma_{\text{И}i}},$$

или по массам фракций

$$\varepsilon_{К}(\xi_i)=\frac{m_{К}(\xi_i)}{m_{И}(\xi_i)};\quad \varepsilon_{Х}(\xi_i)=\frac{m_{Х}(\xi_i)}{m_{И}(\xi_i)}.$$

Отметим, что границы всех фракций должны быть одинаковыми в исходном, концентрате и хвостах.

По построенной сепарационной характеристике можно определить границу разделения и среднее вероятное отклонение *Epm*.

Граница разделения – это такое значение признака разделения, при котором соответствующие ему частицы с равной вероятностью могут перейти и в концентрат, и в хвосты. Границу разделения легко определить графически: это абсцисса точки пересечения сепарационной характеристики с горизонталью, проведённой через ординату 0,5 д. ед.

Среднее вероятное отклонение Epm указывает на степень несовершенства аппарата и вычисляется по формуле

$$Epm=\left|\xi_{0,75}-\xi_{0,25}\right|/2,$$

где $\xi_{0,75}$, $\xi_{0,25}$ – значение признака разделения, при которых вероятен переход в продукт 0,75 и 0,25 д. ед. частиц соответственно.

Уменьшение величины *Epm* говорит об увеличении крутизны сепарационной характеристики и стремлении вида сепарационной характеристики к идеальному – ступенчатому виду. Совершенствование аппарата направлено на повышение крутизны сепарационной характеристики. Крутизна может быть увеличена также при снижении нагрузки на аппарат.

Лабораторная работа№ 1.
Экспериментальное получение сепарационной характеристики грохота

Опытным путем получить сепарационную характеристику грохота, проанализировать ее особенности. Проанализировать, как влияет нагрузка на грохот на параметры сепарационной характеристики.

Элементы теории и ход выполнения

Для грохота признаком разделения является крупность частиц, граница разделения может быть изменена заменой сетки с разными размерами отверстий, а КПД грохота и вид его сепарационной характеристики зависят во многом от нагрузки на грохот. В данном

случае фракционный состав определяется гранулометрической характеристикой материала.

Для вычисления сепарационной характеристики грохота необходимо отобрать пробы подрешётного и надрешётного продуктов (в опыте пробами являются подрешётный и надрешётный продукты полностью) либо пробу исходного материала и одного из продуктов, например, надрешётного. Кроме того, в ходе эксперимента надо определить выходы продуктов разделения по соотношению их масс и массы исходного продукта. Отобранные пробы необходимо направить на ситовый анализ, который можно выполнить вручную или с применением ситового анализатора.

Рекомендуемые параметры опытов: масса исходной навески 5-10 кг, размер отверстий сита грохота 3 мм. Производительность грохота настраивается по указанию преподавателя. Рекомендуемые для ситового анализа размеры отверстий сит приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Определение сепарационной характеристики грохота при различных производительностях

Класс крупности, мм	**Подрешётный продукт**		**Надрешётный продукт**		**Исходный продукт**		**Сепарационные характеристики, д. ед.**	
	масса, кг	**выход, %**	**масса, кг**	**выход, %**	**масса, кг**	**выход, %**	**по надрешётному**	**по подрешётному**
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***
Опыт 1, Q_1, т/ч								
$-d_1+d_2$								
$-d_2+d_3$								
…								
$-d_n+0$								
Итого:	$M_П$	**100**	$M_Н$	**100**	$M_И$	**100**	**-**	**-**
Опыт 2, Q_2, т/ч								
…								
Итого:	$M_П$	**100**	$M_Н$	**100**	$M_И$	**100**	**-**	**-**
Опыт 3, Q_3, т/ч								
…								
Итого:	$M_П$	**100**	$M_Н$	**100**	$M_И$	**100**	**-**	**-**

Столбцы ***2-7*** заполняются по результатам эксперимента, а столбцы ***8-9*** рассчитываются по формулам

$$\varepsilon_{Н}(d_i) = [\gamma_{Н}(d_i)\ \gamma_{Н}^{И}] / \gamma_{И}(d_i), \qquad (1.1)$$

$$\varepsilon_{П}(d_i) = [\gamma_{н}(d_i)\ \gamma_{П}^{И}] / \gamma_{И}(d_i)$$

или

$$\varepsilon_{Н}(d_i) = M_{Нi} / [M_{Нi} + M_{Пi}] = M_{Нi} / M_{Иi} \qquad (1.2)$$

$$\varepsilon_{П}(d_i) = M_{Пi} / [M_{Нi} + M_{Пi}] = M_{Пi} / M_{Иi}$$

где d_i – среднее значение крупности i-го класса крупности; $\gamma_{П}(d_i)$, $\gamma_{Н}(d_i)$, $\gamma_{И}(d_i)$ – выходы i-го класса крупности соответственно подрешётного, надрешётного и исходного продуктов (определяют экспериментально по отобранным пробам подрешётного и надрешётного продуктов – столбцы ***3***, ***5***, таблица 1.1); $M_{Пi}$, $M_{Нi}$, $M_{Иi}$ – массы i-ых фракций соответственно в подрешётном, надрешётном и исходном продуктах; $\gamma_{Н}^{И}$, $\gamma_{П}^{И}$ – выходы надрешётного и подрешётного продуктов по отношению к исходному (определяются по результатам взвешивания исходного, надрешётного и подрешётного продуктов), д. ед., рассчитывается по формулам

$$\gamma_{Н}^{И} = (M_{Н} / M_{И})\ 100\ \%; \qquad \gamma_{П}^{И} = (M_{П} / M_{И})\ 100\ \%. \qquad (1.3)$$

В ходе экспериментов производительность грохота меняется (устанавливается) не менее трёх раз. Производительность грохота в каждом эксперименте рассчитывают по формуле, т/ч

$$Q_j = 3{,}6 \cdot M_j / t_j,$$

где M_j – масса навески в j-ом опыте, кг; t_j – время прохождения материала по просеивающей поверхности грохота, с.

По данным таблицы 1.1 следует построить сепарационные характеристики грохотов $\varepsilon_{П}(d)$ и $\varepsilon_{Н}(d)$ при различных производительностях грохота, проанализировать их вид, сравнить значения граничной крупности разделения и размера отверстий сита грохота и объяснить причину их несовпадения, отметить на графике зону, соответствующую «трудным» зёрнам.

Сопоставить сепарационные характеристики и их показатели при разной производительности между собой. Сделать вывод о влиянии производительности на сепарационную характеристику.

Лабораторная работа № 2.
Экспериментальное получение фракционных характеристик угля и сепарационных характеристик отсадочной машины

По полученным в ходе лабораторных опытов фракционным характеристикам продуктов определить достигнутые технологические показатели (выходы, зольности), фактические граничные плотности разделения в каждом отделении отсадочной машины. Построить кривые обогатимости для исходного угля и по ним для тех же зольностей концентрата и породы, что и при реальном разделении на отсадочной машине, определить выходы продуктов. Объяснить различия в прогнозе и эксперименте, построить сепарационные характеристики. Зольность фракций принять по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Зольность фракций для различных вариантов задания, %

Граничные значения плотности фракций, кг/м^3	**Первая цифра варианта**									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**0**
1200-1300	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	3,3	5,9
1300-1400	11,7	12,0	13,6	14,8	10,3	11,1	12,8	15,7	14,2	13,5
1400-1500	21,0	22,0	23,0	34,0	25,0	20,0	22,5	23,5	24,5	31,5
1500-1600	35,0	46,0	37,0	48,0	39,0	45,5	36,5	47,5	38,5	39,5
1600-1700	57,0	66,0	55,0	54,0	53,0	52,0	61,0	60,0	58,0	59,0
1700-3000	75,0	86,0	78,0	79,0	80,0	81,0	90,0	83,0	84,0	80,0

Элементы теории и ход выполнения

Работа может быть разбита на два этапа: первый – лабораторные эксперименты на отсадочной машине и фракционный анализ продуктов, второй – аналитический, включающий расчет характеристик, сопоставление возможных показателей обогащения данного сырья на идеальном сепараторе с реальными показателями, полученными в ходе работы на отсадочной машине, объяснения результатов, исходя из анализа сепарационных характеристик.

Эксперименты на поршневой отсадочной машине проводятся при установленных преподавателем положениях разгрузочных шиберов. Лабораторные условия проведения экспериментов позволяют избежать ряда погрешностей, связанных с опробованием и анализом

пробы, а не всего продукта.

Все конечные продукты отсадки (концентрат, промпродукт, порода) необходимо проанализировать, по ним будет сформирована (рассчитана) фракционная характеристика исходного угля. Благодаря такому приёму, исключающему невязки в расчётах, будут более точно построены и сепарационные характеристики.

В промышленных условиях продукты могут быть представлены лишь пробами (частью продуктов), что не позволит получить такие же точные результаты. Пример расчёта фракционных характеристик приведён в таблице 2.2.

Напомним принципиальную схему разделения в отсадочной машине, это прояснит в дальнейшем особенности расчёта сепарационных характеристик по отдельным продуктам (рисунок 2.1).

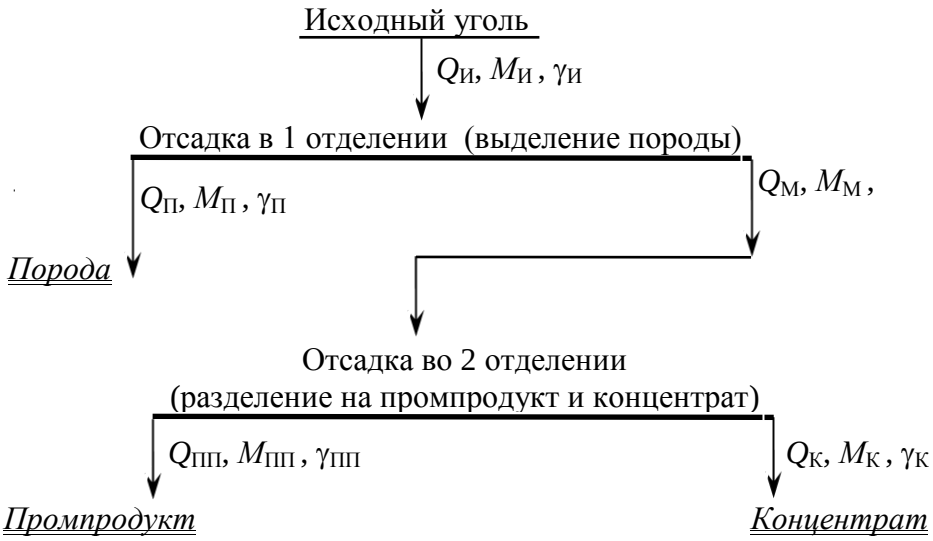


Рисунок 2.1 – Схема обогащения угля в отсадочной машине

Исходными данными являются столбцы ***2***, ***4***, ***8***. Остальные рассчитаны по алгоритмам (***6***)=(***2***)+(***4***), (***10***)=(***2***)+(***4***)+(***8***) или (***10***)=(***6***)+(***8***). Отметим использованное здесь и широко применяемое в практических расчётах предположение о постоянстве α-функции для исходного угля и всех полученных продуктов разделения. В данном случае $A^d(\rho)$ едина для одинаковых фракций всех продуктов.

Таблица 2.2 – Пример расчёта фракционных характеристик конечных продуктов и исходного угля

Фракции, кг/м^3	Концентрат		Промпродукт		Питание 2-го отделения отсадочной машины		Порода		Исходный уголь		
	$M_К$, кг	$\gamma_К$, %	$M_{ПП}$, кг	$\gamma_{ПП}$, %	$M_М$, кг	$\gamma_М$, %	$M_П$, кг	$\gamma_П$, %	$M_И$, кг	$\gamma_И$, %	A^d,%
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
1200-1300	36	72	0	0	36	51,4	0	0	36	32,7	**5**
1300-1400	7	14	0	0	7	10	0	0	7	6,4	**10**
1400-1500	5	10	3	15	8	11,4	0	0	8	7,3	**20**
1500-1600	1	2	10	50	11	15,7	0	0	11	10,0	**30**
1600-1700	1	2	5	25	6	8,6	5	12,5	11	10,0	**50**
1700-3000	0	0	2	10	2	2,9	35	87,5	37	33,6	**80**
Итого:	**50**	**100**	**20**	**100**	**70**	**100**	**40**	**100**	**110**	**100**	**38,62**

Проведя опыт на отсадочной машине (20-30 кг угля), получим три продукта, каждый подвергнем фракционному анализу, рассчитаем фракционные характеристики каждого конечного продукта, а по ним – и исходного угля (таблица 2.2). Определим выходы фракций, %:

$$\gamma_i = (M_i/M) \cdot 100; \quad (2.1)$$

где γ_i – выход i-й фракции, %; M_i, M – массы соответственно i-й фракции продукта и продукта в целом, кг.

По данным таблицы 2.2 составим таблицу 2.3, где приведём реальные показатели, полученные в ходе лабораторного эксперимента. Выход продуктов найдём по формулам (например, для концентрата), %:

$$\gamma_К=(M_К/M)\cdot 100\ \%, \quad (2.2)$$

где $M_К$, M – соответственно массы концентрата и исходного угля.

Таблица 2.3 – Результаты разделения угля на отсадочной машине

Продукт	Масса, кг	Выход, %	Зольность, %
Концентрат	50	45,46	8,60
Промпродукт	20	18,18	38,50
Итого:	**70**	**63,64**	**17,14**
Порода	40	36,36	76,25
Исходный уголь	**110**	**100,00**	**38,62**

Зольность по продуктам рассчитана как средневзвешенное значение зольностей фракций, %:

$$A^d = \sum_{i=1}^{n}\left(\gamma_j A_i^d\right) \Big/ \sum_{i=1}^{n}\gamma_i, \quad (2.3)$$

где i – индекс i-ой фракции.

Так, для концентрата

$$A^d_К = \frac{72\cdot 5+14\cdot 10+10\cdot 20+2\cdot 30+2\cdot 50+0\cdot 80}{72+14+10+2+2+0} = \frac{860}{100} = 8{,}60\ \%.$$

Для остальных продуктов зольность определяют аналогично.

Таким образом, при реальном разделении получены следующие показатели: для концентрата: выход – 45,46 %, зольность – 8,60 %; для промпродукта: выход – 18,18 %; зольность – 38,50 %; для породы: выход – 36,36 %; зольность – 76,25 %.

Чтобы оценить, насколько хорошо проведено обогащение в

конкретном опыте на конкретном аппарате при конкретных настройках, надо сопоставить эти показатели с теми, какие можно получить в пределе гравитационным методом, обогащая данный уголь данной крупности (т. е. без дополнительного раскрытия). Для этого требуется построить кривые обогатимости. Перед построением кривых рассчитаем их в таблице 2.4 для исходного угля, используя столбцы ***11***, ***12*** (таблица 2.2).

Таблица 2.4 – Расчёт кривых обогатимости

Фракция, кг/м^3	**Элементарные фракции, %**		**Всплывшие (концентрат), %**		**Потонувшие (хвосты), %**	
	выход	**зольность**	**выход**	**зольность**	**выход**	**зольность**
<1300	32,7	5	32,7	5	100,0	**38,62**
1300-1400	6,4	10	39,1	5,8	67,3	54,9
1400-1500	7,3	20	46,4	8,0	60,9	59,7
1500-1600	10,0	30	56,4	11,9	53,6	65,1
1600-1700	10,0	50	66,4	17,7	43,6	73,1
>1700	33,6	80	100,0	**38,62**	33,6	80,0
Итого:	**100,0**	**38,62**	-	-	-	-

Кривые обогатимости строятся по известным методикам по результатам таблицы 2.4. Далее сравним результаты опыта на отсадочной машине с идеальными, полученными по кривым обогатимости. По кривым для тех же зольностей $A^d_К$=12,3 %, $A^d_П$=76,25 % можно определить плотности разделения, $\gamma_К$, $\gamma_П$, а затем рассчитать $\gamma_{ПП}$ и $A^d_{ПП}$, используя уравнения баланса:

$$\gamma_К + \gamma_П + \gamma_{ПП} = 100; \qquad (2.4)$$

$$\gamma_К \cdot A^d_К + \gamma_П \cdot A^d_П + \gamma_{ПП} \cdot A^d_{ПП} = A^d_И \cdot 100 \ , \qquad (2.5)$$

где неизвестны в двух уравнениях $\gamma_{ПП}$, $A^d_{ПП}$.

Сепарационные характеристики – это зависимости извлечения фракций в продукты от среднего значения признака разделения во фракциях, их можно определить по однотипным формулам, %:

$$\varepsilon_К(\rho_i) = \frac{M_К(\rho_i)}{M_И(\rho_i)} \cdot 100;$$

$$\varepsilon_П(\rho_i) = \frac{M_П(\rho_i)}{M_И(\rho_i)} \cdot 100; \qquad (2.6)$$

$$\varepsilon_{ПП}(\rho_i) = \frac{M_{ПП}(\rho_i)}{M_И(\rho_i)} \cdot 100.$$

Поскольку сепарационные характеристики связаны балансовыми соотношениями, для конечных продуктов схемы (рисунок 2.1) можно записать, %:

$$\varepsilon_К(\rho_i) + \varepsilon_П(\rho_i) + \varepsilon_{ПП}(\rho_i) = 100 \qquad (2.7)$$

или для операций

$$\varepsilon_К(\rho_i) + \varepsilon_{ПП}(\rho_i) = \varepsilon_М(\rho_i); \qquad (2.8)$$

$$\varepsilon_М(\rho_i) + \varepsilon_П(\rho_i) = 100. \qquad (2.9)$$

Вычислив сепарационные характеристики по каналам концентрата $\varepsilon_К(\rho)$ и породы $\varepsilon_П(\rho)$, по балансу можно определить оставшиеся $\varepsilon_{ПП}(\rho)$, $\varepsilon_М(\rho)$. Если сепарационную характеристику по промпродукту относить к исходному, то она будет иметь колоколообразный вид, если же её отнести к питанию операции (т. е. к питанию 2-го отделения отсадочной машины), она примет привычный вид. Составим таблицу 2.5 для расчёта сепарационной характеристики.

Таблица 2.5 – Расчёт сепарационных характеристик для схемы (рисунок 2.1), %

Фракция, кг/м^3		**К исходному**				**К питанию 2-го отделения отсадочной машины**	
интервал	**среднее значение**	$\varepsilon_К(\rho)$	$\varepsilon_П(\rho)$	$\varepsilon_{ПП}(\rho)$	$\varepsilon_{Мс}(\rho)$	$\varepsilon_К^М(\rho)$	$\varepsilon_{ПП}^М(\rho)$
1200-1300	1250	100,0	0	0	100,00	100,0	0
1300-1400	1350	100,0	0	0	100,00	100,0	0
1400-1500	1450	62,5	0	37,50	100,00	62,5	37,5
1500-1600	1550	9,1	0	90,90	100,00	9,1	90,9
1600-1700	1650	9,1	45,45	45,45	54,55	16,7	83,3
1700-3000	2350	0	94,60	5,40	5,41	0	100,0

По результатам расчётов не составляет труда построить графики сепарационных характеристик, на одном рисунке по отношению к исходному, на другом – по отношению к питанию 2-го отделения отсадочной машины.

Анализируя результаты расчётов, можно объяснить более высокие технологические показатели, полученные по кривым обогатимости, где предполагается использование идеального сепаратора, чем на реальной отсадочной машине. В частности, в данном опыте можно прийти к выводу, что неэффективно выполнен второй приём разделения с получением концентрата и промпродукта.

Лабораторная работа № 3.
Экспериментальное изучение изменения сепарационных характеристик магнитного сепаратора при изменении напряжённости магнитного поля

Рассчитать и построить фракционные характеристики продуктов и сепарационную характеристику магнитного сепаратора с электромагнитной системой. Проанализировать, как влияет на вид сепарационной характеристики (на границу и величину Ерт) изменение производительности и напряжённости магнитного поля в зоне разделения.

Элементы теории и ход выполнения

Фракционные и сепарационные характеристики – функции признака разделения. Однако не всегда разделение на фракции можно провести непосредственно по граничному значению признака. Зачастую его нельзя с достаточной точностью измерить и настроить. В таких случаях используют некий регулируемый параметр сепаратора, коррелированный с признаком разделения. Поскольку для прогноза и анализа нет необходимости осуществлять перевод значения регулировочного параметра в значение признака разделения, да и не всегда это возможно, формально регулировочный параметр отождествляют с признаком разделения. Тогда фракционные и сепарационные характеристики становятся функциями регулировочного параметра. Однако надо всегда помнить, каков истинный признак разделения, как и почему он связан с регулировочным параметром. Таким примером является магнитная восприимчивость вещества, которую трудно измерить.

Чтобы изменить границу разделения магнитного сепаратора, нужно изменить напряжённость магнитного поля в зоне сепарации. Это достигается перемещением зоны разделения относительно магнитной системы, либо (при электромагнитной системе) изменением тока, протекающего через катушку. В последнем случае регулировочным параметром, связанным с граничным значением признака разделения – удельной магнитной восприимчивостью является сила тока, протекающего через катушку электромагнитной системы магнитного сепаратора.

Проведение работы основано ещё на одном предположении. Считается, что при очень малой производительности сепаратора,

(это достигается за счёт снижения скорости подачи материала), можно избежать взаимных соударений частиц, т. е. провести разделение в свободных условиях. Таким образом, удаётся работу аппарата перевести в режим идеального сепаратора со ступенчатой сепарационной характеристикой. Сепаратор из обогатительного аппарата превращается в анализатор, с помощью которого можно разделить материал на фракции. В данной работе один и тот же сепаратор используется и как обогатительный аппарат, и как анализатор.

Режим обогащения соответствует производительности, близкой к номинальной в пределах технической характеристики сепаратора. В таком режиме его сепарационная характеристика отличается от ступенчатой, причём, чем выше производительность, тем сильнее отличия.

Одной из задач данной работы является установление влияния производительности аппарата на вид сепарационной характеристики. Для этого ставятся два опыта с одной и той же рудой при одинаковых настройках магнитного сепаратора с электромагнитной системой (производительность и силу тока указывает преподаватель в ходе выполнения работы). Навески для отдельных опытов получают после перемешивания сокращением на желобчатом делителе единой пробы руды. Полученные магнитный и немагнитный продукт взвешиваются. Затем каждый продукт анализируется на том же сепараторе, но при минимальной производительности.

Часто масса полученного продукта слишком велика для анализа. Поэтому от продукта принято отбирать пробу (то есть часть материала) и на них выполнять фракционирование. Тогда при расчёте сепарационных характеристик массы фракций в пробах продуктов необходимо пересчитать на массы этих фракций в самих продуктах.

В работе рассмотрены оба варианта расчёта.

Каждая из проб при последовательном изменении (увеличении) силы тока фракционируется, предпочтительным является повторное разделение немагнитного продукта с постоянным увеличением силы тока, т. е. в готовые фракции выделять магнитные продукты фракционирования.

Если поставить ещё один опыт, не меняя производительность, изменив лишь силу тока, протекающего через катушку магнитного сепаратора, можно добиться перемещения границы разделения. Методика этого опыта совершенно такая же.

В таблице 3.1 приведён пример записи результатов опытов по

обогащению одной и той же руды при различных режимах по силе тока и производительности.

Таблица 3.1 – Пример результатов обогащения одной и той же руды при различных настройках магнитного сепаратора

Продукт	I_1=1 А	I_2=3 А	I_3=5 А
	масса, г	масса, г	масса, г
магнитный	420,5	446,5	618,0
немагнитный	579,5	553,5	382,0
исходный	1000,0	1000,0	1000,0

В таблице 3.2 приведены результаты фракционирования продуктов для опыта I_3=5 А и расчёт сепарационной характеристики, полученных условий этого опыта.

Таблица 3.2 – Пример расчёта сепарационной характеристики сепаратора (по результатам анализа в режиме идеального сепаратора)

Фракция, ΔI, А		Условия опыта: I_3=5 А				
		Масса продукта, г			Извлечение, д. ед.	
		М (магнитного)	Н (немагнитного)	И (исходного)	$\varepsilon_М(I_i)$	$\varepsilon_Н(I_i)$
<0,05 (м. фр.)	m_i	5,88	0,00	3,64	1,0000	0,0000
	M_i	18,2	0,00	18,20		
0,05-0,1 (м. фр.)	m_i	23,53	0,00	14,54	1,0000	0,0000
	M_i	72,70	0,00	72,7		
0,1-0,2 (м. фр.)	m_i	28,43	1,60	18,18	0,9663	0,0337
	M_i	87,84	3,06	90,90		
0,2-0,5 (м. фр.)	m_i	41,18	4,80	27,28	0,9328	0,0672
	M_i	127,23	9,17	136,40		
0,5-1 (м. фр.)	m_i	52,41	10,40	36,36	0,8908	0,1092
	M_i	161,94	19,86	181,8		
1-2 (м. фр.)	m_i	34,38	15,80	27,28	0,7787	0,2213
	M_i	106,22	30,18	136,40		
2-5 (м. фр.)	m_i	10,62	78,00	36,36	0,1805	0,8195
	M_i	32,82	148,98	181,8		
>5 (5-10) (нм. фр.)	m_i	3,57	89,40	36,36	0,0608	0,9392
	M_i	11,05	170,75	181,80		
Итого:	$\boldsymbol{m}$	**200,00**	**200,00**	**200,00**	–	–
	$\boldsymbol{M}$	**618,00**	**382,00**	**1000,0**		

В таблице 3.2 приняты следующие условные обозначения:
м. фр., – магнитная фракция, нм. фр., – немагнитная фракция;

M_i – масса i-й фракции в продукте, от которого отобрана проба в исходном материале;

m_i – масса i-ой фракции в пробе, отобранной от продукта;

M – масса продукта, от которого отобрана проба;

m – масса пробы от продукта;

$M_j = m_j / (m/M)$.

Сепарационные характеристики могут быть рассчитаны по фракциям по формулам:

$$\varepsilon_{\text{М}}(I_i) = \frac{M_{\text{М}}(I_i)}{M_{\text{М}}(I_i) + M_{\text{Н}}(I_i)} = \frac{M_{\text{М}}(I_i)}{M_{\text{И}}(I_i)}$$

или

$$\varepsilon_{\text{Н}}(I_i) = \frac{M_{\text{Н}}(I_i)}{M_{\text{М}}(I_i) + M_{\text{Н}}(I_i)} = \frac{M_{\text{Н}}(I_i)}{M_{\text{И}}(I_i)}, \qquad (3.1)$$

где $M_{\text{М}}(I_i)$, $M_{\text{Н}}(I_i)$, $M_{\text{И}}(I_i)$ – массы i-ой фракции, соответственно, в пробах магнитного, немагнитного и исходного продуктов (отнесенные к пробе).

На рисунке 3.1 построены сепарационные характеристики аппарата и на примере одной из них даны пояснения по определению границы разделения и величины *Epm*, определяющей качество (крутизну) сепарационной характеристики.

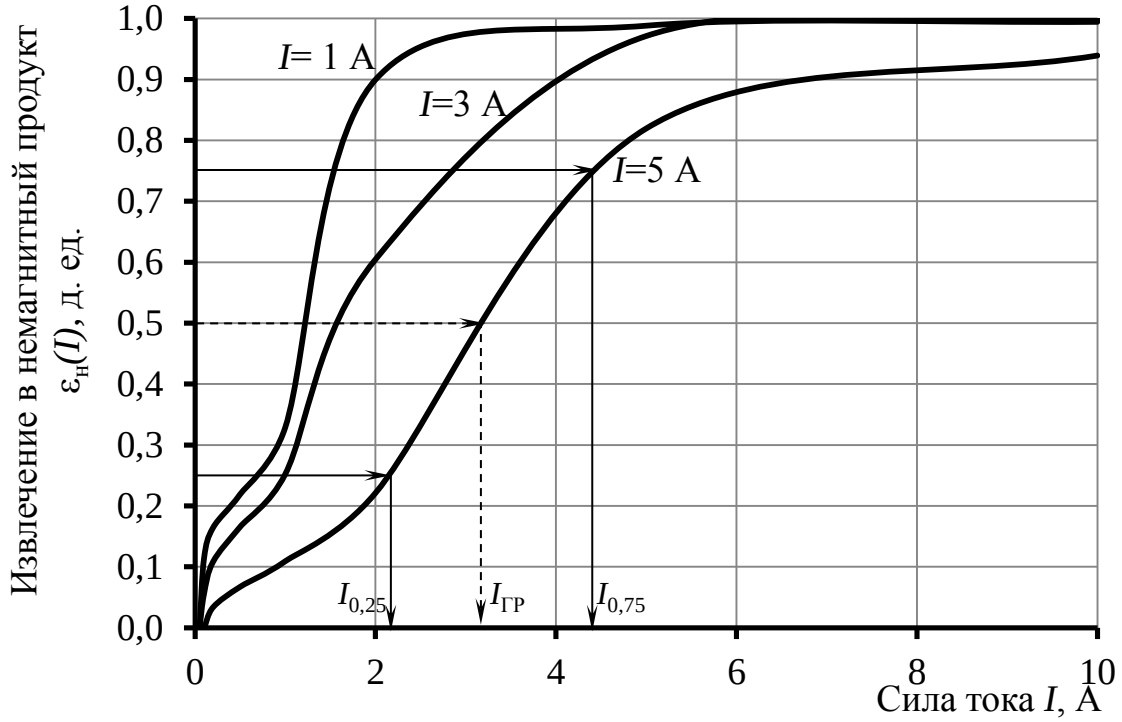


Рисунок 3.1 – Сепарационные характеристики магнитного сепаратора при разных режимах

Следует напомнить, что *Epm* (среднее вероятное отклонение) можно найти по формуле:

$$Epm = \left| I_{0,75} - I_{0,25} \right| / 2, \qquad (3.2)$$

где $I_{0,75}$, $I_{0,25}$ – значения силы тока, при которых вероятен переход в продукт 0,75 и 0,25 д. ед. частиц.

Для сопоставления *Epm* целесообразно перевести в относительные значения:

$$Epm^{\text{ОТН}} = Epm / I_{\text{ГР}}, \qquad (3.3)$$

где $I_{\text{ГР}}$ – граничное значение силы тока

Граница по характеристике (фактически полученная) может не совпадать с границей настройки.

Получив значения *Epm*, $I_{\text{ГР}}$ для различных режимов сепарации, необходимо сделать соответствующие выводы.

Фракционные характеристики исходного, а также полученных магнитных и немагнитных продуктов построить самостоятельно по аналогии с предыдущей работой, для этого нужно воспользоваться столбцами выходов таблицы 3.2, разделив каждое фракционное значение выхода на ширину интервала признака разделения. В итоге получаются значения плотности распределения вероятности материала по фракциям $w(I)$. Исходные характеристики представить в виде гистограмм или сглаженных кривых (полигонов).

Сопоставив вид фракционных характеристик между собой, сделать вывод о преобладании тех или иных фракций в продуктах.

Лабораторная работа № 4.
Экспериментальное определение сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора

Экспериментально получить сепарационную характеристику лабораторного рентгенорадиометрического сепаратора СРФ-100Л.

Элементы теории и ход выполнения

Сепарационная характеристика аппарата позволяет судить о потенциальном качестве разделения сырья на данном аппарате. Сепарационная характеристика – это зависимость извлечения фракции в продукт разделения от среднего значения признака разделения фракций.

Сепарационные характеристики аппаратов, разделяющих по информационным признакам, имеют особенности, связанные с вероятностным характером прохождения разделяемых частиц через зону измерения. Это особо проявляется в сепараторах с односторонним «осмотром». К такому виду сепараторов относятся рентгенорадиометрические (рентгенофлуоресцентные) сепараторы.

Поскольку однократного измерения значения аналитического параметра при вероятностном характере прохождения для толкования его как признака разделения недостаточно, в дальнейшем будем полагать признаком разделения куска среднее значение аналитического параметра, определённое по нескольким измерениям при динамических (или статических с последующим переходом к динамическим) условиях. Поэтому первым этапом данной работы должно быть экспериментальное разделение пробы на сепараторе, вторым – измерение признака разделения кусков полученных продуктов (концентрата и хвостов), третьим – расчёт сепарационной характеристики.

Работа выполняется в следующем порядке:

1. Произвести отбор пробы руды (100 кусков) крупностью -100+50 или -50+25 мм. Все куски пронумеровать и взвесить.

2. Выбрать формулу аналитического параметра на основе анализа рентгеновских спектров богатых и бедных кусков пробы.

3. Пропустить общую пробу через рентгенорадиометрический сепаратор, настроенный на высокую производительность, установив рекомендованные преподавателем значения границы разделения. Опыты провести с получением концентрата и хвостов (в режиме удаления богатых кусков).

4. С каждого куска концентрата и хвостов снять пять значений аналитического параметра или в статическом, или в динамическом режиме, рассчитать среднее значение.

5. Заполнить таблицу 4.1, располагая куски концентрата в порядке возрастания среднего значения аналитического параметра.

В эту же таблицу занести результаты их взвешивания и расчётов значений аналитического параметра. Аналогично провести измерения для хвостов.

6. Определить усреднённые минимальное и максимальное значения аналитического параметра среди всех кусков обоих продуктов. Разбить данный диапазон на 10 интервалов с девятью промежуточными границами (ширина интервалов может быть различной). Границы фракций по концентрату и по хвостам должны быть одинаковыми.

Число фракций может быть изменено преподавателем.

Таблица 4.1 – Реестр кусков концентрата и хвостов

Номер куска	**Масса куска, кг**	**Значение аналитического параметра в отдельном измерении**					**Среднее значение аналитического параметра**
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	
Концентрат							
…	…	…	…	…	…		…
…	…	…	…	…	…		…
Хвосты							
…	…	…	…	…	…		…
…	…	…	…	…	…		…

7. Все обмеренные куски обоих продуктов распределить по десяти введённым фракциям. При малом количестве кусков в отдельных фракциях их можно объединять с соседними, расширяя границы, тогда число фракций уменьшится. Результаты занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Расчёт сепарационной характеристики

Номер фракции	1	2	3	…	9	10
Границы фракции, отн. ед.						
Среднее значение аналитического параметра во фракции $P_{i\text{ср}}$, отн. ед.						
Масса фракций концентрата, кг						
Масса фракций хвостов, кг						
Масса фракций исходной руды, кг						
Вероятность перехода в концентрат i-й фракции, $E_{\text{к}i}$, %						

8. Для исходной пробы найти суммарные массы фракций и массу самой исходной пробы по формулам:

$$M_{\text{исх фр }i} = M_{\text{К фр }i} + M_{\text{Х фр }i}; \quad (4.1)$$

$$M_{\text{исх}} = \Sigma\, M_{\text{исх фр }i}\,, \quad (4.2)$$

где i – порядковый номер фракции.

9. Определить выход концентрата, %:

$$\gamma_{\text{К}} = 100 \cdot M_{\text{К}} / M_{\text{исх}}. \quad (4.3)$$

10. Для каждой i-й фракции рассчитать вероятность перехода частиц в концентрат, %:

$$E_{\text{К}i} = 100 \cdot M_{\text{К фр }i} / M_{\text{исх фр }i} \quad (4.4)$$

и занести их в таблицу расчёта сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора.

11. Построить сепарационную характеристику $E_K=f(P_{icp})$ по точкам E_{Ki} и P_{icp}, где P_{icp} – среднее значение аналитического параметра для i-й фракции, которое находят по максимальному и минимальному значениям аналитического параметра фракции (по границам фракции) $P_{icp} = (P_{imax} + P_{imin})/2$.

12. Определить по построенной характеристике границу разделения и величину среднего вероятного отклонения *Epm*. Из анализа сепарационной характеристики определить границы зоны нечувствительности.

13. В отчёте привести результаты расчётов и график сепарационной характеристики. Сделать выводы о виде полученной сепарационной характеристики. Сопоставить настроенную перед разделением и фактически полученную границу разделения.

Лабораторная работа № 5. Фракционирование руды на рентгенофлуоресцентном сепараторе с получением кривых разделения

Освоить методику фракционирования руды на лабораторном рентгенофлуоресцентном сепараторе СРФ-100Л, рассчитать и построить кривые разделения.

Элементы теории и ход выполнения

По результатам испытаний обогатимости руды на сепараторе можно осуществить прогноз потенциальных технологических показателей. Поскольку по однократно проведённому опыту невозможно правильно выбрать граничное значение признака разделения, целесообразно поставить несколько опытов с изменением границы разделения и разделением исходной пробы на фракции, например, с увеличением граничного значения признака при условии прямой связи между признаком и массовой долей компонента (схема приведена на рисунке 5.1).

1. Разделению предшествует определение по описанным ранее методикам формулы аналитического параметра, подходящего для данного вида сырья, и выбор вариантов граничных значений. Они могут корректироваться после проведения отдельных опытов.

2. Далее устанавливается первое значение границы разделения на компьютере сепаратора и проводится опыт с выделением наиболее

богатой фракции (обычно того продукта, предполагаемый выход которого меньше). Выделенная первая фракция выводится из процесса. Дальнейшие опыты проводятся с оставшимися продуктами. Так выделяется нужное число продуктов.

3. Каждый выделенный продукт взвешивают, дробят, сокращают, истирают и доводят до навески анализа. Массовая доля определяется химическим или рентгеноспектральным методом.

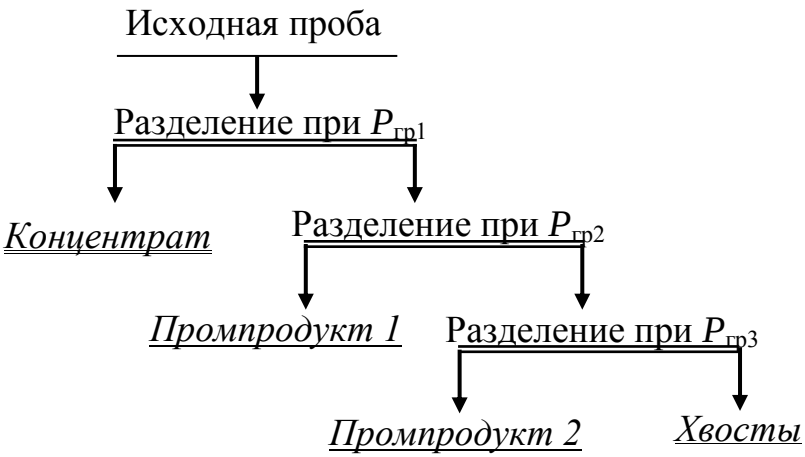


Рисунок 5.1 – Схема разделения исходной пробы на продукты (фракции)

4. В таблицу 5.1 вносят массы продуктов и массовые доли компонента в них, затем выполняют необходимые расчёты.

Таблица 5.1 – Результаты разделения пробы на несколько продуктов (фракций)

Граничное значение аналитического параметра	**Продукт (фракция)**	**Элементарные продукты**			**Суммарный концентрат**		**Суммарные хвосты**	
		масса, кг	**выход, %**	**массовая доля, %**	**выход, %**	**массовая доля, %**	**выход, %**	**массовая доля, %**
$P_{гр1}$	Концентрат						100	α
$P_{гр2}$	Промпродукт 1							
$P_{гр3}$	Промпродукт 2							
…	…							
$P_{грn}$	Хвосты				100	α		
	Итого	Σm_i	100	α	–	–	–	–

5. Анализируя технологические показатели разделения, определить, к каким продуктам (концентрату или хвостам) следует отнести промпродуктовые фракции. Если массовая доля компонентов в промпродуктах значительно отличается от массовой доли компонента в

концентрате или хвостах, его не следует присоединять ни к одному из них.

6. В отчёте необходимо привести схему разделения, таблицу результатов и построить кривые разделения $\gamma_К=(P_{гр})$; $\gamma_Х=(P_{гр})$; $\beta=(P_{гр})$; $\vartheta=(P_{гр})$; $\varepsilon_К=(P_{гр})$; $\varepsilon_Х=(P_{гр})$, далее следует сделать выводы о возможности разделения данного сырья рентгенофлуоресцентным методом с целью получения богатого концентрата или бедных хвостов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Тихонов О. Н.* Теория разделения минералов / О. Н. Тихонов. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПБ, 2008. – 514 с.
2. *Цыпин Е. Ф.* Моделирование обогатительных процессов и схем: учебник / Е. Ф. Цыпин, [и др.] – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1996. – 368 с.

Учебное издание

Евгений Федорович Цыпин

Татьяна Юрьевна Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Лабораторный практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор *И. А. Крестьянинова*

Компьютерная вёрстка: *Т. Ю. Овчинниковой*

Подписано в печать 23.05.2019 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 $^{1/16}$
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,44. Уч.-изд. л. 0,725. Тираж 100 экз. Заказ №39

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный
горный университет»**

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета
«22» апреля 2019 г.

Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Ц 96

Рецензент: *А. Е. Пелевин*, доктор технических наук,
профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Практикум рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 17 апреля 2019 г. (протокол № 7)
и рекомендован для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю.

Ц 96 Теория разделения минералов: практикум /Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 27 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой курса «Теория разделения минералов» и содержит элементы теории, примеры решения задач и варианты заданий для самостоятельной работы. Решение задач способствует освоению навыков расчёта и прогноза технологических показателей разделения по результатам фракционного анализа, расчёта и построения сепарационных характеристик аппаратов и схем, а также навыков составления принципиальных и оптимальных схем разделения.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю., 2019
© Уральский государственный
горный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ 4
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ 9
Задача № 1. Получение, расчёт и построение кривых обогатимости ... 9
Задача № 2. Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении 12
Задача № 3. Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата 14
Задача № 4. Расчёт и построение сепарационной характеристики аппарата по известным фракционным характеристикам продуктов... 15
Задача № 5. Сепарационная характеристика схемы 16
Задача № 6. Расчёт технологических показателей и построение схемы разделения для заданного двумерного фракционного состава 18
Задача № 7. Построение варианта оптимальной принципиальной схемы обогащения руды для заданного двумерного фракционного состава 20
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ 22

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ

Определения основных технологических показателей разделения даны на примере операции разделения с двумя получаемыми продуктами (рисунок 1).

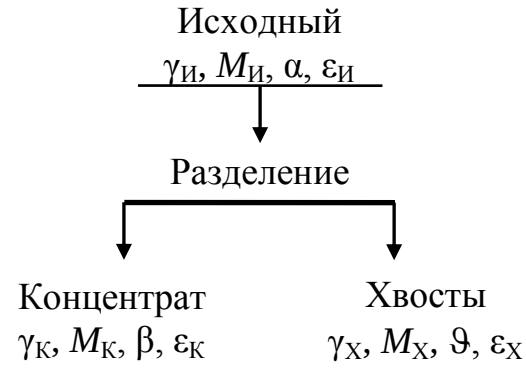


Рисунок 1 – К определению основных технологических показателей разделения

При разделении материала по ценному компоненту принято считать концентратами продукты, с большей массовой долей полезного компонента, а хвостами – с меньшей. В том случае, если оценка показателей обогащения ведётся по массовой доле вредной примеси, то концентратами считают продукты, с меньшим содержанием вредных примесей, а хвостами – с большей. Примером может служить обогащение углей, где малое содержание вредной примеси – золы, а, следовательно, и зольность продуктов меньше для концентратов и больше для хвостов.

Выход продукта **(γ)** – это отношение массы полученного продукта (концентрата – $M_К$ или хвостов – $M_Х$) к массе переработанного материала ($M_И$), выраженное в долях единицы или в процентах:

$$\gamma_к = \frac{M_К}{M_И}, \quad \text{д. ед.} \qquad \gamma_к = \frac{M_К}{M_И} \cdot 100\,\%; \tag{1}$$

$$\gamma_х = \frac{M_Х}{M_И}, \quad \text{д. ед.} \qquad \gamma_х = \frac{M_Х}{M_И} \cdot 100\,\%. \tag{2}$$

При фракционировании продуктов необходимо определять выход i-й фракции:

$$\gamma_i = m_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} m_i, \quad \text{д. ед.} \qquad \gamma_к = \left(m_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} m_i \right) \cdot 100\,\%; \tag{3}$$

где m_i – масса i-й фракции, всего фракций n.

Извлечение компонента в продукт **(ε)** – это отношение массы компонента в продукте к массе компонента в переработанном материале, выраженное в долях единицы или в процентах:

$$\varepsilon_к = \frac{M_К \cdot \beta}{M_И \cdot \alpha}, \quad \text{д. ед.} \qquad \varepsilon_к = \frac{M_К \cdot \beta}{M_И \cdot \alpha} \cdot 100\,\%; \tag{4}$$

$$\varepsilon_х = \frac{M_Х \cdot \vartheta}{M_И \cdot \alpha}, \quad \text{д. ед.} \qquad \varepsilon_х = \frac{M_Х \cdot \vartheta}{M_И \cdot \alpha} \cdot 100\,\%. \tag{5}$$

Уравнения баланса, вытекающие из закона сохранения массы, могут записываться для масс, выходов, количества компонента или извлечений:

$$\begin{gathered} M_К + M_Х = M_И; \\ \gamma_К + \gamma_Х = \gamma_И; \\ \gamma_К \cdot \beta + \gamma_Х \cdot \vartheta = \gamma_И \cdot \alpha; \\ \varepsilon_К + \varepsilon_Х = \varepsilon_И. \end{gathered} \tag{6}$$

Для обособленной операции или схемы в целом $\gamma_И$=1 д. ед. или 100 %; $\varepsilon_И$=1 д. ед. или 100 %.

Для операции, являющейся частью схемы, различают выходы продуктов и извлечения компонентов в продукты в двух вариантах: первый – по отношению к питанию данной операции, тогда $\gamma_И$ и $\varepsilon_И$ равны 1 (рисунок 2); второй – по отношению к питанию схемы (сквозные), тогда $\gamma^{и}_{И_j}$ и $\varepsilon^{и}_{И_j}$ могут быть не равны 1.

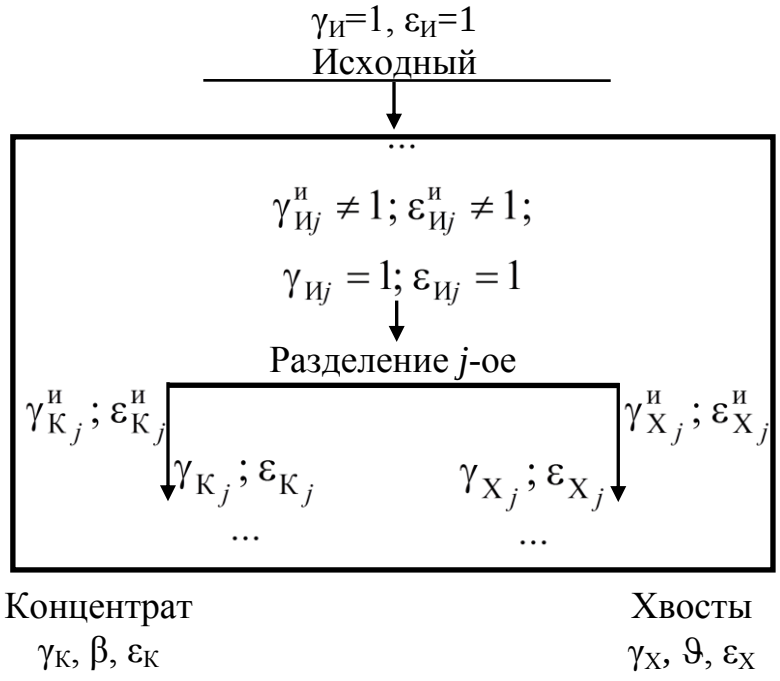


Рисунок 2 – К объяснению различий выхода и извлечения по отношению к питанию схемы и к питанию операции

Для схемы на рисунке 2 справедливы соотношения:

$$\gamma^{\text{и}}_{\text{К}j} = \gamma_{\text{К}j} \cdot \gamma^{\text{и}}_{\text{И}j}; \qquad \varepsilon^{\text{и}}_{\text{К}j} = \varepsilon_{\text{К}j} \cdot \varepsilon^{\text{и}}_{\text{И}j},$$

где $\gamma_{\text{К}j}$, $\varepsilon_{\text{К}j}$ – соответственно частные выход концентрата по отношению к питанию *j*-ой операции и извлечение компонента в концентрат по отношению к питанию *j*-й операции; $\gamma^{\text{и}}_{\text{И}j}, \varepsilon^{\text{и}}_{\text{И}j}$ – соответственно выход и извлечение для питания в *j*-й операции по отношению к питанию схемы; $\gamma^{\text{и}}_{\text{К}j}, \varepsilon^{\text{и}}_{\text{К}j}$ – соответственно выход и извлечение для концентрата по отношению к питанию схемы.

Для хвостов формулы аналогичны.

Фракция – это совокупность частиц, находящихся внутри максимального и минимального значений границ фракции. Частицы одной фракции близки по свойствам.

Плотность распределения – это функция, задающая вероятность существования частиц с различными значениями признака разделения (свойства) в данном материале.

Фракционный состав материала характеризуется частными выходами отдельных фракций γ_i с интервалом фракционирования $\Delta\xi_i$ или плотностью распределения частиц материала по свойству ξ (признаку разделения) – $w(\xi)$ и содержаниями компонента в отдельных фракциях $\alpha(\xi_{\text{ср}i})$ или $\alpha(\xi)$. Они связаны между собой следующими соотношениями:

для случая дискретного задания на *i*-м интервале:

$$\gamma_i = w(\xi_i) \cdot \Delta\xi;$$

для случая непрерывного задания:

$$\mathrm{d}\gamma = w(\xi)\, \mathrm{d}\xi.$$

При известных выходе и ширине интервала фракционирования плотность распределения может быть определена как, (у. ед.)$^{-1}$

$$w(\xi_i) = \frac{\gamma_i}{\Delta\xi_i} = m_i \Big/ \left(\left(\sum_{i=1}^{n} m_i \right) \cdot \Delta\xi_i \right).$$

α-, β-, ϑ-*функции* – это зависимости массовой доли компонента во фракции от среднего значения признака разделения фракции $\xi_{\text{ср}i}$ в исходном продукте, концентрате или хвостах.

Массовая доля компонента в материале (пробе, продукте) находится как средневзвешенная величина по отношению к содержаниям

и массам (выходам) отдельных *i*-х фракций:

$$\alpha = \left(\sum_{i=1}^{n} m_i \alpha_i\right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{n} m_i\right) = \left(\sum_{i=1}^{n} \gamma_i \alpha_i\right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{n} \gamma_i\right) = \\ = \left(\int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} w_{И}(\xi)\, \alpha(\xi)\, d\xi\right) \Big/ \left(\int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} w_{И}(\xi)\, d\xi\right), \quad (7)$$

где i – порядковый номер фракции, всего их n; ξ_{min}, ξ_{max} – соответственно минимальное и максимальное значения признака разделения (свойства) в материале (пробе).

Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении

При идеальном разделении полагаем, что все частицы, имеющие значение признака разделения в пределах от минимального до граничного ($\xi_{min} \div \xi_{гр}$) попадут в хвосты, а от граничного до максимального ($\xi_{гр} \div \xi_{max}$) – в концентрат. Тогда, технологические показатели обогащения могут быть вычислены при известных средних значениях плотности распределения исходного материала на i-м интервале $w_{И}(\xi_i)$, α-функции и ширине интервала изменения признака – $\Delta\xi_i$.

$$\gamma_{И} = \gamma_{К} + \gamma_{Х};\ \gamma_{К} = \sum_{i_{гр}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)\Delta\xi_i = \sum_{i_{гр}}^{i_{max}} \gamma_{И i};\ \gamma_{Х} = \sum_{i_{min}}^{i_{гр}} w_{И}(\xi_i)\Delta\xi_i = \sum_{i_{min}}^{i_{гр}} \gamma_{И i};$$

$$\alpha = \gamma_{И}^{-1} \sum_{i_{min}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)\alpha(\xi_i)\Delta\xi_i = \gamma_{И}^{-1} \sum_{i_{min}}^{i_{max}} \gamma_{И i}\alpha_i;$$

$$\beta = \gamma_{К}^{-1} \sum_{i_{гр}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)\alpha(\xi_i)\Delta\xi_i = \gamma_{К}^{-1} \sum_{i_{гр}}^{i_{max}} \gamma_{И i}\alpha_i \text{ или } \beta = \left(\sum_{i_{гр}}^{i_{max}} m_{И i}\alpha_i\right) \Big/ \left(\sum_{i_{гр}}^{i_{max}} m_{И i}\right); \quad (8)$$

$$\vartheta = \gamma_{Х}^{-1} \sum_{i_{min}}^{i_{гр}} w_{И}(\xi_i)\alpha(\xi_i)\Delta\xi_i = \gamma_{Х}^{-1} \sum_{i_{min}}^{i_{гр}} \gamma_{И i}\alpha_i \text{ или } \vartheta = \left(\sum_{i_{min}}^{i_{гр}} m_{И i}\alpha_i\right) \Big/ \left(\sum_{i_{min}}^{i_{гр}} m_{И i}\right).$$

Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата

При реальном разделении неизбежно взаимозасорение продуктов из-за несовершенства аппарата. В этом случае результат разделения носит вероятностный характер. Несовершенство аппарата учитывается его сепарационной характеристикой.

Сепарационная характеристика **ε(ξ)** – это преобразующая функция аппарата, характеризующая вероятность перехода той или иной фракции в продукты.

Эта характеристика применяется для количественного прогнозирования результатов обогащения и предсказания фракционного состава продуктов, задает вероятность **извлечения фракции** (извлечение не продукта, а фракции!) в продукт обогащения в зависимости от значения физического признака фракции.

Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата осуществляется по следующим формулам:

$$\gamma_{К} = \sum_{i_{min}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)\varepsilon_{К}(\xi_i)\Delta\xi_i = \sum_{i_{min}}^{i_{max}} \gamma_{И i}\,\varepsilon_{К}(\xi_i);$$

$$\gamma_{Х} = \sum_{i_{min}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)(1-\varepsilon_{К}(\xi_i))\Delta\xi_i = \sum_{i_{min}}^{i_{max}} \gamma_{И i}\,[1-\varepsilon_{К}(\xi_i)];$$

$$\gamma_{И} = \gamma_{К} + \gamma_{Х};$$

$$\alpha = \gamma_{И}^{-1}\sum_{i_{min}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)\alpha(\xi_i)\Delta\xi_i = \sum_{i_{min}}^{i_{max}} \gamma_{И i}\,\alpha_i;$$

$$\beta = \gamma_{К}^{-1}\sum_{i_{min}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)\varepsilon_{К}(\xi_i)\alpha(\xi_i)\Delta\xi_i = \gamma_{К}^{-1}\sum_{i_{min}}^{i_{max}} \gamma_{И i}\,\alpha_i\varepsilon_{К}(\xi_i); \qquad (9)$$

$$\beta = \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_i\,\alpha_i\varepsilon_{К}(\xi_i)\right) \Big/ \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_i\,\varepsilon_{К}(\xi_i)\right);$$

$$\vartheta = \gamma_{Х}^{-1}\sum_{i_{min}}^{i_{max}} w_{И}(\xi_i)(1-\varepsilon_{К}(\xi_i))\alpha(\xi_i)\Delta\xi_i = \gamma_{Х}^{-1}\sum_{i_{min}}^{i_{max}} \gamma_{И i}\,\alpha_i[1-\varepsilon_{К}(\xi_i)];$$

$$\vartheta = \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_i\,\alpha_i[1-\varepsilon_{К}(\xi_i)]\right) \Big/ \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_i\,[1-\varepsilon_{К}(\xi_i)]\right).$$

Сепарационные характеристики по концентрату и хвостам связаны балансовым соотношением:

$$\varepsilon_{К}(\xi) + \varepsilon_{Х}(\xi) = 1. \qquad (10)$$

Сепарационная характеристика схемы

При теоретическом анализе обогатительных циклов вводят два типа схем – канонические и полуканонические. Канонические схемы характеризуются тем, что циркулирующий продукт направляется в «голову» предыдущей операции, в полуканонических схемах все циркулирующие продукты идут в «голову» основной операции. Для таких схем намного легче выводятся формулы сепарационных характеристик, при допущении о равенстве сепарационных характеристик во всех операциях схемы.

В общем виде для схемы, содержащей одну основную (**О**), ***n*** перечистных (**П**) и ***m*** контрольных операций (**К**), сепарационная характеристика по каналу концентрата для любой фракции может быть вычислена по формуле

$$\varepsilon_{\text{К СХ}} = \frac{\varepsilon_{\text{О}}\varepsilon_{\text{П}}^{n}}{\varepsilon_{\text{О}}\varepsilon_{\text{П}}^{n} + (1-\varepsilon_{\text{О}})(1-\varepsilon_{\text{К}})^{m}}, \qquad (11)$$

а по каналу хвостов

$$\varepsilon_{\text{Х СХ}} = \frac{(1-\varepsilon_{\text{О}})(1-\varepsilon_{\text{К}})^{m}}{\varepsilon_{\text{О}}\varepsilon_{\text{П}}^{n} + (1-\varepsilon_{\text{О}})(1-\varepsilon_{\text{К}})^{m}}. \qquad (12)$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 1. Получение, расчёт и построение кривых обогатимости

Рассчитать и построить кривые обогатимости. По кривым определить выходы концентрата и хвостов, массовые доли компонента в них, если граница разделения равна 1700 у. е.

Решение

Расчёт кривых обогатимости осуществляется в табличной форме (таблица 1). Порядок расчёта таков: сначала рассчитывают выходы фракций концентрата и хвостов, а также средневзвешенную массовую долю компонента в каждой из вновь образуемых объединённых фракций. При этом чаще всего продукт с большей массовой долей компонента является концентратом, а с меньшей – хвостами. Расчёт по концентрату ведётся, начиная с фракции с самой большой массовой долей компонента, а по хвостам – наоборот. Если компонент является вредной примесью, то концентратом следует считать

продукт с меньшей массовой долей компонента, тогда, при получении концентрата с минимизацией содержания вредных примесей, названия столбцов концентрата и хвостов меняют местами.

Таблица 1 – Результаты расчёта кривых обогатимости

Признак разделения, у. е.	Элементарные фракции			Концентрат, %		Хвосты, %	
	выход		массовая доля, %	выход	массовая доля	выход	массовая доля
	кг	%					
100-200	39	30	1,0	100	3,0	30	1,0
200-400	26	20	2,0	70	3,9	50	1,4
400-1000	13	10	3,0	50	4,6	60	1,7
1000-2000	26	20	4,0	40	5,0	80	2,3
2000-4000	26	20	6,0	20	6,0	100	3,0
Итого:	**130**	**100**	**3,0**	–	–	–	–

Когда с увеличением значения признака разделения массовая доля полезного компонента уменьшается, фракции по признаку разделения в таблице следует располагать в порядке убывания.

Пример расчёта выхода концентратной фракции:

$$\gamma^{к}_{1000\text{-}4000} = \gamma^{э}_{2000\text{-}4000} + \gamma^{э}_{1000\text{-}2000} = 20 + 20 = 40\ \%.$$

Пример расчёта массовой доли концентратной фракции:

$$\beta^{к}_{1000\text{-}4000} = \left(\gamma^{э}_{2000\text{-}4000} \cdot \beta^{э}_{2000\text{-}4000} + \gamma^{э}_{1000\text{-}2000} \cdot \beta^{э}_{1000\text{-}2000}\right) / \left(\gamma^{э}_{2000\text{-}4000} + \gamma^{э}_{1000\text{-}2000}\right) =$$

$$= \left(20 \cdot 6{,}0 + 20 \cdot 4{,}0\right) / \left(20 + 20\right) = 5{,}0\ \%.$$

где $\gamma^{к}_{1000\text{-}4000}$ – выход концентратной фракции в % для значения признака 1000-4000 у. е.; $\gamma^{э}_{2000\text{-}4000}, \gamma^{э}_{1000\text{-}2000}$ – выходы элементарных фракций, входящих в концентратную, %; $\beta^{к}_{1000\text{-}4000}$ – средневзвешенная массовая доля полезного компонента в % концентратной фракции для значения признака 1000-4000 у. е.; $\beta^{э}_{2000\text{-}4000}, \beta^{э}_{1000\text{-}2000}$ – массовые доли полезных компонентов соответствующих элементарных фракций, %.

Построение кривых обогатимости выполняется вручную на миллиметровой бумаге, либо с использованием специальных графических программ, например AutoCAD. Пример кривых обогатимости представлен на рисунке 3.

Кривых обогатимости – четыре: кривая элементарных фракций, λ; кривая концентрата, β; кривая хвостов, ϑ; кривая признака разделения, ξ.

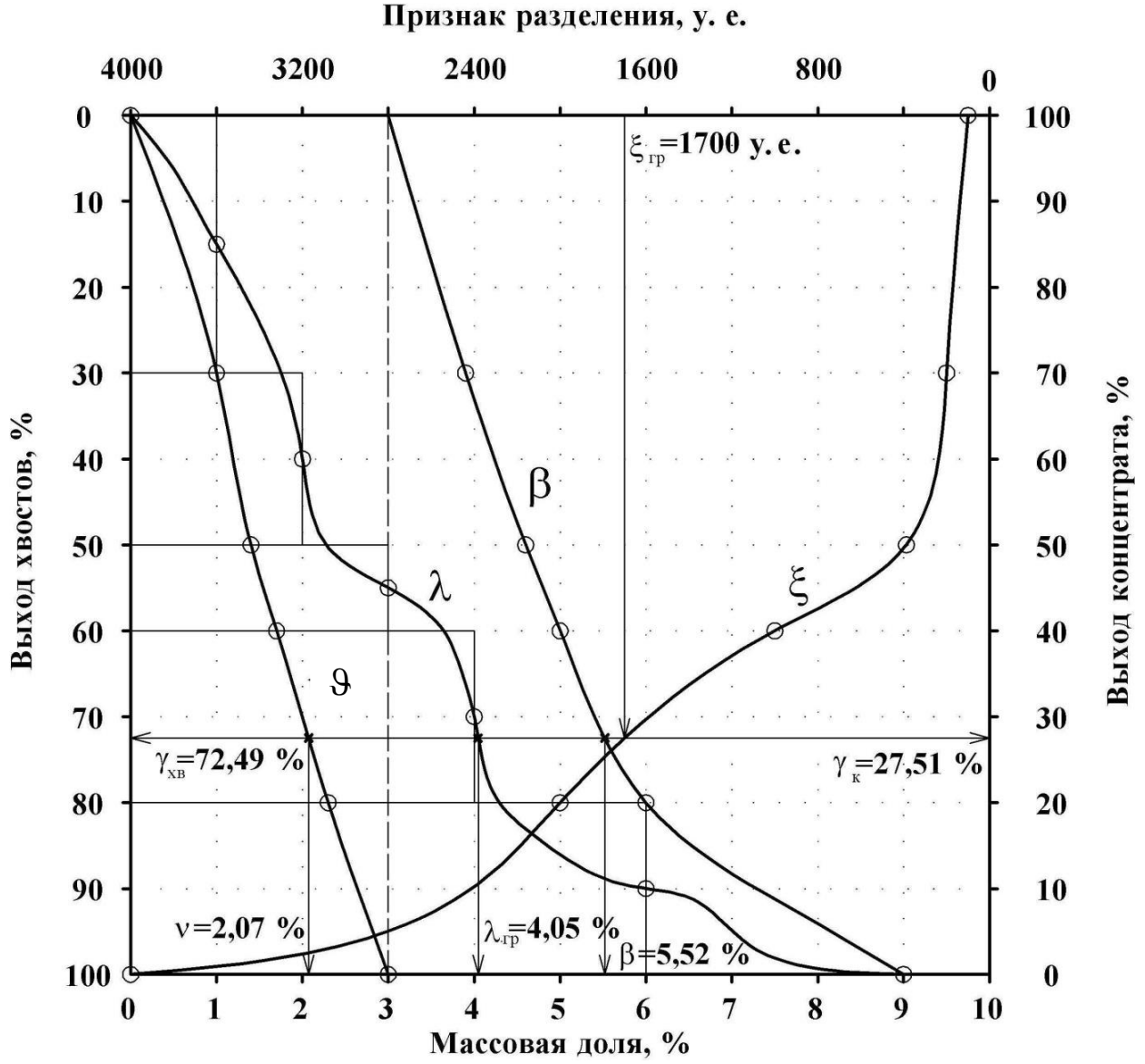


Рисунок 3 – Кривые обогатимости

При их построении необходимо помнить, что:

– конечная точка кривой υ и начальная – кривой β должны лежать на прямой, параллельной оси ординат и проходящей через точку оси абсцисс, соответствующей средневзвешенной массовой доле в исходном материале (в нашем примере 3,0 %);

– начальные точки кривых ϑ и λ, а также конечные точки кривых β и λ должны совпадать. Они имеют абсциссы равные, соответственно, массовой доле полезного компонента у самых бедных и самых богатых частиц материала. Однако, если неизвестны минимальное и максимальное значения массовой доли полезного компонента в отдельных частицах, то следует принять максимальное значение равным массовой доле полезного компонента в минерале или $1{,}5\beta_{max}$, если не известен минерал (в нашем примере 9 %), а минимальное

значение принять равным нулю;

– кривая λ проходит через точки с абсциссами, соответствующими массовой доле компонента в элементарных фракциях и с ординатами, соответствующими серединам вертикальных отрезков, описывающих выходы элементарных фракций и построенных как приращения выхода при переходе от бедной фракции к более богатой;

– площади треугольников, отсекаемых при построении кривой λ в пределах каждой фракции, должны быть равны. Треугольники образуются самой кривой λ, горизонталями, соответствующими выходам накопленных фракций (от бедных к богатым), и вертикалями, соответствующими массовой доле полезного компонента в элементарных фракциях.

По кривым обогатимости определяем выходы концентрата и хвостов, массовые доли полезного компонента в них, если граница разделения равна 1700 у. е. Для этого опускаем перпендикуляр из точки 1700 у. е. на оси «Признак разделения» до пересечения с кривой признака ξ. Ординаты точки пересечения по осям «Выход хвостов» и «Выход концентрата» будут являться выходом концентрата и хвостов. Если через данную точку пересечения провести горизонталь до кривых υ и β, а затем из вновь образованных точек пересечения опустить перпендикуляры на ось «Массовая доля», то можно определить массовую долю полезного компонента в хвостах и концентрате.

Для условий данной задачи $\gamma_X = 72{,}49$ %, $\gamma_K = 27{,}51$ %, $\vartheta = 2{,}07$ %, $\beta = 5{,}52$%.

Задача № 2. Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении

Фракционным анализом получены результаты:

Значение признака разделения, ξ_i, у. е.	**0-1**	**1-2**	**2-3**	**3-4**	**4-5**
Выход элементарной фракции, $\gamma(\xi_i)$, %	0,15	0,40	0,10	0,05	0,30
α_i, %	0	10	20	30	40

Построить $w_И$- и α-функции, найти γ_X и ϑ при границе разделения $\xi_{гр}=2{,}5$ у. е. Разделение полагать идеальным.

Решение

Решение задачи нужно начинать с расчёта величин плотности распределения $w(\xi_i)$ по формуле:

$$w(\xi_i) = \gamma(\xi_i) / \Delta_i,$$

где $\gamma(\xi_i)$ – выход элементарной фракции, д. ед.; Δ_i – ширина интервала фракции, у. е.

В данном примере все фракции имеют одинаковую ширину интервала, равную 1 у. е., поэтому величина плотности распределения численно равна выходу элементарной фракции.

После расчёта плотности распределения строят *w*- и α-функции (рисунок 4).

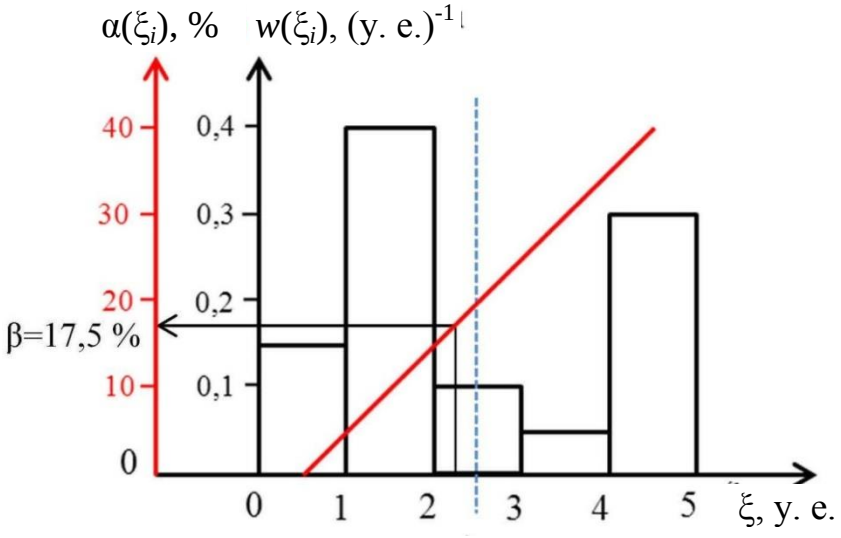


Рисунок 4 – Построение *w*- и α-функции

Аналог функции плотности распределения в данной задаче представляет собой столбчатую диаграмму с высотой столбцов равной величине плотности распределения для соответствующего интервала значения признака. α-функция строится по точкам, причем координаты *x* соответствуют среднему значению признака разделения на интервале, а *y* – заданному значению α-функции.

Расчёт технологических показателей обогащения осуществляется по формулам (8). Следует учесть, что граница разделения проходит посередине интервала значения признака от 2 до 3 у. е., а значит, при расчёте следует умножать на половину ширины интервала, а величину значения α-функции взять равной 17,5 %.

$$\gamma_X = (0{,}15 \cdot 1 + 0{,}40 \cdot 1 + 0{,}10 \cdot 0{,}5) = 0{,}6 \text{ д. ед.};$$

$$\vartheta = \frac{1}{0{,}6}(0{,}15 \cdot 0 \cdot 1 + 0{,}40 \cdot 10 \cdot 1 + 0{,}10 \cdot 17{,}5 \cdot 0{,}5) = 8{,}125\ \%.$$

Задача № 3. Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата

Для фракционного состава руды и сепарационной характеристики определить: $\gamma_К$, β, $\gamma_Х$, ϑ, $\xi_{гр}$.

Значение признака разделения, ξ_i, у. е.	**0-1**	**1-2**	**2-3**	**3-4**	**4-5**
$m_{Иi}$, кг	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
α_i, %	0	10	20	30	40
$\varepsilon_К(\xi_i)$, д. ед.	0	0,2	0,6	0,8	0,9

Решение

Расчёт технологических показателей осуществляется с использованием одного из вариантов формул (9).

$$\gamma_К = \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_{Иi} \cdot \varepsilon_К(\xi_i)\right) \Big/ \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_{Иi}\right); \quad \gamma_Х = 1 - \gamma_К;$$

$$\beta = \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_{Иi} \cdot \alpha_i \cdot \varepsilon_К(\xi_i)\right) \Big/ \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_{Иi} \cdot \varepsilon_К(\xi_i)\right);$$

$$\vartheta = \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_{Иi} \cdot \alpha_i \cdot [1 - \varepsilon_К(\xi_i)]\right) \Big/ \left(\sum_{i_{min}}^{i_{max}} m_{Иi} \cdot [1 - \varepsilon_К(\xi_i)]\right).$$

$$\gamma_К = \frac{(0{,}5 \cdot 0 + 0{,}2 \cdot 0{,}2 + 0{,}1 \cdot 0{,}6 + 0{,}1 \cdot 0{,}8 + 0{,}1 \cdot 0{,}9)}{(0{,}5 + 0{,}2 + 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}1)} = 0{,}27 \text{ д. ед.};$$

$$\gamma_Х = 1 - \gamma_К = 1 - 0{,}27 = 0{,}73 \text{ д. ед.};$$

$$\beta = \frac{(0{,}5 \cdot 0 \cdot 0 + 0{,}2 \cdot 10 \cdot 0{,}2 + 0{,}1 \cdot 20 \cdot 0{,}6 + 0{,}1 \cdot 30 \cdot 0{,}8 + 0{,}1 \cdot 40 \cdot 0{,}9)}{(0{,}5 \cdot 0 + 0{,}2 \cdot 0{,}2 + 0{,}1 \cdot 0{,}6 + 0{,}1 \cdot 0{,}8 + 0{,}1 \cdot 0{,}9)} = 28{,}15\ \%;$$

$$\vartheta = 4{,}66\ \%.$$

Значения величин $\gamma_х$ и ϑ в данном примере рассчитаны по уравнению технологического баланса.

Чтобы определить $\xi_{гр}$ необходимо построить сепарационную характеристику (рисунок 5).

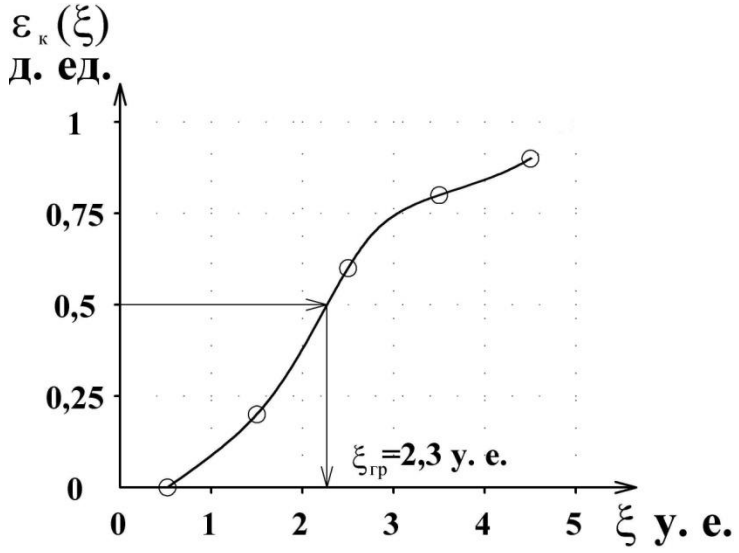


Рисунок 5 – Сепарационная характеристика

Величину граничного значения признака разделения $\xi_{гр}$ определяют графическим построением.

Задача № 4. Расчёт и построение сепарационной характеристики аппарата по известным фракционным характеристикам продуктов

По результатам опробования получены *w*-функции исходной руды, концентрата и выход хвостов, который равен 0,6 д. ед.

Значение признака разделения, ξ_i, у. е.	**0-1**	**1-2**	**2-3**	**3-4**	**4-5**
$w_И(\xi_i)$, д. ед.	0,2	0,1	0,2	0,25	0,25
$w_К(\xi_i)$, д. ед.	0	0,05	0,15	0,30	0,50
$m_И(\xi_i)$, кг	0,2	0,1	0,2	0,25	0,25
$m_К(\xi_i)$, кг	0	0,02	0,06	0,12	0,20

Рассчитать и построить сепарационную характеристику, найти $\xi_{гр}$, *Ерm*.

Решение

Расчёт сепарационной характеристики аппарата осуществляется по известным формулам (10). В данной задаче можно определить сепарационную характеристику по концентрату.

$$\varepsilon_К(\xi_i) = \gamma_К \, w_К(\xi_i)/w_И(\xi_i) \quad \text{или} \quad \varepsilon_К(\xi_i) = m_К(\xi_i)/m_И(\xi_i);$$

$$\gamma_К = 1 - \gamma_Х.$$

Пример расчёта:

$$\varepsilon_К(\xi_{1-2}) = 0{,}4\frac{0{,}05}{0{,}1} = 0{,}2 \ \text{д.ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_К(\xi_{1-2}) = \frac{0{,}02}{0{,}1} = 0{,}2 \ \text{д.ед.}$$

По полученным значениям строится сепарационная характеристика аппарата (рисунок 6) и графически определяются значения $\xi_{гр}$, $\xi_{0,25}$, $\xi_{0,75}$, составившие 3,58; 1,98; 4,37 у. е., соответственно. Значение *Ept* определяется по формуле (11) и составляет 1,19 у. е.

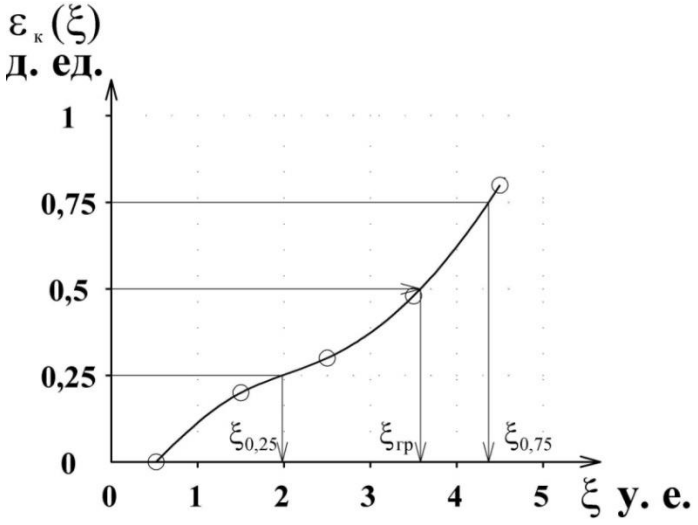


Рисунок 6 – Сепарационная характеристика

Задача № 5. Сепарационная характеристика схемы

Во всех операциях полуканонической схемы единая сепарационная характеристика. В схеме одна основная, одна контрольная и одна, две или три перечистных операции.

Значение признака разделения, ξ_i, у. е.	**0-1**	**1-2**	**2-3**	**3-4**	**4-5**
$\varepsilon_К(\xi_i)$, д. ед.	0	0,3	0,5	0,7	1

1. Определить, как влияет число перечистных операций (П=1, 2, 3) на общую сепарационную характеристику схемы.
2. Построить общие сепарационные характеристики всех трёх схем, определить границы разделения и *Ept*.

Решение

Для расчёта сепарационной характеристики схемы необходимо воспользоваться формулой (12).

Например, формула извлечения по схеме 1О+2П+1К будет иметь вид

$$\varepsilon_{К\,СХ} = \frac{\varepsilon_О \varepsilon_П^2}{\varepsilon_О \varepsilon_П^2 + (1-\varepsilon_О)(1-\varepsilon_К)^1}.$$

Извлечение в концентрат рассчитывают для каждого интервала значения признака разделения. Расчёт удобно осуществлять в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2 – Расчёт сепарационных характеристик схем и их параметров

Схема	Сепарационная характеристика $\varepsilon_{К\ СХ}(\xi_i)$, д. ед.	Значение признака разделения, ξ_i, у. е.				
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
1	1О+1П+1К	0	0,16	0,5	0,84	1
2	1О+2П+1К	0	0,05	0,33	0,79	1
3	1О+3П+1К	0	0,02	0,2	0,72	1
Результаты расчёта параметров схем						
	Граница разделения, $\xi_{гр}$	$\xi_{0,25}$		$\xi_{0,75}$	*Epm*	
1	2,50	1,84		3,19	0,675	
2	2,85	2,31		3,40	0,545	
3	3,14	2,65		3,56	0,455	

Границы разделения, а также данные для расчёта *Epm* определяются графически после построения сепарационных характеристик схем (рисунок 7).

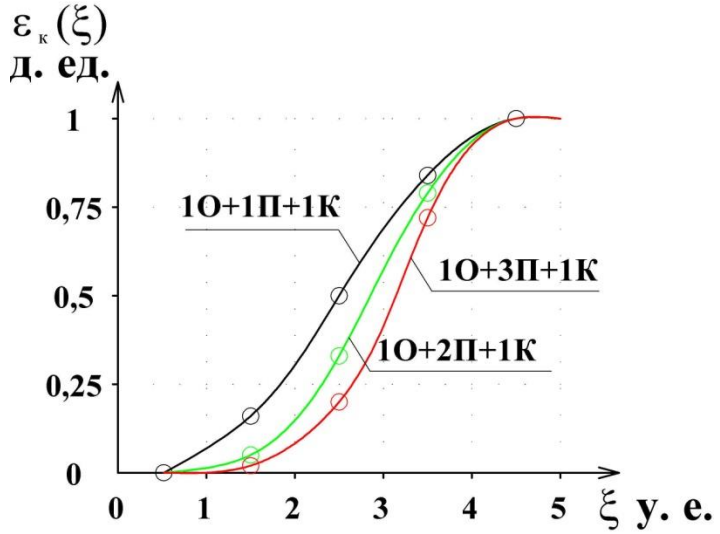


Рисунок 7 – Сепарационные характеристики схем

Ответ в данной задаче подразумевает развёрнутый вывод. Например, с увеличением числа перечистных операций граница разделения сдвигается вправо, крутизна сепарационной характеристики увеличивается и т. п.

Задача № 6. Расчёт технологических показателей и построение схемы разделения для заданного двумерного фракционного состава

Построить принципиальную схему разделения руды с известным двумерным фракционным составом по заданной границе разделения (рисунок 8). Рассчитать технологические показатели схемы.

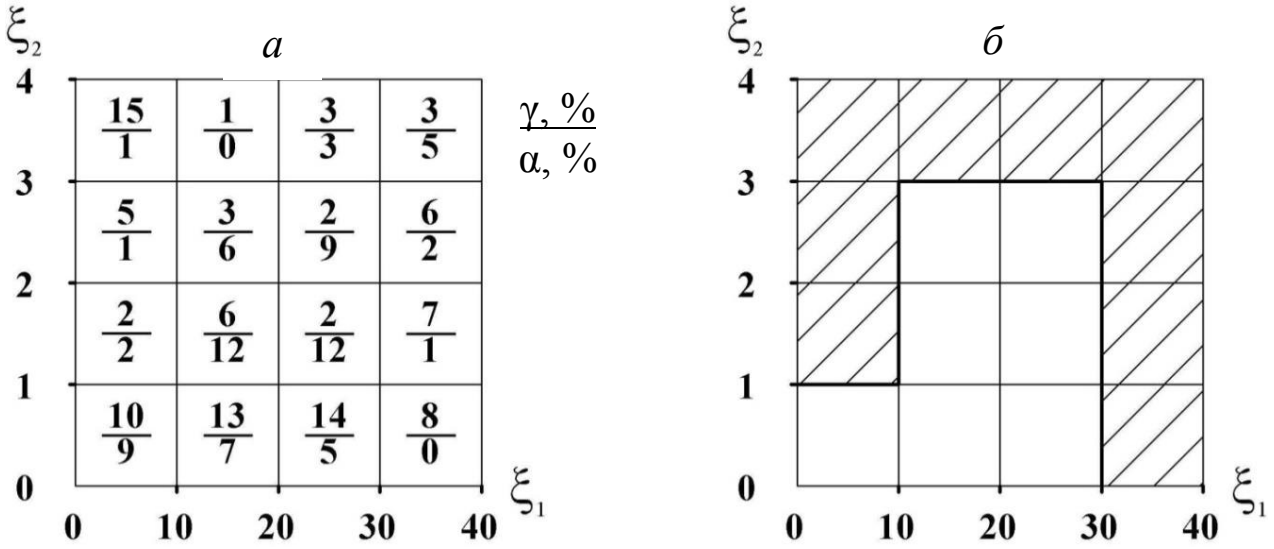


Рисунок 8 – Двумерный фракционный состав исходного материала (*а*) и заданная граница разделения (*б*)

Решение

Решение задачи следует начинать с расчёта показателей схемы. Исходная массовая доля рассчитывается как средневзвешенная для всех фракций по формуле (6). Затем рассчитываются массовая доля полезного компонента в продуктах разделения, как средневзвешенная для фракций, входящих в продукт, и выходы продуктов. По значению массовой доли полезного компонента в продукте разделения необходимо дать его название – концентрат или хвосты.

Для заданной границы разделения составим возможную схему обогащения (рисунок 9). Прочие допустимые варианты отличаются порядком выполнения операций.

Для условий данной задачи получим следующие значения технологических показателей обогащения:

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i \gamma_i}{\sum \gamma_i} = \frac{1 \cdot 15 + 0 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + \ldots + 5 \cdot 14 + 0 \cdot 8}{100} = 4{,}5\ \%;$$

Расчёт выходов и массовых долей полезного компонента в продуктах обогащения, представленный ниже, показал, что заштрихованный продукт является хвостами.

$$\gamma_1^{Ш} = 2+5+15+1+3+3+6+7+8 = 50\ \%;$$

$$\beta_1 = \frac{\sum \beta_i^{Ш}\gamma_i^{Ш}}{\sum \gamma_i} = \frac{2\cdot 2+1\cdot 5+1\cdot 15+\ldots+5\cdot 3+2\cdot 6+1\cdot 7+0\cdot 8}{2+5+15+\ldots+3+6+7+8} = 1{,}34\ \%;$$

$$\gamma_2 = 100-\gamma_1^{Ш} = 100-50 = 50\ \%;$$

$$\beta_2 = \frac{9\cdot 10+7\cdot 13+12\cdot 6+6\cdot 3+9\cdot 2+12\cdot 2+5\cdot 14}{50} = 7{,}66\ \%.$$

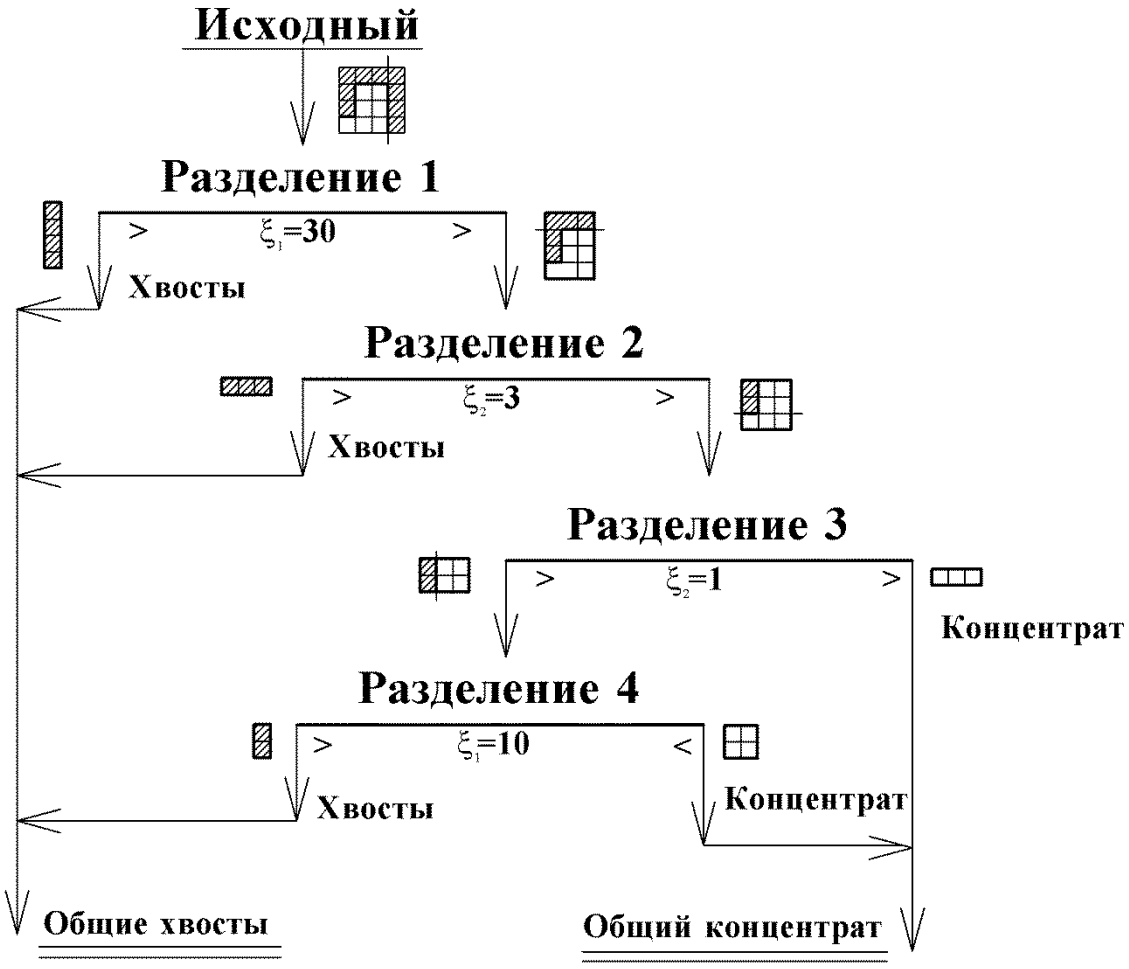


Рисунок 9 – Возможный вариант схемы обогащения

Технологические показатели возможного варианта схемы:
$\gamma_К$ = 50 %, β = 7,66 %, $\varepsilon_К$ = 85,11 %,
$\gamma_Х$ = 50 %, ϑ = 1,34 %, $\varepsilon_Х$ = 14,89 %.

Задача № 7. Построение варианта оптимальной принципиальной схемы обогащения руды для заданного двумерного фракционного состава

Предложить вариант оптимальной принципиальной схемы разделения руды при заданных двумерном фракционном составе руды и критерии оптимизации $\gamma_к \rightarrow max$ при $\beta \geq \beta_{зад}$.

Двумерный фракционный состав исходного материала приведён на рисунке 8, *а*, принять $\beta_{зад}$ =10 %.

Решение

Первоначально примем, что концентрат формируется из самых богатых фракций с α = 12 % и α = 9 %.

Порядок выполнения операций разделения может быть различным. Схема в одном из вариантов выглядит следующим образом (см. рисунок 10).

Полученные при этой схеме технологические показатели следующие: $\gamma_к$=20 %, $\beta=(2\cdot 9+6\cdot 12+2\cdot 12+10\cdot 9)/20=10{,}2$ %.

Добавим к полученному концентрату следующую самую богатую фракцию с выходом 13 % и массовой долей компонента 7 %. тогда показатели разделения будут следующие: $\gamma_к$=33 %, β=8,94 %. Данный вариант неприемлем, так как $\beta<\beta_{зад}$.

Общий алгоритм решения задачи состоит в первоначальном отборе в концентрат сначала самых богатых фракций с расчётом $\gamma_к$ и β. Если ограничение по β выполняется, в концентрат добавляют следующую, меньшую по содержанию, фракцию, производят расчёт выхода концентрата и массовую долю компонента в нём. Если ограничение не выполняется, к концентрату относят только фракции первоначального расчёта и строят принципиальную схему. Если ограничение по массовой доле компонента в концентрате выполняется, то к уже отобранным фракциям добавляют следующие меньшие по содержанию фракции, повторяя расчёт $\gamma_к$ и β с последующей проверкой $\beta \geq \beta_{зад}$.

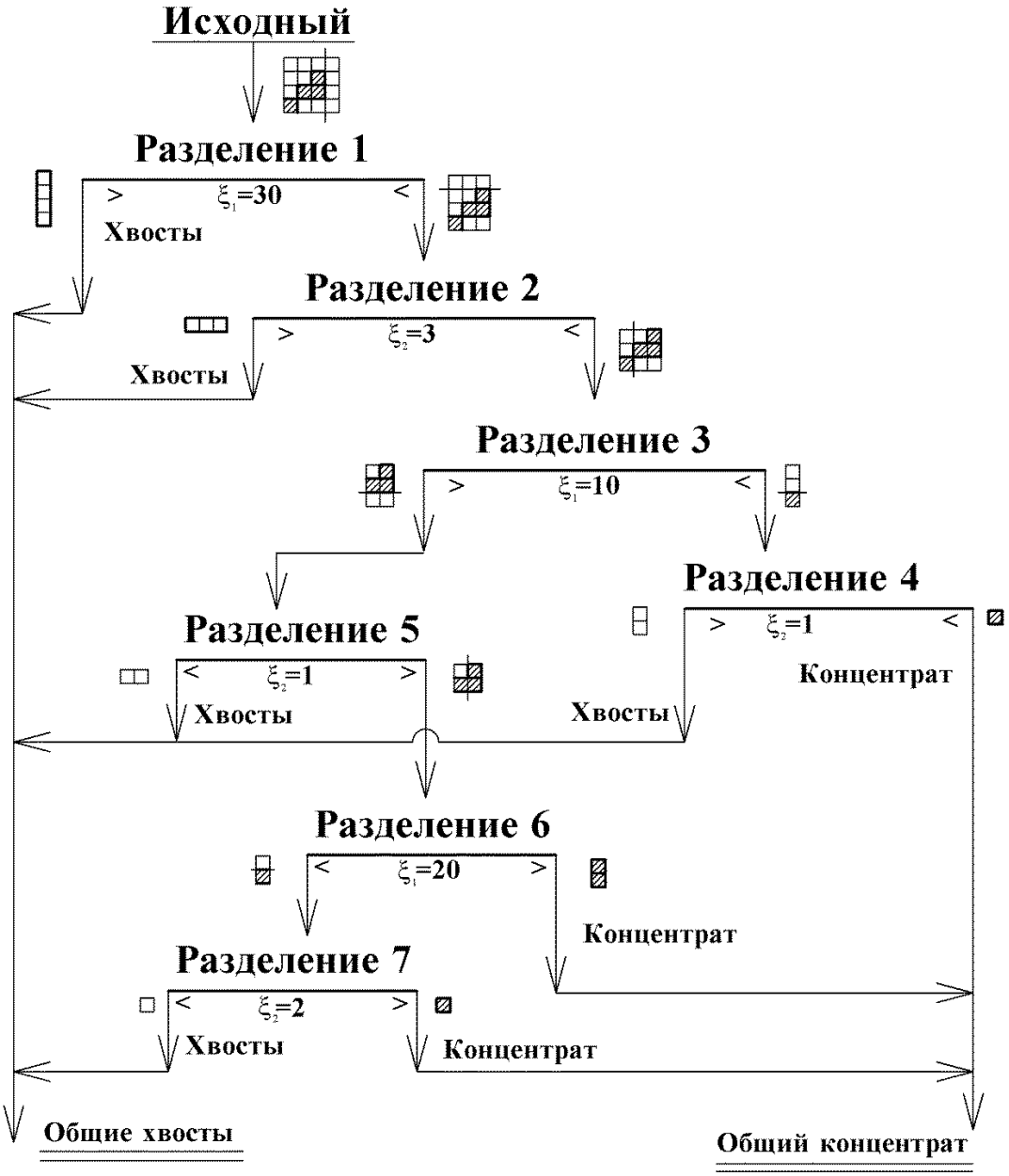


Рисунок 10 – Вариант оптимальной схемы обогащения

Таким образом, могут добавляться фракции, попадающие в концентрат, и наращиваться (видоизменяться) оптимальная принципиальная схема обогащения.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Задача № 1. Получение, расчёт и построение кривых обогатимости

Рассчитать и построить кривые обогатимости. По кривым определить выходы концентрата и хвостов, массовые доли полезного компонента в них. Границу разделения, массу, массовую долю полезного компонента во фракции и значения признака во фракции принять по номеру варианта.

Исходные данные для задачи № 1

Первая цифра варианта										
№ фракции	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Массовая доля компонента во фракции, α_i, %										
1	1	29	0	55	4	26	3	25	2	46
2	2	18	5	45	16	16	7	23	8	36
3	5	17	10	25	20	13	11	21	16	26
4	8	15	20	15	28	8	13	19	18	16
5	15	11	30	5	36	2	19	6	31	6
Масса элементарной фракции в исходном, $m_И(\xi_i)$, кг										
1	12	22	9	15	11	45	10	12	32	17
2	13	33	4	12	17	65	5	6	17	16
3	18	55	18	5	6	70	18	8	34	23
4	2	12	11	10	2	58	3	5	21	6
5	6	8	3	19	3	41	16	1	6	12
Вторая цифра варианта										
№ фракции	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Признак разделения, у. е.										
1	0-1	0-10	10-30	0-0,1	0-2	5-10	10-20	0-5	4-6	0-10
2	1-2	10-20	30-50	0,1-0,5	2-4	10-15	20-30	5-20	6-12	10-30
3	2-3	20-30	50-70	0,5-1	4-6	15-20	30-40	20-40	12-20	30-50
4	3-4	30-40	70-90	1-5	6-8	20-25	40-50	40-80	20-30	50-60
5	4-5	40-50	90-130	5-10	8-10	25-50	50-100	80-200	30-50	60-90
Граница разделения, у. е.										
–	2,75	23	61	2,7	5,5	19,5	33	70	17	39

Задача № 2. Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении

Рассчитать *w*-функцию исходного материала для заданного диапазона разделения. Построить $w_И$- и α-функции исходного, найти γ_X и ϑ для чётного номера варианта и $\gamma_К$ и β для нечётного при заданной границе разделения. Разделение полагать идеальным. Границу разделения и значения признака во фракции принять по номеру варианта из предыдущей задачи. Выход элементарной фракции и массовую долю компонента в ней принять по номеру варианта.

Исходные данные для задачи № 2

Первая цифра варианта										
№ фракции	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Массовая доля компонента во фракции, α_i, %										
1	1	29	0	55	4	26	3	25	2	46
2	2	18	5	45	16	16	7	23	8	36
3	5	17	10	25	20	13	11	21	16	26
4	8	15	20	15	28	8	13	19	18	16
5	15	11	30	5	36	2	19	6	31	6
Выход элементарной фракции, $\gamma_И(\xi_i)$, д. ед										
1	0,24	0,18	0,20	0,25	0,28	0,16	0,20	0,38	0,29	0,23
2	0,25	0,25	0,09	0,20	0,44	0,23	0,10	0,18	0,15	0,22
3	0,35	0,42	0,40	0,08	0,15	0,25	0,35	0,25	0,30	0,31
4	0,04	0,09	0,24	0,16	0,05	0,21	0,04	0,16	0,19	0,08
5	0,12	0,06	0,07	0,31	0,08	0,15	0,31	0,03	0,07	0,16

Задача № 3. Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата

Для известного фракционного состава руды и сепарационной характеристики определить: γ_X, ϑ, $\gamma_К$, β, $\xi_{гр}$. Фракционный состав принять из предыдущей задачи, сепарационную характеристику по номеру варианта. Сравнить с результатами, полученными в предыдущей задаче. Сделать вывод.

Исходные данные для задачи № 3

Вторая цифра варианта										
№ фракции	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Сепарационная характеристика, $\varepsilon_К(\xi_i)$, д. ед.										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,05	0,15	0,2	0,1
3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,6	0,7	0,35	0,45	0,6	0,3
4	0,7	0,8	0,6	0,55	0,7	0,85	0,45	0,65	0,8	0,6
5	0,9	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,9	0,85

Задача № 4. Расчёт и построение сепарационной характеристики аппарата по известным фракционным характеристикам продуктов

По результатам опробования получены массы элементарных фракций в исходном материале и концентрате. Рассчитать и построить сепарационную характеристику аппарата, найти $\xi_{гр}$, *Epm*.

Исходные данные для задачи № 4

Первая цифра варианта										
№ фракции	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Масса элементарной фракции в исходном, $m_И(\xi_i)$, кг										
1	12	22	9	15	11	45	10	12	32	17
2	13	33	4	12	17	65	5	6	17	16
3	18	55	18	5	6	70	18	8	34	23
4	2	12	11	10	2	58	3	5	21	6
5	6	8	3	19	3	41	16	1	6	12
Масса элементарной фракции в пробе концентрата, $m_К(\xi_i)$, кг										
1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	2
2	1	2	1	3	3	5	2	2	3	4
3	12	20	8	2	5	21	8	5	11	13
4	1,5	10	8	8	1,8	35	1,9	4	15	4
5	5,5	7,5	2,5	18	3	38	15	1	5	11

Задача № 5. Сепарационная характеристика схемы

Во всех операциях полуканонической схемы единая сепарационная характеристика по каналу концентрата. Сепарационную характеристику, количество перечистных и контрольных операций принять по номеру варианта. Рассчитать и построить общие сепарационные характеристики трёх схем, определить границы разделения и *Epm*. Определить, как влияет число перечистных и контрольных

операций на общую сепарационную характеристику схемы. Сделать вывод.

Исходные данные для задачи № 5

Первая цифра варианта									
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Количество контрольных операций, *m*									
0	1	1	2	2	5	0	0	1	1
4	2	2	3	3	3	3	2	4	4
2	5	5	4	5	2	2	5	3	2
Вторая цифра варианта									
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Количество перечистных операций, *n*									
5	0	0	0	4	1	1	2	3	0
3	3	2	1	1	2	2	1	4	3
1	4	4	5	0	4	3	3	0	5

Вторая цифра варианта									
№ фракции	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Сепарационная характеристика, $\varepsilon_K(\xi_i)$, д. ед										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,05	0,15	0,2	0,1
3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,6	0,7	0,35	0,45	0,6	0,3
4	0,7	0,8	0,6	0,55	0,7	0,85	0,45	0,65	0,8	0,6
5	0,9	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,9	0,85

Признак разделения, у. е.										
№ фракции	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**	**0**	**2**	**4**	**6**	**8**
1	0-1					0-10				
2	1-2					20-20				
3	2-3					20-30				
4	3-4					30-40				
5	4-5					40-50				

Задача № 6. Расчёт технологических показателей и построение схемы разделения для заданного двумерного фракционного состава

Построить принципиальную схему разделения руды с известным двумерным фракционным составом (таблица 4, рисунок 11) по заданной границе разделения (рисунок 12). Рассчитать итоговые технологические показатели схемы для продуктов со штриховкой (продукт 1) и без неё (продукт 2).

Задача № 7. Построение варианта оптимальной принципиальной схемы обогащения руды для заданного двумерного фракционного состава

Предложить вариант оптимальной принципиальной схемы разделения руды при заданных двумерном фракционном составе руды (таблица 4, рисунок 11) и критерии оптимизации К: $\gamma_к \rightarrow max$ при $\beta \geq \beta_{зад}$ или Х: $\gamma_х \rightarrow max$ при $\vartheta \leq \vartheta_{зад}$. Исходный фракционный состав и условия критерия оптимизации принять по номеру варианта.

Исходные данные для задач № 6, 7

Таблица 4 – Комбинации «фракционный состав – граница разделения», критерий оптимизации

Первая цифра варианта									
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Фракционный состав									
А	Б	В	Г	Д	Е	А	Б	В	Г
$\beta_{зад}$, %									
4,5	6,0	9,0	5,0	9,0	8,0	5,0	6,5	9,0	4,0
$\vartheta_{зад}$, %									
0,95	1,1	2,0	2,0	2,3	2,5	0,95	1,1	2,0	2,0
Вторая цифра варианта									
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Граница разделения									
6	5	4	3	2	1	6	5	4	3
Критерий оптимизации									
К	Х	К	Х	К	Х	К	Х	К	Х

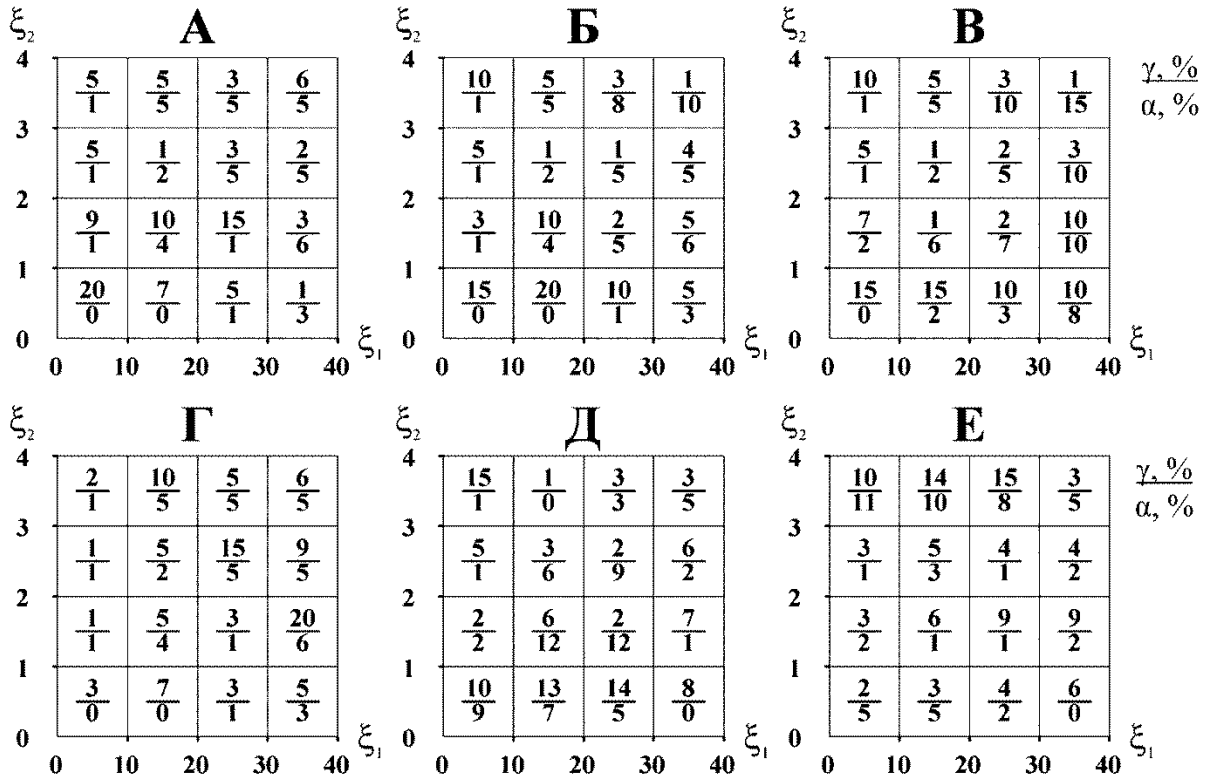


Рисунок 11 – Исходный двумерный фракционный состав

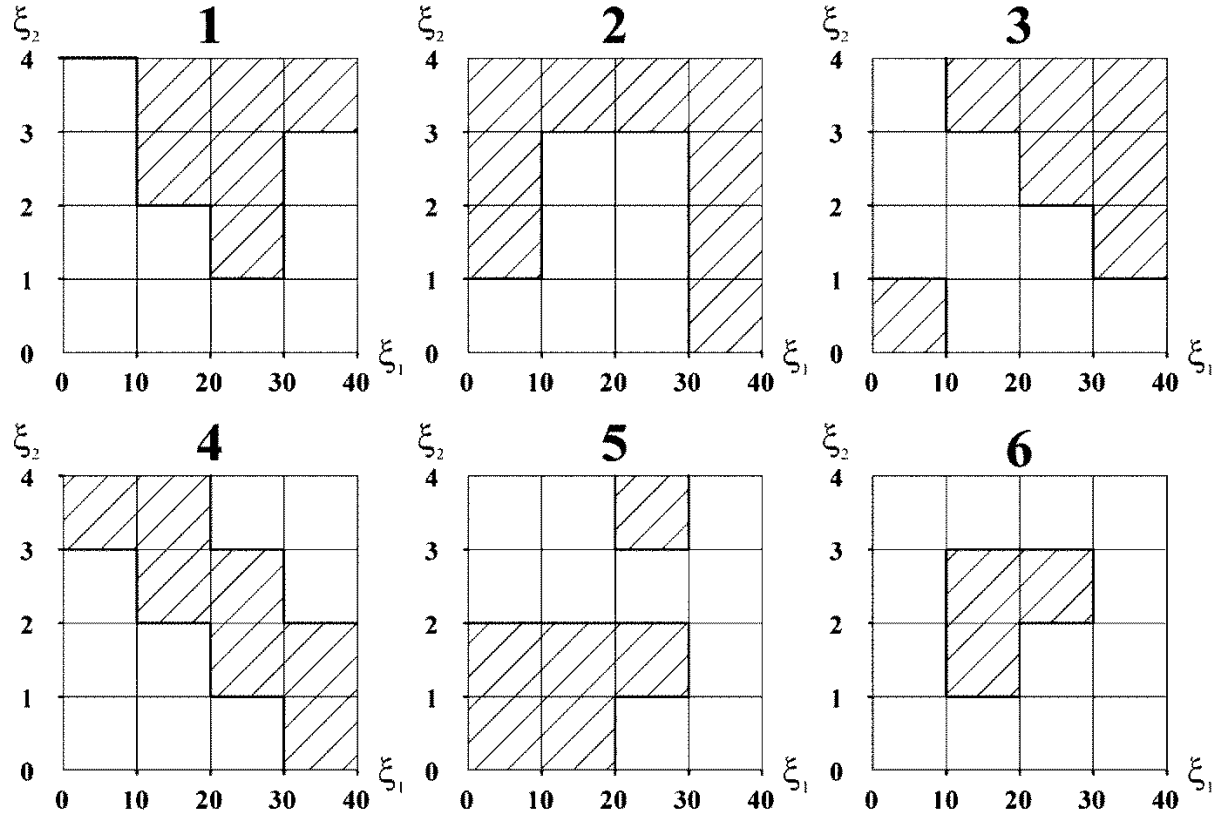


Рисунок 12 – Граница разделения

Учебное издание

Евгений Федорович Цыпин

Татьяна Юрьевна Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Компьютерная вёрстка: *Т. Ю. Овчинниковой*

Подписано в печать 23.05.2019 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 $^{1/16}$
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,69. Уч.-изд. л. 0,98. Тираж 100 экз. Заказ №38

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.03.01 ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.03.02 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.04.01 СОВРЕМЕННЫЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Обогащения полезных ископаемых	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Козин В. З.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 04.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.ДВ.04.02 ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания
к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горнотехнологического
факультета
«11» апреля 2018 г.
Председатель комиссии


доцент Кокарев К. В.

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания
к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ 6
1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30) 6
1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3 10
2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ 13
2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования 13
2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе 14
2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода 17
2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети 18
3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ 20
3.1. Вычисление привязки 20
3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий 22
3.3. Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования 23
3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования 26
3.4.1. Вычисление угловой невязки хода 26
3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода 28
3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования 29
4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА 31
4.1. Работа на станции 31
4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки 32
4.3. Составление абриса 34
5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА 36
5.1. Вычерчивание координатной сетки 36
5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам 36
5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план 37

5.3. Оформление топографического плана 37
6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ 39
6.1. Рекогносцировка трассы 39
6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей 39
6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям 40
6.4. Работа на станции при нивелировании 41
6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования 45
6.5.1. Обработка нивелирного журнала 45
6.5.2. Построение профиля трассы 47
6.5.3. Проектирование по профилю 49
7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ 52
7.1. Элементы геодезических разбивочных работ 52
7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла 52
7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния 53
7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом) 53
7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой 56
7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном 57
8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ 59
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 60
ПРИЛОЖЕНИЯ 62
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Стандартный шрифт 62
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Вычислительный шрифт 63

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задачей учебной геодезической практики является закрепление теоретических знаний студентов и приобретение ими практических навыков при решении различных инженерно-геодезических задач.

Все виды работ, предусмотренные программой, выполняются студентами самостоятельно бригадами в составе 6 человек, Продолжительность учебной геодезической практики – 2 недели.

Студенты допускаются к производству геодезических работ на практике лишь после изучения правил по охране труда и технике безопасности.

В период прохождения геодезической практики студенты обязаны выполнять установленный распорядок дня, бережно относиться к полученным приборам и инструментам и поддерживать дисциплину и порядок на полигоне и территории базы.

Руководитель практики систематически контролирует в течение всего периода практики се виды полевых и камеральных работ и принимает законченные работы.

Зачет по практики преподаватель принимает по пятибалльной системе от каждого студента в присутствии всех членов бригады.

Студенты, пропускающие дни практики, опаздывающие или уходящие с работы раньше срока по неуважительной причине, к зачету по практике не допускаются.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ

Для измерения углов на учебно-геодезической практике используются теодолиты Т-30, 2Т-30.

Основные части теодолита (2Т-30) показаны на рис. 1.1, отсчетные устройства приборов – на рис. 1.2, сетка нитей – на рис. 1.3.

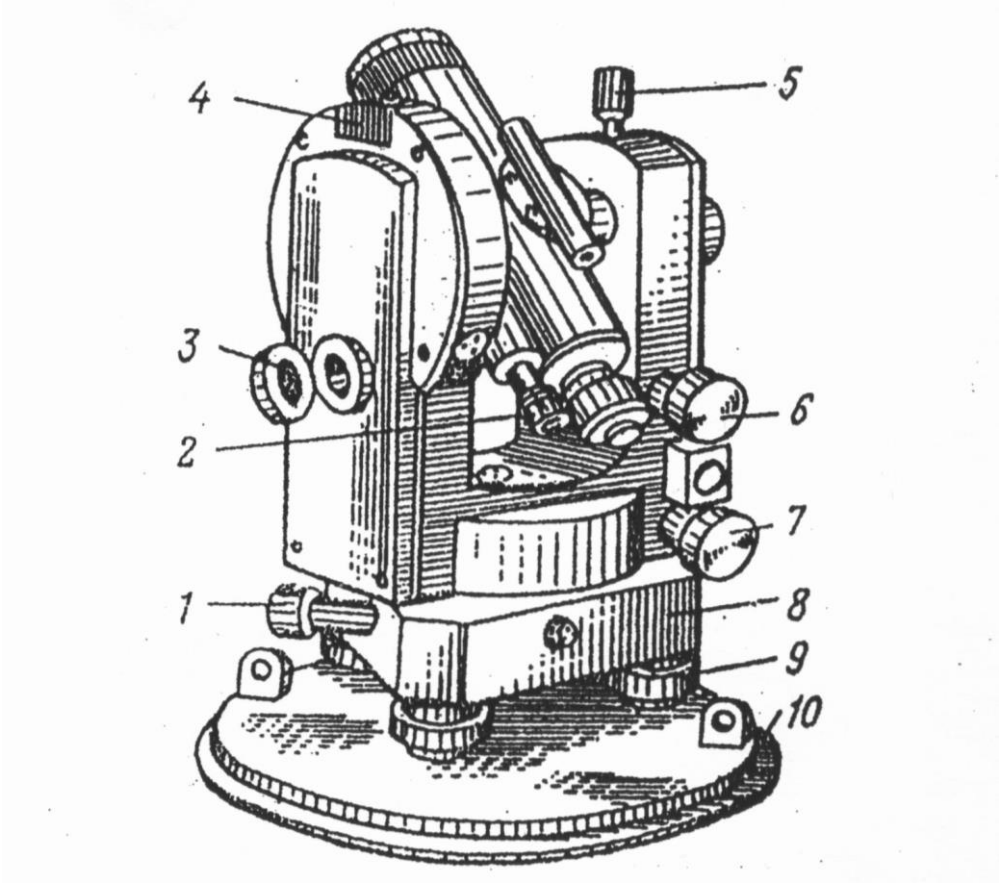


Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:
1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа;
4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы;
6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады;
8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание

1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30)

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора.

Уровень горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов, приводят или пузырек на середину, Затем поворачивают, алидаду на 180°. При отклонении пузырька от средины более чем на 2 деления производят юстировку – на половину дуги отклонения пузырька уровня перемещают юстировочными винтами уровня. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Выбирают на местности удаленную точку. Наводят теодолит на удаленную точку и берут отсчёты по горизонтальному кругу при двух положениях вертикального круга $КЛ_1$ и $КП_1$. Открепив становым винтом штатива подставку теодолита, поворачивают прибор примерно на 180° и повторяют то же самое, получая отчеты при $КЛ_2$ и $КП_2$. Получают значение коллимационной ошибки *C* по формуле:

$$C = \frac{(КЛ1 - КП1 \pm 180°) + (КЛ2 - КП2 \pm 180°)}{4}.$$

Если величина *C* превышает 2′, то вычисляют исправленный отсчет КП – С и устанавливают его на горизонтальном круге микрометренным винтом алидады. При этом центр сетки нитей сместится с точки наведения. Для исправления данного положения вращают горизонтальные исправленные винты сетки нитей до совмещения ее центра с точкой наведения.

Пример: отсчеты по горизонтальному кругу

	КЛ	КП
Наведение 1	40°22′	220°20′
Наведение 2	200°10′	20°10′

$$C = \frac{(40\,°22\,' - 220°\,20\,' + 180°00\,') + (200°\,10\,' - 20°10\,' - 180°00\,')}{4};$$

$$C = \frac{4'}{4} = 1'.$$

В штриховом микроскопе теодолита Т30 в середине поля зрения виден штрих, относительно которого осуществляется отсчет по лимбу (рис. 1.2, *а*). Перед отсчетом по лимбу необходимо определить цену деления лимба. В теодолите Т30 цена деления лимба составляет 10 угловых минут, т. к. градус разделен на шесть частей. Число минут оценивается на глаз в десятых долях цены деления лимба. Точность отсчета составляет 1′.

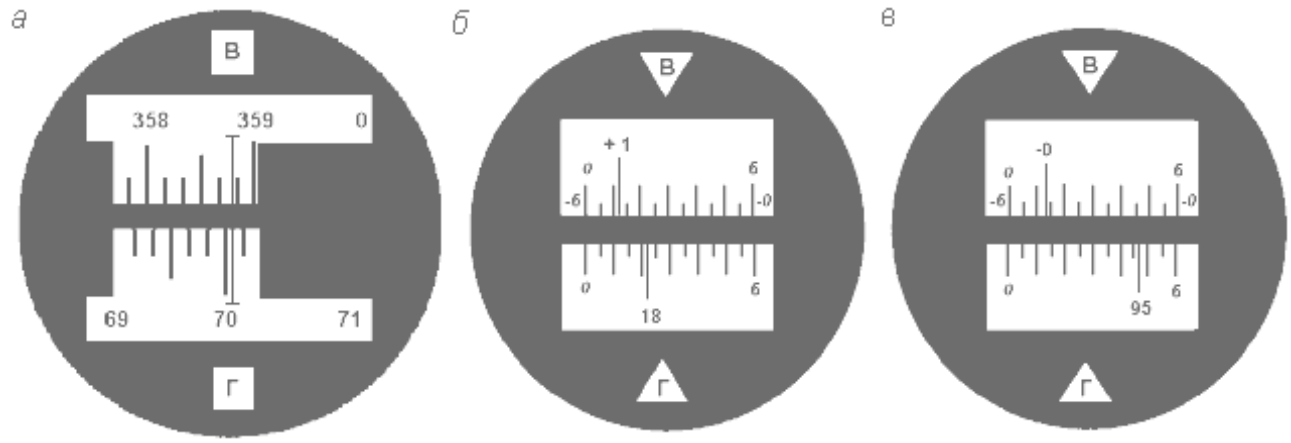


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – 358° 48′, по горизонтальному – 70° 03′ (*а*); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – 1° 11′, по горизонтальному – 18°22′ (*б*); по вертикальному кругу – -0°47′, по горизонтальному – 95° 47′ (*в*)

В шкаловом микроскопе теодолита 2Т30 в поле зрения видна шкала, размер которой соответствует цене деления лимба (рис. 1.2, *б*, *в*). Для теодолита технической точности размер шкалы и цена деления лимба равны 60′. Шкала разделена на двенадцать частей, и цена ее деления составляет 5 угловых минут. Если перед числом градусов знака минус нет, отсчет производится по шкале от 0 до 6 в направлении слева направо (рис. 1.2, *б*). Если перед числом градусов стоит знак минус, в этом случае минуты отсчитываются по шкале вертикального круга, где перед цифрами от 0 до 6 стоит знак минус в направлении справа налево (рис. 1.2, *в*). Десятые доли цены деления шкалы берутся на глаз с точностью до 30″.

Поверка 3. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит недалеко от стены здания. Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоко расположенную точку и, закрепив алидаду, наклоняют трубу примерно до горизонтального положения. Отмечают карандашом на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, снова повторяют все действия. Если наблюдаемое в зрительной трубе горизонтальное расстояние между двумя проекциями центра сетки нитей не превышает тройную ширину биссектора сетки, то условие поверки считается выполненным (рис. 1.3). В противном случае прибор подлежит исправлению на заводе.



Рис. 1.3. Сетка нитей

Поверка 4. Определение и исправление места нуля (МО) вертикального круга.

При двух положениях круга наводят центр сетки нитей на хорошо видимый предмет и берут отсчёты по вертикальному кругу КЛ и КП. Значение МО вычисляют по формуле:

Для 2Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}.$$

Для Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} - 180°}{2}.$$

Пример:

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7°20' + 172°44' - 180°}{2} = 2',$

для Т-30 КП $172^\circ 44'$.

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7°20' - 7°24'}{2} = -2',$

для 2Т-30 КП $-7^\circ 24'$.

Место нуля определяют дважды. Среднее значение недолжно превышать 1-3′.

В противном случае микрометренным винтом вертикального круга устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный КП-МО. При этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Для исправления МО его совмещают с точкой наведения, вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей.

Для контроля поверку повторяют. При выполнении этой поверки следят, чтобы пузырёк уровня горизонтального круга находился в нуль-пункте.

1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3

Нивелир Н-3 предназначен для определения превышения между смежными точками местности. Основные части нивелира приведены на рис. 1.4.

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельно оси вращения нивелира.

Вращением подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Поворачивают нивелир на 180°. Если пузырек не сместится с средины то условие выполнено. В противном случае юстировочными винтами уровня перемещают его к нуль-пункту на половину дуги отклонения. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы, должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Поверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии длиной 50-75 м (рис. 1.5).

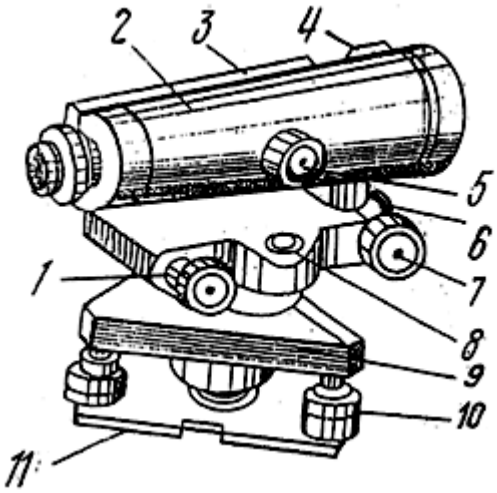
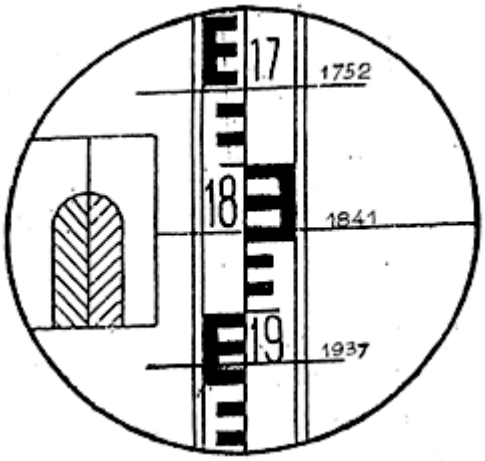


Рис. 1.4. Устройство нивелира:
1 – элевационный винт;
2 – зрительная труба;
3 – цилиндрический уровень;
4 – визир;
5 – винт фокусировки;
6 – закрепительный винт;
7 – наводящий винт;
8 – круглый уровень;
9 – подставка;
10 – подъемные винты;
11 – основание.



Отсчёты по рейке:
1752 мм - верхняя нить
1841 мм - средняя нить
1937 мм - нижняя нить

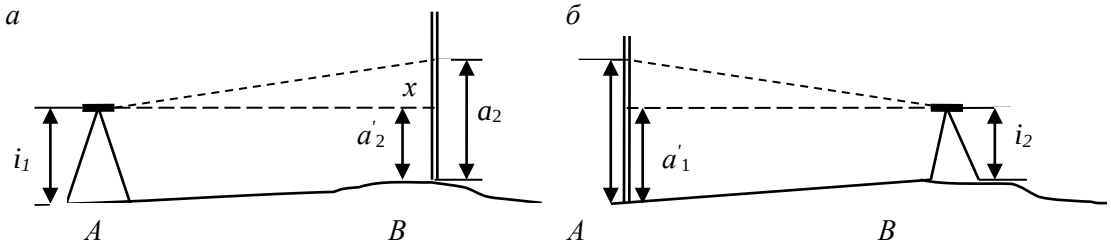


Рис. 1.5. Схема поверки главного геометрического условия

Устанавливают нивелир в точке. А, а рейку в точке В. Измеряют высоту инструмента i_1, в точке А и берут отсчёт по рейке a_1 в точке В. Затем нивелир и рейку меняют местами и снова измеряют высоту инструмента i_2 и берут отсчёт по рейке a_2. Если визирная ось не параллельна оси уровня и составляет с ним некоторый угол v, то отсчёты по рейке будут содержать некоторую погрешность X. Величину этой погрешности определяют по формуле:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \text{ мм.}$$

Пример: $i_1 = 1420$ мм $\qquad i_2 = 1540$ мм

$a_1 = 1180$ мм $\qquad a_2 = 1786$ мм

$$X = \frac{1180 + 1786}{2} - \frac{1420 + 1540}{2} = 3 \text{мм.}$$

Если величина $X > 4$ мм, то не параллельность осей исправляют. Для этого вычисляют исправленный отсчет $a_2 = a_2 - X$ (рис. 1.5) и, действуя элевационным винтом, устанавливают его на рейке по средине нити сетки. Затем, действуя вертикальными юстировочными винтами цилиндрического уровня, совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

Поверка 3. Сетка нитей должна быть расположена правильно, т. е. вертикальная нить должна быть вертикальна, а горизонтальная – горизонтальна.

На расстояние 15-20 м вывешивают отвес, наводят трубу нивелира на нить отвеса. Если вертикальная нить сетки нитей параллельна нити отвеса, то условие выполнено. В противном случае исправление делают поворотом всей оправы сетки нитей до правильного положения, предварительно ослабив винты оправы.

2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

Для производства топографо-геодезических работ на местности необходимо иметь сеть пунктов съемочного обоснования.

На практике каждая бригада студентов на своем участке создает планово-высотную съемочную сеть в виде замкнутого тахеометрического хода с общим числом вершин 6-7, в котором измеряют горизонтальные и вертикальные углы и длины сторон, а также осуществляют привязку тахеометрического хода к пунктам опорной геодезической сети.

2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: штыри, две вешки, молоток, тетрадь, две ручки.

Бригада студентов вместе с преподавателем обходит участок, выбирает места для точек съемочного обоснования и закрепляет их. При этом необходимо соблюдать ряд условий:

- Удобство установки теодолита для работы на станции;
- Взаимная видимость на соседние пункты;
- Максимальный обзор местности и полнота съемки;
- Расстояния между пунктами от 40 до 100 м.

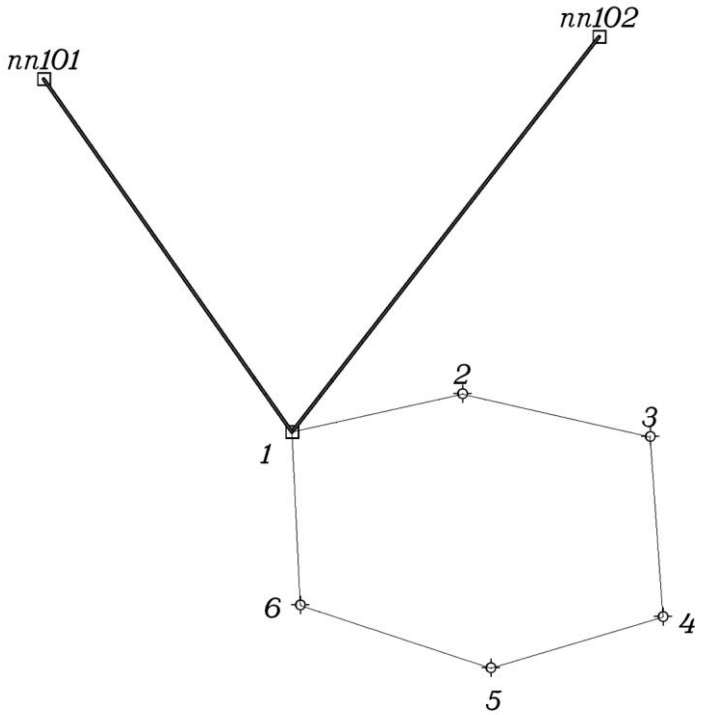


Рис. 2.1. Схема расположения пунктов съемочного обоснования

Закрепление пунктов съемочного обоснования производят металлическими штырями, которые забивают до уровня земной поверхности, вокруг штыря делают окопку, каждому из них присваивается порядковый номер. При рекогносцировке составляют общую схему расположения точек съемочного обоснования (рис. 2.1).

2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: теодолит, две вешки, одна рейка, полевой журнал для измерения углов, карандаш, тетрадь.

На каждом пункте планово-высотного хода измеряют горизонтальный угол, вертикальные углы и наклонные длины линий. Углы измеряют теодолитами Т-30 или 2Т-30 одним полным приемом, длины сторон хода – нитяным дальномером. Результаты измерений записывают в журнал измерения углов и длин линий простым карандашом (таблица 1).

Порядок работы:

1) Теодолит центрируют над пунктом по отвесу с точностью 5 мм и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня при горизонтальном круге.

2) На две смежные точки выставляют визирные вехи, на которых отмечают ярким шнурком высоты инструмента на данной точке стояния.

3) Измерение горизонтального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Открепив закрепительный винт алидады, наводят на низ вехи (во избежание ошибок из-за наклона вехи). Берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают его в полевой журнал (1) (таблица 1, действие (1). В скобках показана последовательность действий при измерениях и записи в журнале). Затем открепляют закрепительный винт алидады, пересечение основных штрихов сетки наводят на низ правой вехи, берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают в журнал (2). Вычитая из отсчёта (2) отсчёт (1), получают значение угла (3), измеренное одним полуприёмом.

4) Переводят трубу через зенит. Повторяя действия, описанные в пункте 3, измеряют горизонтальный угол вторым полуприемом при положении зрительной трубы КП. По отсчетам (4) и (5) вычисляют значение угла (6), полученного из второго полуприема.

5) Сравнивают значения углов (3) и (6), полученные из двух полуприемов. Их разность не должна быть больше $2t$, т. е. 1’, где t = 30” – точность теодолита. Вычисляют среднее значение горизонтального угла (7) по формуле:

$$\frac{(3)-(6)}{2}=(7).$$

Таблица 1

ЖУРНАЛ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}$$

Дата Исполнитель $\nu = КЛ - МО$

Точка стояния	Круг	Точки визирован.	Горизонтальный круг			Точки		Круг	Вертикальный круг			Длины линий измеренные
			Отсчёт ° '	Измеренный угол ° '	Средний угол ° '	Стояния	Визиров.		Отсчёт	Место нуля	Угол наклона	Горизонт. проложение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	КЛ	2	196°15' (1)	244°24' (3)	244°24,5' (7)	1	2	КЛ	-2°01' (8)	-0°0'30" (12)	-2° 00' 30" (13)	57,1 (14)
		6	80°39' (2)					КП	2°00' (10)			
	КП	2	16°17' (4)	244°25' (6)		1	6	КЛ	8°35' (9)	0°	8°35'	116,5 (15)
		6	260°42' (5)					КП	-8°35' (11)			
2	КЛ	3	146°55'	59°46'	59°46'	2	1	КЛ	-8°36'	0°	-8°36'	116,5 (16)
		1	206°41'					КП	8°36'			
	КП	3	326°59'	59°46'		2	3	КЛ	-2°20'	-0°2'	-2°18'	82,5
		1	26°45'					КП	2°18'			

6) Измерение вертикального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Зрительную трубу наводят на веху, установленную на смежной точке. Основной (средний) горизонтальный штрих сетки совмещают с отметкой высоты инструмента на вехе (шнурок). После чего берут отсчет по вертикальному кругу (8). Затем наводятся на веху, установленную второй точке, и записывают значения по вертикальному кругу (9).

7) Переводят зрительную трубу через зенит, повторяют действия, описанные в пункте 6, при положении зрительной трубы КП. Берут отсчет по вертикальному кругу и записывают в журнал (10), (11).

8) Вычисляют МО вертикального круга (12).

9) Вычисляют угол наклона (13) по формуле:

$$\nu = \text{КЛ} - \text{МО}.$$

Контроль:

- При измерении вертикальных углов на станции колебание МО для разных вертикальных углов не должно превышать ± 2′.
- Значения углов наклона, измеренных в прямом и обратном направлениях, не должны отличаться более, чем на ± 3′.

Запрещается! В полевом журнале стирать резинкой результаты измерений, писать цифру на цифре, переписывать полевой журнал. Ошибочные измерения зачеркиваются одной чертой, затем записи продолжаются дальше. Все записи должны вестись четко и аккуратно с использованием шрифтов (см. прил. 1, 2).

2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода

В процессе проложения тахеометрического хода в поле измеряют длины сторон хода. Для этого на смежные точки ставят нивелирную рейку (нулем вниз), наводят зрительную трубу на рейку, совмещая верхний дальномерный штрих сетки нитей с каким-нибудь целым делением рейки (обычно с отсчетом 1000). Подсчитывают длину отрезка “l” в см между верхним и нижним дальномерными штрихами. Доли сантиметровых делений оценивают на глаз.

Длина измеренной стороны определяется по формуле

$$S_{\text{изм}} = K \times l_{\text{см}},$$

где K – коэффициент нитяного дальномера (K = 100), l – длина отрезка в см между верхней и нижней дальномерными нитями.

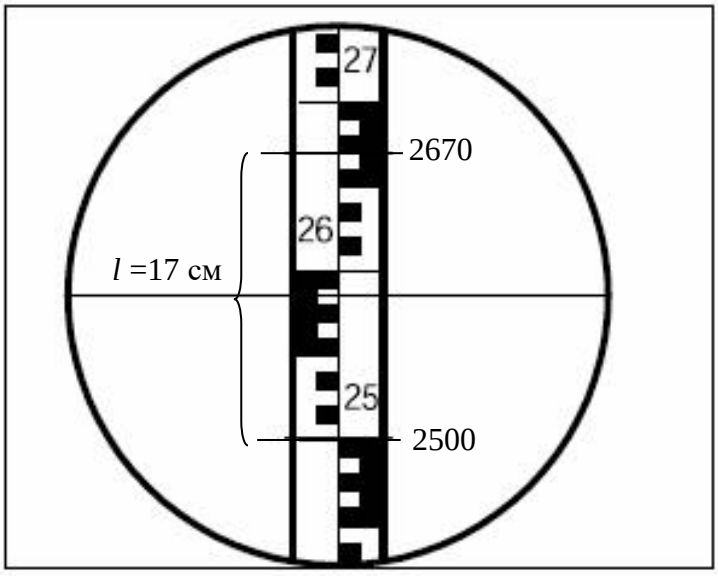


Рис. 2.2. Определение расстояний нитяным дальномером

Пример: на рис. 2.2 отчет по верхней нити 2670, отчет по нижней нити 2500, l = 2670 – 2500 = 170 мм = 17 см, $S_{изм}$ =17 см × 100 = 1700 см = 17,0 м.

На станции длину каждой стороны хода измеряют дважды по черной и по красной сторонам рейки, или по одной стороне, но по разным делениям рейки. Разность результатов измерений должна быть не более 0,3 м на 100 метров длины. Среднее значение длины стороны хода записывают в полевой журнал (14) с округлением до 0,1 м.

Длины сторон хода обязательно измеряют в обратном направлении. Разность между результатами измерений ”прямо” (15) и “обратно” (16) не должна превышать 1:200-1:400 (0,3-0,5 м на 100 м длины).

2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети

Привязку тахеометрического хода выполняют для определения дирекционного угла начальной стороны хода. Одна из вершин тахеометрического хода является пунктом опорной геодезической сети (рис. 3.1). С него есть видимость на два других геодезических пункта (пп101, пп102). Для привязки хода к опорной геодезической сети производят измерение примычных углов φ_1 и φ_2. Это угол между твердой стороной и первой стороной тахеометрического хода (рис. 3.1). В полевом журнале вычерчивают схему привязки, показывают примычные углы.

Каждый примычный угол φ_1 и φ_2 измеряют двумя приемами с перестановкой лимба между приемами примерно на 90˚. Для контроля измеряют угол между исходными сторонами (δ). Контроль производят по формуле:

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Допустимое расхождение $\pm 3'$.

3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

После последних измерений производят проверку полевых журналов, правильность записей и вычислений измеренных и средних значений. По значениям измеренных горизонтальных углов и длин линий составляют схему съемочного обоснования и ее привязки (рис. 3.1). На схему выписывают измеренные значения углов и длин. Затем приступают к вычислениям. Вычисления линейных величин ведут с точностью до 0,1 м, а углов – до 30”. Из полевого журнала выписывают измеренные примычные углы φ_1 и φ_2.

3.1. Вычисление привязки

Дирекционный угол начальной стороны хода ($\alpha_{1\text{-}2}$) (рис. 3.1) вычисляют дважды, исходя из значений дирекционных углов исходных сторон опорной геодезической сети ($\alpha_{1\text{-}A}$, $\alpha_{1\text{-}B}$) и измеренных углов (φ_1, φ_2) по формулам:

$$\alpha_{1\text{-}2} = \alpha_{1\text{-}\,пп101} + \varphi_1;$$
$$\alpha_{1\text{-}2} = \alpha_{1\text{-}\,пп102} + \varphi_2.$$

Дирекционные углы исходных сторон вычисляют решая обратные геодезические задачи , по формулам:

$$r_{1\text{-}пп101} = \operatorname{arctg}\frac{Y_{пп101} - Y_1}{X_{пп101} - X_1},\quad r_{1\text{-}пп102} = \operatorname{arctg}\frac{Y_{пп102} - Y_1}{X_{пп102} - X_1}.$$

Расхождение полученных значений $\alpha_{1\text{-}2}$ не должно превышать 2-3′.

После нахождения значения румба необходимо определить координатную четверть, содержащую направление. Координатную четверть определяют по знакам приращений координат (рис. 3.2).

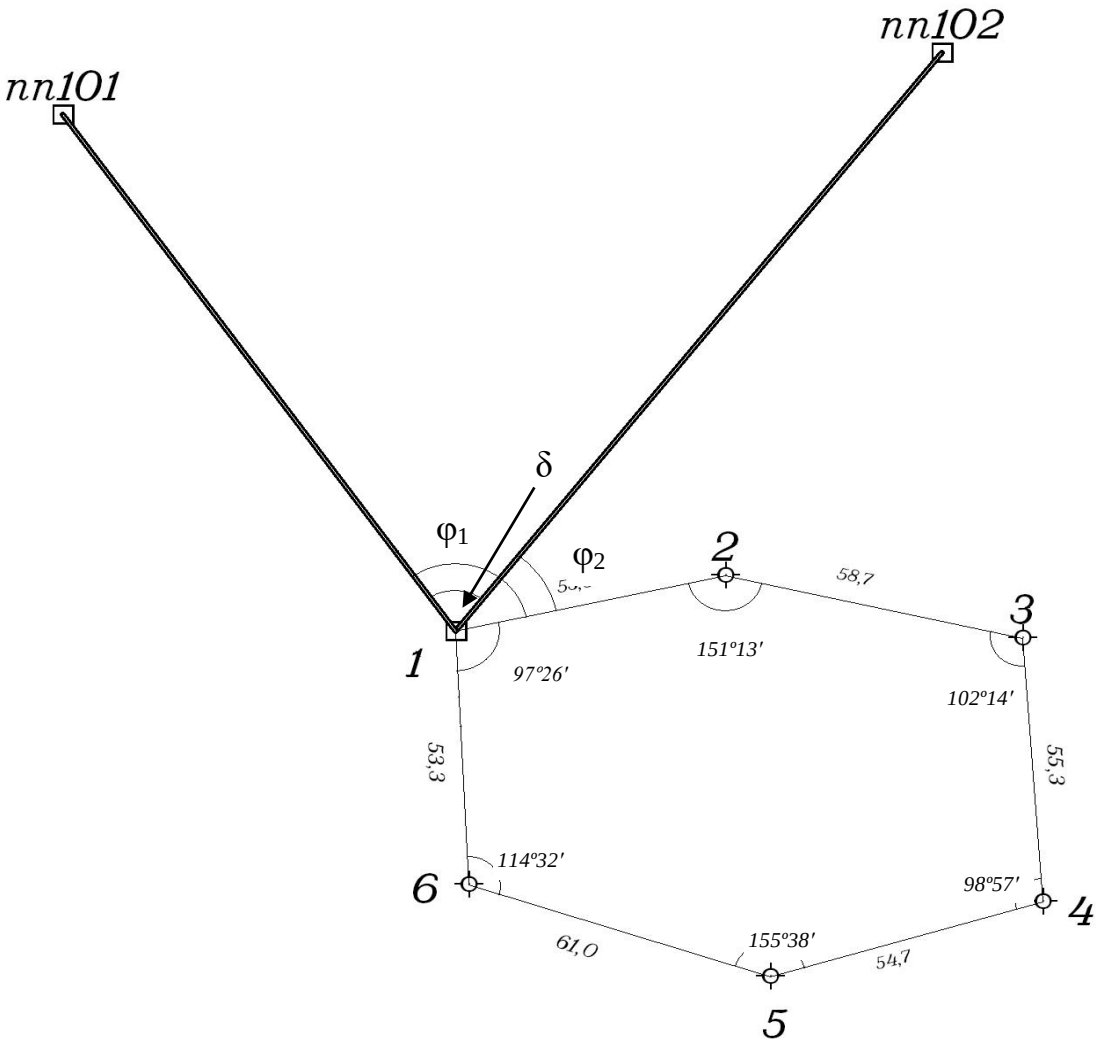


Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

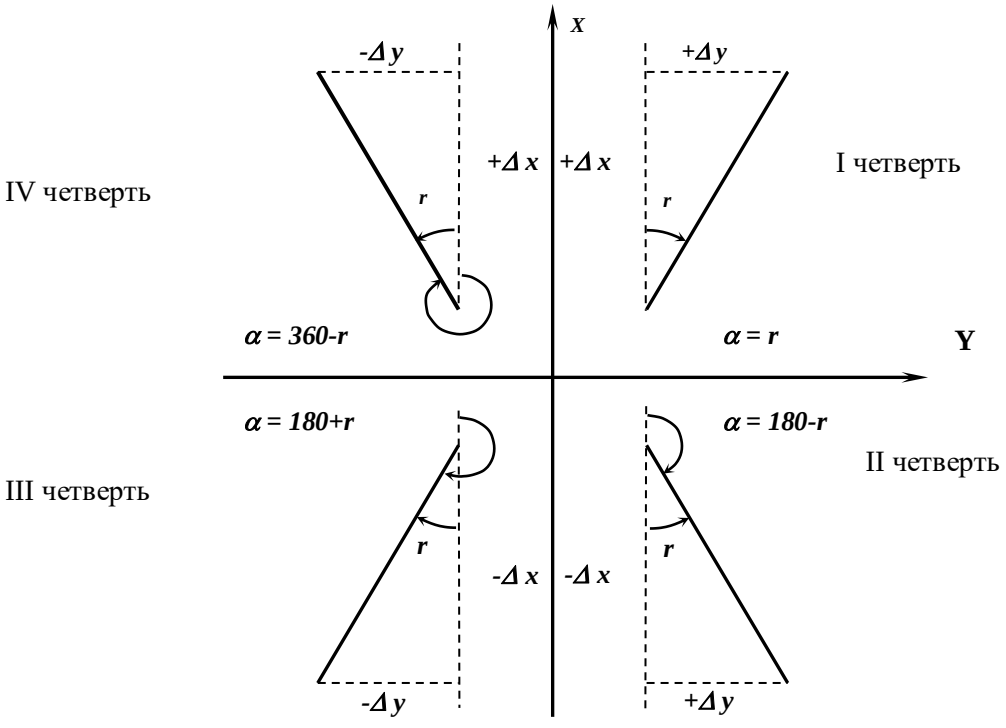


Рис. 3.2. Зависимости между дирекционными углами и румбами

Пример записи и вычислений дирекционных углов приведен ниже.

Таблица 2

Исходные данные

Название пункта	*X*, м	*У*, м	*H*, м
1	3348,05	2238,25	271,36
пп101	4099,71	1639,28	282,40
пп102	4001,87	2581,51	290,24

$$r_{1\text{-пп}101} = \text{arctg}\frac{Y_{\text{пп}101} - Y_1}{X_{\text{пп}101} - X_1} = \text{arctg}\frac{1639{,}28 - 2238{,}25}{4099{,}71 - 3348{,}05} = \text{arctg}\frac{-598{,}97}{751{,}66} =$$

$=38{,}54993965° = 38°33'00''$(IV ч.);

$$\alpha_{1\text{-пп}101} = 360° - 38°33'00'' = 321°27'.$$

$$r_{1\text{-пп}102} = \text{arctg}\frac{Y_{\text{пп}102} - Y_1}{X_{\text{пп}102} - X_1} = \text{arctg}\frac{2581{,}51 - 2238{,}25}{4001{,}87 - 3348{,}05} = \text{arctg}\frac{343{,}26}{653{,}82} =$$

$= 27{,}69992196° = 27°42'00''$ (I ч.);

$$\alpha_{1\text{-пп}102} = 27°42'00''.$$

$\varphi_1 = 333°18'00''$;

$$\alpha_{1\text{-}2} = 321°27'00'' + 333°18'00'' = 294°45'00''.$$

$\varphi_2 = 267°05'00''$;

$$\alpha_{1\text{-}2} = 27°42'00'' + 267°05'00'' = 294°47'00''.$$

Средний $\alpha_{1\text{-}2} = 294°46'00''$.

3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий

Горизонтальные проложения необходимо знать для вычисления координат точек тахеометрического хода.

Вычисление горизонтальных проложений выполняют в ведомости вычисления отметок съемочного обоснования (таблица 3).

Из журнала измерения улов и длин линий выписывают среднее значения длин линий (*S*), полученные по результатам измерений в прямом и обратном направлениях, в графу 4 табл. 3 и углы наклона (*v*), измеренные в прямом и обратном направлениях, в графы 2 и 3 табл. 3. По этим данным вычисляют горизонтальные проложения с точностью до 0,01 м по формуле:

$$D = S \times \cos^2 v,$$

где *S* – среднее значение измеренной длины линии (графа 4), *v* – угол наклона линии в прямом направлении (графа 2), *D* – горизонтальное проложение (графа 5).

3.3. Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования

Вычисление отметок производится с точностью до 0,01 м в ведомости вычисления отметок (таблица 3).

По измеренным расстояниям и углам наклона вычисляют превышения между точками хода в прямом и обратном направлениях по формуле:

$$h = D \times \tan v.$$

Значения превышений с соответствующим знаком записывают в графы 6 и 7.

Расхождения в превышениях, полученных в прямом и обратном направлениях, допускаются не более 4 см на 100 м. Если это условие выполнено, то в графе 8 вычисляют средние превышения, сохраняя перед ними знак превышения из прямого хода. Сумму положительных и отрицательных значений превышений записывают в графе 8 внизу. Далее подсчитывают невязку по превышениям. Она равна сумме превышений замкнутого хода:

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}}.$$

Допустимую высотную невязку вычисляют по формуле:

$$\text{доп. } f_h = \pm 0{,}2 \text{ м} \sqrt{\sum D(\text{км})},$$

где $-\sum D$ сумма горизонтальных проложений ходя (периметр в км).

Полученную невязку f_h распределяют между превышениями с обратным знаком пропорционально длинам линий по формуле:

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{\sum D} \times D_i.$$

Таблица 3

Вычисления отметок точек съемочного обоснования

№№ точек	Вертикальные углы		Длины сторон, м		Превышение, м				Отметки точек, м	№№ точек
	Прямо ° '	Обратно ° '	Измеренные, *S*	Горизонтальное проложение, *D*	Прямо	Обратно	Среднее	Исправленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1									230,00	1
	-2°01'	+2°02'	83,0	82,90	-2,92	+2,95	-0,02 -2,94	-2,96		
2									227,04	2
	-5°24'	+5°25'	122,0	120,92	-11,43	11,46	-0,03 -11,45	-11,48		
3									215,56	3
	+2°15'	-2°16'	98,0	97,85	+3,85	-3,88	-0,02 +3,87	+3,85		
4									219,41	4
	+1°56'	-1°57'	120,0	119,86	+4,05	-4,09	-0,03 +4,07	+4,04		
5									223,45	5
	+4°30'	-4°29'	100,5	99,88	+7,86	-7,83	-0,02 +7,85	+7,83		
6									231,28	6
	-0°56'	+0°58'	76,5	76,48	-1,25	+1,29	-0,01 -1,27	-1,28		
1									230,00	1
				ΣD = 597,89 м		$\sum h_{ср}$ (+) = +15,79 $\sum h_{ср}$ (-) = -15,66		Σ = 0		
							f_h = +0,13	Доп. $f_h = \pm 0{,}2\text{м}\sqrt{\sum D(\text{км})}$		
								Доп. $f_h = \pm 0{,}2\text{м}\sqrt{0{,}6} = \pm 0{,}15$		

Вычислил Орлов Проверил Петров

Контроль: $\Sigma\delta = -f_h$

Величины поправок записывают в графе 8 над превышениями. В графу 9 записывают исправленные превышения.

Контроль: если исправленные превышения вычислены правильно, их алгебраическая сумма должна быть равна нулю.

По исправленным превышениям последовательно вычисляют отметки пунктов съемочного обоснования по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + h_n,$$

где H_{n+1} – высота последующего пункта (м), H_n – отметка предыдущего пункта (м), h_n – превышение между смежными пунктами (м).

Контролем вычисления отметок является получение отметки исходной точки в конце вычислений.

3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования

Вычисление координат производится в ведомости вычисления координат (таблица 4). В графу 1 ведомости выписывают номера вершин хода, в графу 2 – номера точек визирования. В графу 3 выписывают против соответствующих вершин средние значения измеренных горизонтальных углов. Значения горизонтальных проложений линий выписывают в графу 6 из таблицы 3.

3.4.1. Вычисление угловой невязки хода

Угловой невязкой f_β замкнутого тахеометрического хода называется разность между суммой измеренных горизонтальных углов $\Sigma\beta_{изм}$ и теоретической суммой внутренних углов плоского многоугольника $\Sigma\beta_{теор}$ т. е.

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор},$$

где $\Sigma\beta_{теор} = 180°\times(n - 2)$, n – число углов многоугольника.

Вычисленные значения $\Sigma\beta_{изм}$ и $\Sigma\beta_{теор}$ подписывают внизу графы 3.

Здесь же вычисляют величину допустимой угловой невязки по формуле:

$$f_{\beta доп} = 2 \times t \ (t = 0°0'30'' \text{ – точность инструмента}),$$
$$f_{\beta доп} = \pm 1'\sqrt{n}\,.$$

Таблица 4

Вычисление координат точек съемочного обоснования

Номера точек		Горизонтальные углы		Дирекционные углы	Горизонтальные проложения, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
						Вычисленные		Исправленные			
Стояния	Визиров	Измеренные ° '	Исправленные ° '	° '		ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						+0,05	+0,08			**3348,05**	**2238,25**
	3			**294°46'**	82,90	+34,73	-75,27	+34,78	-75,19		
2						+0,07	+0,12			3382,83	2162,06
	1	110°59'00"	110°59'								
3				3°47'	120,92	+120,64	+7,98	+120,71	+8,10		
	4									3503,54	2171,16
	2	123°09'00"	123°09'			+0,06	+0,10				
4				60°38'	97,85	+48,01	+85,32	+48,07	+85,42		
	5									3551,61	2256,58
	3	105°15'00"	105°15'			+0,07	+0,12				
5				135°23'	119,86	-85,35	+84,21	-85,28	+84,33		
	6									3466,33	2340,91
	4	117°58'00"	117°58'			+0,06	+0,10				
6				197°25'	99,88	-95,32	-29,90	-95,26	-29,8		
	1	-0°0'30"								3371,07	2311,11
	5	124°58'30"	124°58'			+0,05	+0,08				
1				252°27'	76,48	-23,07	-72,94	-23,02	-72,86		
	2	-0°0'30"									
	6	137°41'30"	137°41'							**3348,05**	**2238,25**
				(294°46')	ΣD = 597,89						
			$\sum\beta_{исп}$ = 720°			fx = -0,36	fy = -0,6				
						fs = 0,85		0	0		

$\Sigma\beta_{изм}$ = 720°01'00"

$\Sigma\beta_{теор}$ = 720°00'00"

f_{β} = +1'

$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{6} = \pm 2{,}4'$

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} = \frac{1}{703} \langle \frac{1}{300}$$

Вычислил Орлов

Проверил Петров

Если значение угловой невязки не превосходит допустимой величины, то ее распределяют поровну с обратным знаком между измеренными углами, с точностью до 30″, т. е. вычисляют поправки к измеренным горизонтальным углам по формулам:

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}.$$

Если полученное значение поправки меньше 30″, то угловую невязку вводят в наиболее слабое место тахеометрического хода (короткие стороны хода, горизонтальные углы $\leq 20°$ или $\geq 150°$, точки съемочного обоснования, наиболее удаленные от исходных пунктов сети).

Контроль: $\Sigma\delta_\beta = -f_\beta$.

Поправки в измеренные углы подписывают над их значениями. Вычисляют исправленные горизонтальные углы

$$\beta_{исп} = \beta_{изм} + \delta_\beta.$$

Контроль: $\Sigma\beta_{исп} = 180°\times(n - 2)$.

3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода

Вычисление дирекционных углов сторон хода производят по дирекционному углу начальной стороны и исправленным горизонтальным углам. Начальный дирекционный угол стороны 1-2 выписывают из решения привязки (см. раздел 3.1). В нашем примере $\alpha_{1\text{-}2} = 294°46'$. Его записывают в графу 5 между точками 1 и 2. Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{лев} - 180° \text{ - для левых углов;}$$
$$\alpha_{n-1} = \alpha_n - \beta_{прав} + 180° \text{ - для правых углов,}$$

где α_{n+1} – дирекционный угол последующей стороны хода, α_n – дирекционный угол предыдущей стороны хода.

Контроль: полученный дирекционный угол первой стороны хода в конце вычислений должен быть равен исходному. С этой целью по дирекционному углу последней стороны и горизонтальному углу при вершине 1, которые ранее в вычислениях не участвовал, получают дирекционный угол начальной стороны ($\alpha_{1\text{-}2} = 294°\ 46'$).

Вычисленные значения дирекционных углов сторон хода записывают в графу 5.

3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования

Приращение координат хода вычисляют по следующим формулам:

$$\Delta X_i = D_i \times \cos\alpha_i,\ \Delta Y_i = D_i \times \sin\alpha_i,$$

где D_i – горизонтальное проложения линий; α_i – дирекционные углы этих линий.

Вычисления производят с точностью до 0,01 м.

Вычисленные приращения координат записывают в графах 7 и 8.

Для замкнутого хода алгебраическая сумма приращений по каждой оси координат должна быть равна нулю:

$$\sum\Delta X = 0,\ \sum\Delta Y = 0.$$

Внизу графы 7 и 8 находят значения невязок f_x и f_y (по осям абсцисс и ординат), по формулам:

$$f_x = \sum\Delta X\ ,\ \ f_y = \sum\Delta Y.$$

Невязки в приращениях координат обусловлены действием погрешностей измерения углов и сторон хода. Совместное влияние невязок приращений по осям координат характеризуется линейной невязкой в периметре:

$$f_s = \sqrt{fx^2 + fy^2}.$$

Допустимую линейную невязку вычисляют по формуле относительной ошибки:

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} \le \frac{1}{500},$$

где $\sum D$ – сумма горизонтальных проложений длин сторон хода (периметр).

Периметр ($\sum D$) подсчитывают в графе 6 и выписывают внизу. После проверки допустимости относительной линейной невязки $\frac{1}{\sum D \div f_s}$ распределяют невязки приращений координат f_x и f_y.

Невязки f_x и f_y распределяют с обратным знаком в каждое приращение координат пропорционально длинам сторон, т. е. вычисляют поправки к приращениям координат по формулам:

$$\delta X_i = -\frac{f_x}{\sum D} \times D_i, \qquad \delta Y_i = -\frac{f_y}{\sum D} \times D_i,$$

и подписывают их над приращениями в графах 7 и 8.

В графах 9 и 10 записывают исправленные значения приращений координат:

$$\Delta X_{\text{ИСПР}} = \Delta X_i + \delta X_i, \qquad \Delta Y_{\text{ИСПР}} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

Контроль: $\sum \Delta X_{\text{ИСПР}} = 0$, $\sum \Delta Y_{\text{ИСПР}} = 0$.

Далее, в графах 11 и 12 последовательно вычисляют координаты точек тахеометрического хода от координат начальной точки 1, используя исправленные приращения координат, по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{ИСПР}}, \qquad Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{ИСПР}},$$

где X_n, Y_n – координаты предыдущего пункта, X_{n+1} ,Y_{n+1} – координаты последующего пункта.

Контроль: вычисленные координаты начальной точки хода должны быть равны исходным (таблица 4).

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Инструменты и принадлежности для выполнения работ: теодолит, одна вешка, одна рейка, полевой журнал для тахеометрической съемки, абрисы, два карандаша, тахеометрические таблицы.

Тахеометрическую съемку ситуации и рельефа местности выполняют с пунктов съемочного обоснования в масштабе 1:500. На каждой станции измеряют расстояние, горизонтальный и вертикальные углы до съемочных пикетов, т.е. определяют полярные координаты каждой снимаемой точки (съемочных пикетов).

Все записи результатов измерений ведут в журнале тахеометрической съемки (таблица 5). В процессе съемки составляют абрис (рис. 4.1).

Особо важное значение при съемке имеет правильный выбор съемочных пикетов. При съемке ситуации рейку устанавливают на характерных точках контуров (углы зданий, изгибы дорог, рек, границы угодий, столбы электролиний и т. д.). При съемке рельефа рейку устанавливают на характерных точках и линиях рельефа местности (вершина холма, дно котловины, водораздел, тальвег, перегибы скатов, урезы воды).

Съемочные пикеты должны равномерно покрывать всю территорию съемки. Расстояние от точек съемочного обоснования до съемочных пикетов должно быть не более 80 м.

4.1. Работа на станции

Работу на станции выполняют в следующем порядке:

- теодолит центрируют над точкой с точностью до 1 см с помощью отвеса и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга;

- определяют МО вертикального круга на каждой станции, значение МО записывают в журнал тахеометрической съемки (таблица 5) для данной станции. Устанавливают визирную веху на следующую по ходу точку съемочного обоснования. Направление на эту точку принимают за начальное (например: станция 1, направление на точку 2), ориентируют лимб по начальному направлению. Для этого, вращая алидадой, устанавливают отсчет на горизонтальном круге 0°00’. Затем алидаду закрепляют, открепляют лимб, наводят теодолит на выставленную веху (на пункте 2). Далее лимб закрепляют до конца съемки на этой станции, а алидаду открепляют. Съемка ведется только при положении зрительной трубы круг «лево» (КЛ);

- рейкой измеряют высоту инструмента до 0,01 м, записывают ее значение в журнал и отмечают на рейке ярким шнурком (i = 1,30 м);

- рейку устанавливают на съемочный пикет;

- наводят теодолит на рейку, измеряют нитяным дальномером расстояние до рейки и записывают в журнал (1);

- наводят центр сетки нитей на высоту инструмента (шнурок), берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита и записывают в журнал (2), (3). Если на рейке отметки высоты инструмента не видно, то наводят центр сетки нитей на верх рейки и записывают на этом пикете высоту визирования (v = 3 м) в графу 8 таблицы 5.

4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки

В журнале указывают номер станции, начальное направление, МО, высоту инструмента i в метрах, отметку точки H_0 съемочного обоснования в метрах. В соответствующие графы журнала записывают результаты полевых измерений (расстояний, отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам). Затем вычисляют углы наклона на съемочные пикеты по формуле:

$$v = КЛ - МО.$$

Находят горизонтальное проложение D и превышение h’ между точкой съемочного обоснования и съемочным пикетом по углу наклона и расстоянию из тахеометрических таблиц или по формулам, которые приведены в тахеометрических таблицах:

$$D = S \times \cos^2 v;$$
$$h' = D \times tan\ v;$$
$$h = h' + i - \mathrm{v},$$

где D – горизонтальное проложение, S – измеренное нитяным дальномером расстояние, v – угол наклона, i – высота инструмента, v – высота визирования.

Знак превышения соответствует знаку угла наклона.

Отметку съемочного пикета вычисляют по формуле:

$$H = H_0 + h,$$

и записывают в графу 11 (таблица 5).

Таблица 5

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180°}{2} \quad (Т\text{-}30)$$

Точка стояния *1* $H_0 = 230{,}0$ $i = 1{,}30$ КЛ = 354°35'

Дата 13.07.17. КП = 185°23'

Начальное направление *2* Исполнитель Петров v = КЛ-МО МО = - 0°1'

№№ пикетов	Расстояния по дальномеру, м	Отсчеты по кругам /КЛ/		Углы наклона ° '	Горизонтальн. проложения, м	h', м	Высота визиров v, м	i-v	Превышение $h = h' + i$-v	Отметки пикетов $H = H_0 + h$	Примечание
		Горизонтальн. ° '	Вертикальн. ° '								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		0°00									
1	38,0	23°00'	352°59'	-7°00'	37,44	-4,60	1,30	0	-4,60	225,40	рельеф, дорога
2	35,0	53°30'	355°06'	-4°53'	34,75	-2,97	1,30	0	-2,97	227,03	рельеф, дорога
3	56,0	81°00'	356°06'	-3°53'	55,74	-3,78	1,30	0	-3,78	226,22	дорога
4	86,1	100°00'	356°36'	-3°23'	85,80	-5,07	1,30	0	-5,07	224,93	дорога
5	52,3	112°41'	358°47'	-1°12'	52,28	-1,10	1,30	0	-1,10	228,90	рельеф, луг
6	72,0	116°02'	354°23'	-5°36'	71,31	-6,99	3,00	-1,70	-8,69	221,31	рельеф, луг
7	25,0	137°30'	352°34'	-7°25'	24,58	-3,20	1,30	0	-3,20	226,80	обрыв, 2м
8	46,5	141°00'	355°17'	-4°42'	46,19	-3,80	1,30	0	-3,80	226,20	обрыв, 2м
9	25,8	180°10'	349°39'	-10°20'	24,97	-4,55	1,30	0	-4,55	225,45	обрыв, 2м

Вычислил

Проверил

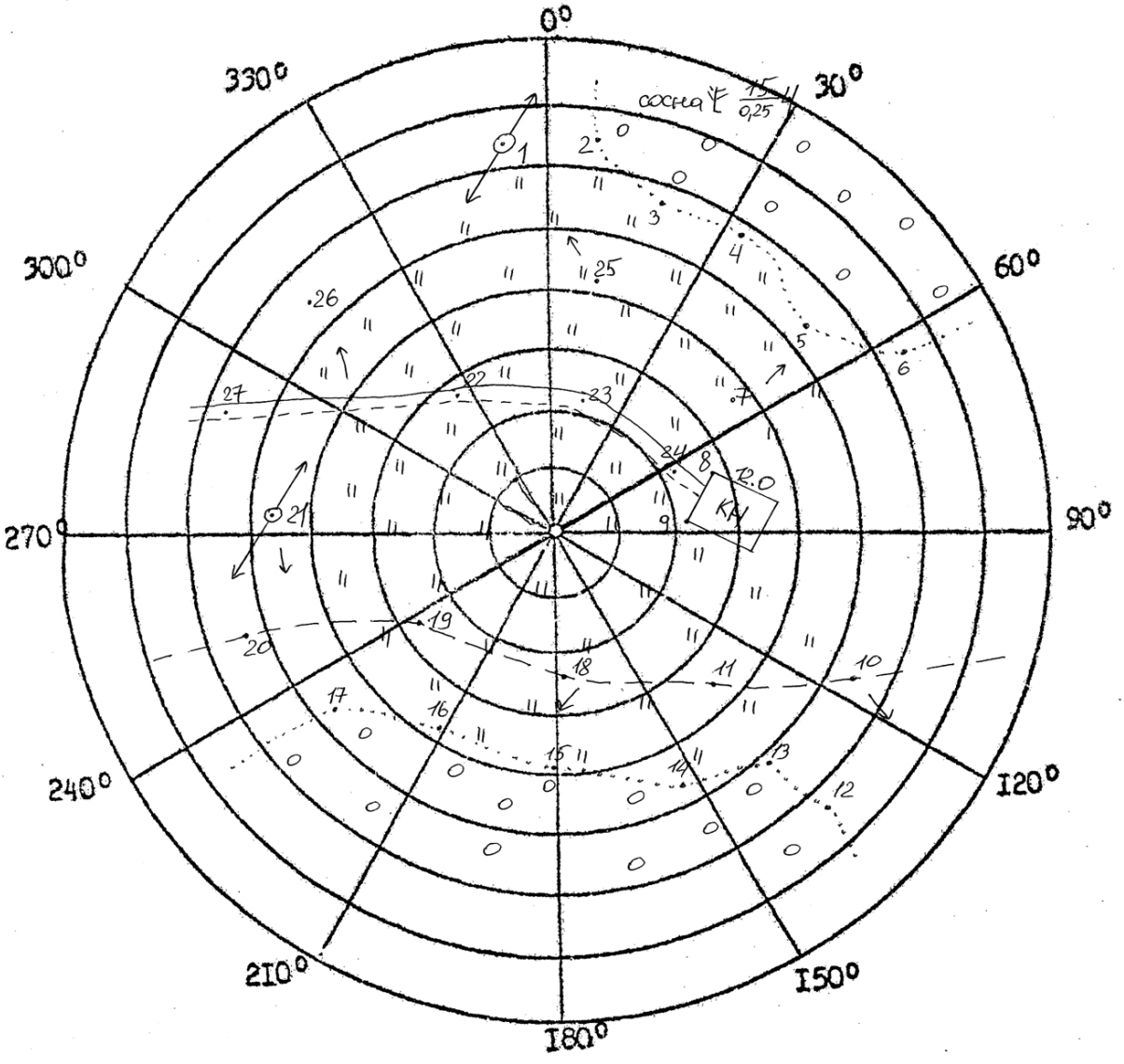
4.3. Составление абриса

Абрис – это схематический чертеж участка местности, снимаемого с данной станции. Абрис составляют на каждой станции одновременно с заполнением журнала тахеометрической съемки (рис. 4.1).

При заполнении абриса центр окружности принимают за станцию, с которой выполняют съемку, один из радиусов за начальное направление (0°), расстояния между окружностями принимают равными 10 м. Каждый съемочный пикет намечают на абрисе точкой, рядом надписывают его порядковый номер.

Станция 2

Начальное направление на пункт 1



Абрис составил Назаров И.В.

Рис. 4.1. Абрис тахеометрической съемки на п. 1

При съемке следят за тем, чтобы нумерация съемочных пикетов на абрисе соответствовала нумерации этих же пикетов в журнале тахеометрической съемки. На абрис наносят все снятые контуры ситуации, сопровождая их пояснительными надписями и условными знаками. На абрисе стрелками показывают направление скатов.

Составление абрисов является ответственной частью тахеометрической съемки, т.к. он в дальнейшем используется для создания топографического плана. Его надо вести аккуратно, все записи делают четко, отточенным карандашом, прямолинейные контуры вычерчивать по линейке. Четкое ведение абриса способствует качественному составлению топографического плана. Абрис сдается вместе с журналом тахеометрической съемки.

Закончив съемку на станции, по абрису проверяют, все ли элементы ситуации и рельефы засняты, нет ли пропусков, достаточно взято ли съемочных пикетов. Съемочные пикеты должны быть расположены не реже, чем через 3 см в масштабе плана, т. е. через 15 м на местности (в масштабе 1:500), их количество зависит от сложности ситуации и сложности рельефа. Кроме того, проверяют, не сбилась ли во время съемки ориентировка теодолита. Для этого в конце съемки снова визируют зрительную трубу по начальному направлению и проверяют неизменность отсчета по лимбу. Допустимое отклонение должно быть не более 3′. Сделав такой контроль, переходят на следующую станцию.

5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

При тахеометрической съемке топографический план создается камеральным путем. Размер рамки для планов масштаба 1:500 принят 50×50 см. План составляют в масштабе 1:500 и оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500».

Составление плана выполняют в следующем порядке:

- вычерчивание координатной сетки;
-построение точек по координатам;
-нанесение ситуации и местности на план;
-оформление топографического плана.

5.1. Вычерчивание координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги А1, стороны сетки принимают равными 10×10 см. Координатную сетку получают путем ее переноса со стандартных сеток, изготовленных на картографической пленке, через световой стол.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должно превышать 0,2 – 0,3 мм.

5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам

Для построения пунктов съемочного обоснования по координатам в масштабе 1:500 сетку координат оцифровывают через 50 м. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. От него к северу надписывают абсциссы *X*, к востоку – ординаты *Y*. Координаты юго-западного угла плана выбирают так, чтобы тахеометрический ход разместился примерно в середине листа. Построение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате сетки располагается данная точка. Затем значение абсциссы откладывают по обеим сторонам квадрата и соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты *Y*. Полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом надписывают номер пункта планово-высотного хода и его отметку до 0,01 м (справа от пункта).

Построение пунктов съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения между двумя точками циркулем-измерителем откладывают на масштабной линейке и сравнивают с

расстоянием между соответствующими точками на плане. Допустимое расхождение этих величин не должно быть более ±0,5 мм.

5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план

Ситуацию наносят на план по данным журнала тахеометрической съемки и абрисов. Съемочные пикеты наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления, а горизонтальные проложения – циркулем-измерителем по линейке. Справа от полученной точки подписывают отметку съемочного пикета до 0,1 м, слева – ее номер. Руководствуясь абрисом и подписями, сделанными в примечаниях тахеометрического журнала, рисуют условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями. По отметкам точек проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Интерполирование горизонталей выполняют по тем направлениям, которые указаны в абрисе.

Окончив составление ситуации и рельефа на станции, приступают к нанесению съемочных пикетов следующей станции.

Составленный план представляют на просмотр преподавателю. После просмотра и проверки по указанию преподавателя план оформляют.

5.3. Оформление топографического плана

Порядок оформления следующий:

1) Пункты опорной геодезической сети, пункты съемочной сети, характерные высотные точки, ориентиры и местные предметы.

2) Гидрографическая сеть, урезы воды, подписи, относящиеся к гидрографии.

3) Населенные пункты.

4) Элементы линейной протяженности (границы контуров, дорожная сеть, электролинии, телефонные линии и др.).

5) Рельеф. При этом выделяют утолщенные горизонтали, расставляют бергштрихи, размещают надписи горизонталей, кратные 5 м, вычерчивают формы рельефа, не выражающиеся горизонталями (обрывы, ямы, скалы и др.).

6) Почвенно-растительный покров (виды угодий, которые ранее подписывались, теперь вычерчивают условными знаками).

7) Рамка и зарамочное оформление.

Во избежание пропусков после оформления план тщательно корректируют. Без разрешения преподавателя не следует стирать с плана

съемочные пикеты. Все оформление выполняется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Перечень сдаваемых материалов: журнал тахеометрической съемки, абрисы для каждой станции, топографический план.

6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ

Назначение нивелирования по оси трассы – определение отметок точек местности и построение профиля оси будущего инженерного сооружения.

Работы по нивелированию трассы состоят из следующих этапов:

- рекогносцировка трассы;
- разбивка пикетажа и поперечных профилей;
- нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям;
- камеральная обработка результатов нивелирования;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: нивелир Н-3 со штативом, две рейки, мерная лента, шпильки, колья или штыри для закрепления пикетов, молоток, нивелирный журнал, пикетажный журнал, карандаши.

6.1. Рекогносцировка трассы

Трассу выбирают с учетом следующих условий: число поворотов трассы должно быть минимальным, стороны трассы должны проходить на местности по возможности с малыми углами наклона.

В процессе рекогносцировки закрепляют вершины углов поворота (ВУ).

6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей

Стороны трассы измеряют стальной лентой (шпагатом), отмечая на трассе штырями или колышками пикеты – точки, отстоящие одна от другой на 100 м. Для трасс, проходящих по участкам со сложным рельефом, пикеты могут разбиваться через 50 м.

Количество пикетов на бригаду – 12, количество поперечников – 2.

Если угол наклона местности больше 2°, то расстояние между пикетами увеличивают на величину поправки за наклон. Около каждого пикета забивают сторожок – кол или штырь с табличкой, на котором пишут номер пикета и номер бригады.

Расстояние до плюсовых точек, намечаемых на перегибах местности и пересечении трассы с дорогами и ЛЭП, измеряют от младшего пикета и отмечают сторожками, например ПК 5 + 65.0 (рис. 6.1).

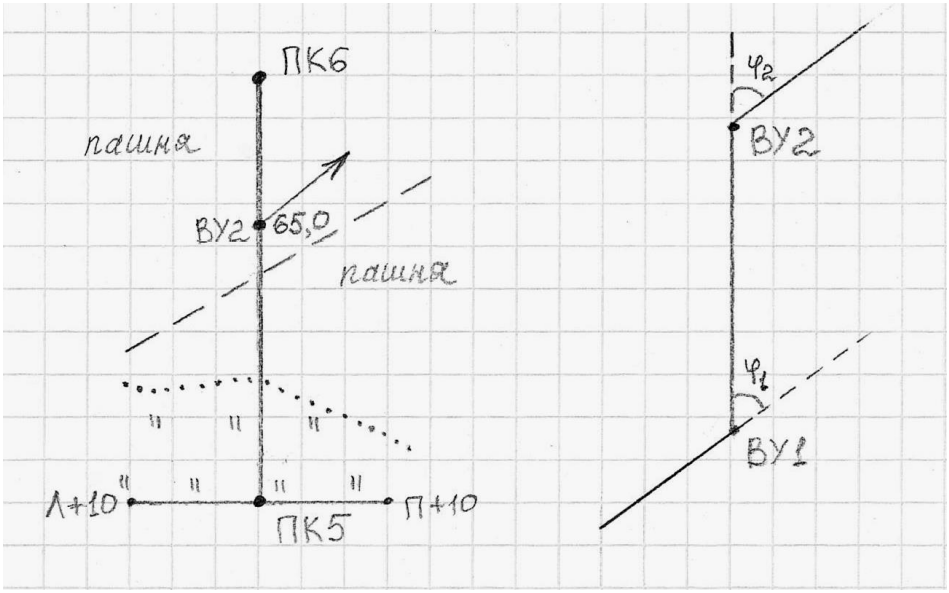


Рис. 6.1. Пикетажный журнал

Разбивают поперечные профили. Для этого перпендикулярно к оси трассы измеряют расстояние от оси трассы влево и вправо до точек перегиба местности. Концы поперечного профиля и точки перегиба отмечают сторожками, на которых надписывают расстояния от оси трассы с добавлением буквы Л (влево) или П (вправо) от оси трассы, например, Л + 10,0 или П + 5,0. Началом поперечного профиля может быть пикет или плюсовая точка. Его длину принимают по указанию преподавателя (10-20 м).

В процессе разбивки пикетажа ведут пикетажный журнал (рис. 6.1), в котором в масштабе 1:1000 показывают ось трассы, пикеты, плюсовые точки, поперечные профили, углы поворота, направление поворота трассы (стрелкой), на глаз зарисовывают контуры местности в полосе шириной по 20 м в обе стороны от оси трассы.

6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям

После выполнения поверок нивелира, результаты которых записывают на первой странице журнала, приступают к нивелированию по пикетажу. Нивелирование выполняют способом «из середины». Нивелирный ход привязывают к ближайшему реперу. На каждой станции хода две нивелирные точки являются связующими, с их помощью передают высоты по ходу. Остальные точки называются промежуточными. Как правило, связующими точками являются пикеты. Если превышение между пикетами больше длины рейки, то для передачи высот используют дополнительные связующие точки, называемые *Х* точками. *Х* точки закрепляют колышками или штырями. Между смежными пикетами может быть несколько точек *Х*, в зависимости от рельефа.

В качестве *X* точек можно использовать плюсовые точки. Примеры выбора станции и связующих точек показаны на рис. 6.2.

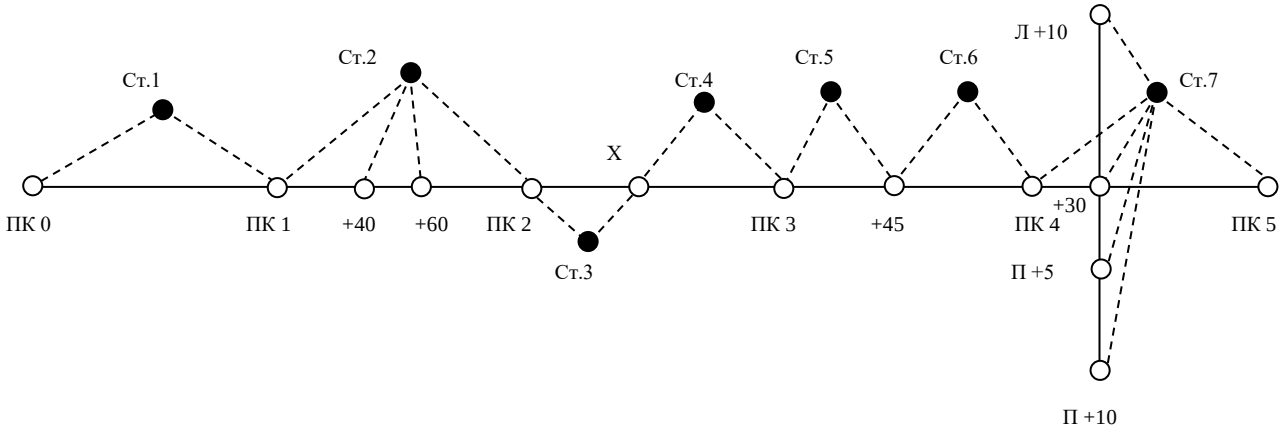


Рис. 6.2. Выбор станций при нивелировании трассы

6.4. Работа на станции при нивелировании

Все записи при нивелировании ведут в полевом журнале карандашом. Работу на станции производят в следующем порядке. Нивелир устанавливают примерно на равном расстоянии от связующих точек. Равенство расстояний определяют на глаз. На связующих точках на колышках устанавливают рейки.

Нивелир горизонтируют с помощью круглого уровня. Наводят трубу нивелира на заднюю рейку, совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по черной стороне рейки (1). Порядок записей и вычислений показан в таблице 6. Поворачивают рейку, проверяют точность совмещения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по красной стороне (2). Затем нивелир наводят на переднюю рейку, обязательно совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и снова берут отсчеты по черной и по красной сторонам рейки (3), (4).

При нивелировании все отсчеты и превышения записывают в миллиметрах.

Если отсчет по рейке больше 1 м, то рейку необходимо слегка покачивать вперед и назад. При этом в нивелир наблюдают и берут наименьший отсчет. Тут же на станции вычисляют превышения *h* по черной (5) и красной (6) сторонам реек по формуле:

$$h = З - П,$$

где З – отчет по задней рейке; П – отсчет по передней рейке.

Эти превышения не должны отличаться более чем на 5мм. При большем расхождении нивелирование связующих точек повторяют, несколько изменив высоту инструмента.

Если разность превышений, вычисленных на станции, не превосходит допуск, то вычисляют среднее превышение (7) до целых мм и записывают в графе 8 или 9.

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Таблица 6

Прямой ход

Дата 27.07.02

Исполнитель *Орлов*

№№ станции	Номер пикетов и промежут. точек	Отсчет по рейке			Превышения		Среднее превышение		Горизонт инструмента	Отметки точек	Номера пикетов и пром. точек	Примечания
		задний	передний	промежут.	+	-	+	-				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0-1	1861(1)	1363(3)		498(5)							
		6646(2)	6146(4)		500(6)		+2 499(7)			127,115	0	
2	1-2	0430(1)	0656(3)			226(5)			128,046	127,616	1	
		5218(2)	5440(4)			222(6)		+2 224(7)				
	1+40,0			2530(8)						125,516	1+40,0	
	1+60,0			2340(9)						125,706	1+60,0	
3	2-x	2830	420		2410					127,394	2	
		7615	5202		2413		+2 2412					
4	x-3	2131	720		1411							
		6915	5509		1406		+2 1408					
5	3-3+45,0	2752	151		2601					131,218	3	
		7535	4942		2593		+1 2597			133,816	3+45,0	
∑		43933	30549		13832	448	6916	224				
		+13384			+13384		+6692					
					+6692							

Вычислил *Петров*

Проверил *Иванов*

Одновременно с нивелированием связующих точек нивелируют плюсовые точки и точки поперечного профиля. Для этого после вычисления среднего превышения на станции рейку с задней связующей точками и точки поперечного профиля, устанавливают ее на землю у сторожков нулем вниз, берут по одному отсчету только по черной стороне рейки и записывают отсчет в графу 5 (8), (9).

После этого задний реечник переходит на следующую связующую точку, а передний остается на предыдущей связующей точке, наблюдатель переходит и выбирает следующую станцию. Если в районе трассы есть только один репер, к которому будет привязываться трасса, то для контроля нивелирования студенты на практике прокладывают обратный нивелирный ход, начиная нивелирование с последнего пикета. В обратном ходе нивелируют только связующие точки. Если есть возможность привязать последний пикет к реперу, то обратный ход не прокладывают.

Все записи в журнале должны быть выполнены аккуратно, без подчисток и исправлений. Неправильные записи зачеркивают, а в примечаниях пишут причину зачеркивания.

В полевом журнале дают схему привязки (рис. 6.3) и делают полевую привязку. Для этого выполняют нивелирование от репера до ПКО в прямом и обратном направлениях, вычисляют среднее превышение $h_{ср}$.

Решают привязку, т. е. вычисляют отметку ПКО ($H_{пко}$) по формуле:

$$H_{ПКО} = H_{Rp} + h_{ср}$$

$$h_{ср} = \frac{h_{пр} + h_{обр}}{2},$$

если привязка сделана по схеме (*а*).

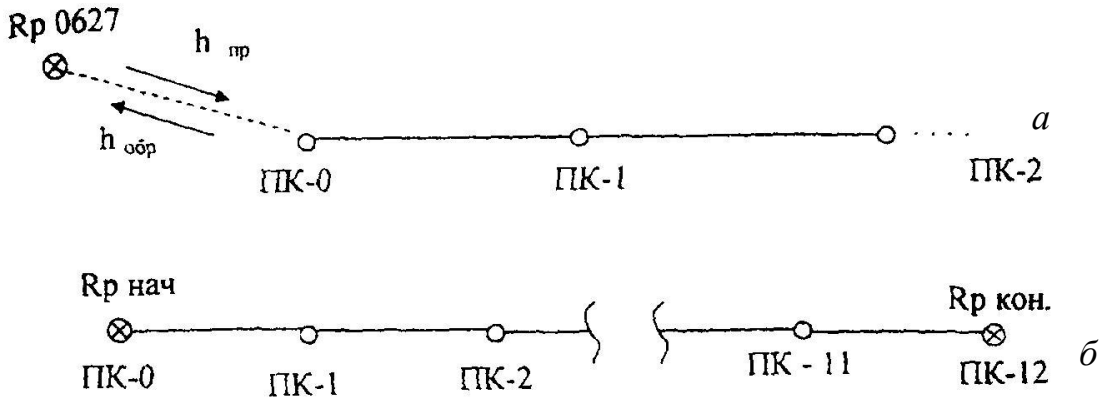


Рис. 6.3. Схемы привязки нивелирного хода:
а – висячий ход, *б* – разомкнутый ход

6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования

Камеральную обработку производят в таком порядке:
- обработка нивелирного журнала;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

6.5.1. Обработка нивелирного журнала

Для проверки правильности записей и вычислений в журнале производят постраничный контроль по формуле:

$$\sum З - \sum П = \sum h.$$

Для этого на каждой странице журнала находят: суммы отсчетов ∑3, ∑4 по графам 3, 4; суммы превышений ∑6, ∑7, ∑8, ∑9 по графам 6, 7, 8, 9 (таблица 6). Вычисляют величины:

$$\sum 3 - \sum 4; \quad \sum 6 + \sum 7; \quad \sum 8 + \sum 9.$$

Соблюдение равенств:

$$\sum 3 - \sum 4 = \sum 6 + \sum 7; \quad \frac{\sum 6 + \sum 7}{2} = \sum 8 + \sum 9,$$

показывает, что вычисления на данной странице сделаны верно. Аналогично производят контроль и на следующих страницах журнала. Суммируя величины (∑8 + ∑9) отдельно по прямому и обратным ходам, получают суммарное превышения $\sum h_{прям}$ – прямого и $\sum h_{обр}$ обратного ходов. Сумма величин $\sum h$ прямого и обратных ходов дает невязку f_h:

$$f_h = \sum h_{прям} + \sum h_{обр}.$$

Если ход пройден точками с известными отметками $H_{НАЧ}$ и $H_{КОН}$ (рис. 6.3, *б*), невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \sum h_{ср} - (H_{КОН} - H_{НАЧ}).$$

Допустимое значение невязки вычисляют по формуле:

$$f_{h доп} = \pm\sqrt{L(км)}, \text{ мм},$$

где L – длина хода (в километрах) от начального до конечного пикета. Вычисляют невязку в полевом журнале, на чистой странице.

Если полученная невязка больше допустимой, то нивелирный ход переделывают. Если полученная невязка допустима, то в случае (*а*) половину ее распределяют с обратным знаком поровну в превышения прямого хода, округляя при этом поправки до целых километров. Во втором случае (*б*), вся невязка распределяется поровну с обратным знаком на превышения между связующими точками. Поправки в превышениях δ_h вычисляют по формуле:

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n},$$

где n – число превышений.

Записывают поправки над средними превышениями в полевом журнале. Исправленные превышения определяют по формуле:

$$h_1 = h_{ср} + \delta_{h1}.$$

Из привязки хода к реперу вычисляют отметку нулевого пикета $H_{ПКО}$ (в нашем примере $H_{ПКО}$ = 127,115 м). Записывают ее в графе (II) напротив нулевого пикета (0).

Зная эту отметку и исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки связующих точек по всему ходу:

$$H_1 = H_0 + h_1, \quad H_2 = H_1 + h_2 \ \ldots$$

Получив отметку последнего пикета $H_К$, проверяют правильность вычислений по формуле:

$$H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - \frac{f_h}{2} \ (а) \text{ или } H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - f_h \ (б).$$

Вычисления в журнале заканчивают нахождением отметок промежуточных точек. Их вычисляют через горизонт инструмента ГИ. Горизонтом инструмента называют отметку визирного луча нивелира на данной станции. ГИ вычисляют по формуле:

$$ГИ = Н + a,$$

где Н – отметка связующей точки на данной станции; a – отсчет по черной стороне рейки на этой точке.

Пример: Для станции 2 в таблице 6:

$$ГИ = H_1 + a_1,$$

$H_{ПК1}$ = 127,616 м, a_1 = 0430 мм – отсчет на ПК1,

ГИ = 128,046 м (записывают в графу 10 напротив станции 2).

Отметки промежуточных точек $Н_{ПРОМ}$ находят вычитанием промежуточных отсчетов по рейке «*с*» из горизонта инструмента:

$$H_{ПРОМ} = ГИ - c.$$

На этой же станции находим:

$H_{ПК1+40.0} = 128{,}046 - 2{,}530 = 125{,}516$ м,

$H_{ПК1+60.0} = 128{,}046 - 2{,}340 = 125{,}706$ м.

6.5.2. Построение профиля трассы

По вычисленным отметкам пикетов, плюсовых точек и точек поперечного профиля на координатной бумаге строят продольный и поперечный профили местности по трассе. Масштабы построения:

- для продольного профиля: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1:200;
- для поперечного профиля: горизонтальный 1: 200, вертикальный 1:200.

Последовательность построения профиля приведена ниже.

Первоначально вычерчивают сетку профиля. Название граф и размеры в миллиметрах показаны на рис. 6.4.

В графе «Расстояния» отмечают положения пикетов и плюсовых точек, выписывают расстояния между плюсовыми точками и пикетами. *X* точки не строят. Ниже этой графы выписывают номера пикетов.

Пользуясь пикетажным журналом, заполняют графу «План трассы», в которой показывают:

а) ось в виде прямой линии красного цвета;

б) ситуацию (по результатам съемки полосы местности) соответствующими условными знаками.

В графу «Фактические отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки всех пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и надписывают отметку условного горизонта, которая должна быт на 5-8 метров меньше самой низкой отметки по трассе.

В системе прямоугольных координат, где линия условного горизонта – ось расстояний, а вертикальная линия, проходящая через нулевой пикет – ось отметок, строят положение всех пикетов и плюсовых точек.

Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают продольный профиль местности по оси трассы. Все построения выполняют карандашом.

Над точками продольного профиля, которые служили началом поперечных профилей, строят сетки поперечных профилей (рис. 6.4).

Заполняют графы «Расстояния» и «Фактические отметки» так же, как это делалось при построении продольного профили. Под сеткой надписывают пикетажные обозначения точек поперечного профиля.

Выбрав условный горизонт, строят положение точек поперечного профиля. Соединив полученные точки, получают поперечный профиль местности.

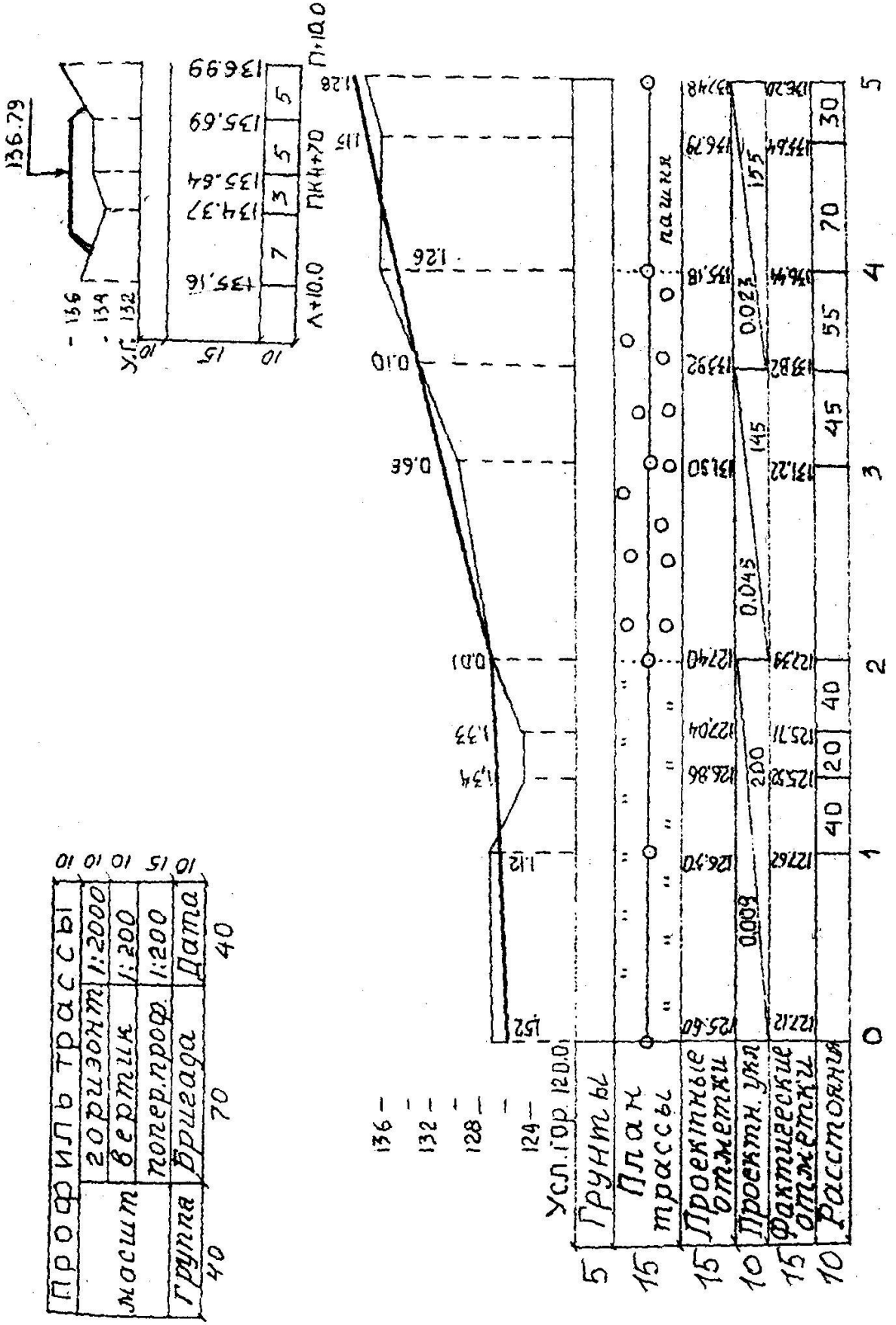


Рис. 6.4. Профиль трассы

Профиль местности – графический документ, позволяющий решать ряд инженерных задач.

6.5.3. Проектирование по профилю

На практике по продольному профилю студенты проводят проектную линию, которая будет являться профилем оси будущего инженерного сооружения (дороги, канала и т. д.). Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

- уклоны участков проектной линии не должны превышать допустимых значений (предельный уклон задается преподавателем);
- объем земляных работ должны быть минимальным;
- объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковы, т. е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;
- шаг проектирования принимают от 100 до 600 м;
- измерение уклона проектной линии можно производить на пикетах или плюсовых точках.

Проектная отметка ПКО задается преподавателям или принимается равной фактической отметке этого пикета.

На рис. 6.4 проектная отметка ПКО H_0 = 125,60 м участков проектной линии с разными уклонами намечено три: длиной 200, 145 и 155 м; измерение уклона проектной линии предусмотрено в двух точках: на ПК2 и на плюсовой точке ПК3+45,0 расчет и вычерчивание проектной линии производится в следующем порядке:

По профилю определяют приближенно (с точностью 0,1 мм в вертикальном масштабе профиля) проектные отметки точек перелома и конца проектной линии:

$$H_2 = 127{,}4\text{м}; \quad H_{3+45.0} = 133{,}8\text{ м}; \quad H_5 = 137{,}4\text{ м}.$$

Вычисляют превышения по участкам проектной линии:

$$h_1 = H_2 - H_0 = +1{,}8\text{ м};$$
$$h_2 = H_{3\text{-}45.0} - H_2 = +6{,}4\text{ м};$$
$$h_3 = H_5 - H_{3+45.0} = +3{,}6\text{ м}.$$

вычисляют уклоны i – отношения превышений h к горизонтальным проложениям участков проектной линии d:

$$i = \frac{h}{d}..$$

$$i_1 = \frac{1{,}8}{200} = +0{,}009;$$

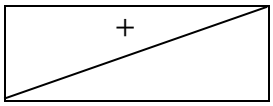
$$i_2 = \frac{6,4}{145} = +0,045;$$

$$i_3 = \frac{3,6}{155} = +0,023.$$

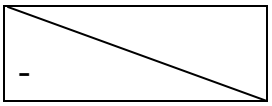
Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

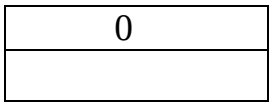
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (*а*), спуском (*б*) или горизонтальные (*с*) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.



(*а*)



(*б*)



(*с*)

По значениям округленных уклонов вычисляют и выписывают в соответствующую графу продольного профиля проектные отметки концов участков проектной линии по формуле:

$$H_{n\text{-}1} = H_n + i \times d.$$

Для нашего примера:

$$H_2 = 125,60 + 0,009 \times 200 = 125,60 + 1,80 = 127.40 \text{ м};$$

$$H_{3\text{-}45} = 127,40 + 0,45 \times 145 = 127,40 + 6,52 = 133,92 \text{ м};$$

$$H_5 = 133,92 + 0,023 \times 155 = 133,92 + 3,56 = 137,46 \text{ м}.$$

На профиле уточняют по вычисленным отметкам положение точек перелома и конца проектной линии, соединяют полученные отрезки линиями и получают проектный профиль оси будущего инженерного сооружения.

Вычисляют и выписывают проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек трассы по той же формуле (здесь «*d*» – это расстояние между пикетами, или расстояние от пикета до плюсовой точки). $H_1 = H_0 + i \times 100 = 126,50$ м, $H_{1\text{-}40} = H_1 + i \times 40 = 126,86$ м. Контролем вычислений служат выписанные проектные отметки конца участков проектной линии.

Вычисляют рабочие отметки как разности проектных и фактических отметок соответствующих точек профиля. Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше, а отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

В заключении по вычисленной отметке точки оси поперечного профиля наносят положение проектной линии на поперечном профиле. Над проектной линией выписывают ее отметку. Проектную линию наносят горизонтально, по 10м влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав

45°, ширина дна кювета – 0,6 м. Над продольным профилем вычерчивают штамп.

Перечень сдаваемых материалов: отчет по нивелированию (раздел в общем отчете по практике), пикетажный журнал, журнал нивелирования, профиль местности по оси трассы.

7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

На геодезической практике студенты выполняют следующие инженерно-геодезические задачи:

- вынос в натуру точки с заданными координатами;
- вынос на местность точки с заданной отметкой;
- вынос в натуру линии с заданным уклоном.

Проектные данные для выполнения этих задач (отметки, длины линий, уклон, координаты) задает преподаватель.

Подготовительные работы для решения инженерно-геодезических задач выполняются по топографическому плану масштаба 1:500, составленному студентами по результатам тахеометрической съемки.

Вынос проекта в натуру (геодезические разбивочные работы) осуществляются от имеющихся на участке пунктов геодезической сети с использованием следующих геодезических приборов: теодолита Т-30, нивелира Н-3 или Н-10, мерной ленты, рулетки.

7.1. Элементы геодезических разбивочных работ

Разбивочные работы можно представить как совокупность отдельных простых операций. Рассмотрим основные из них.

7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла

Над вершиной угла O устанавливают теодолит и ориентируют его лимб вдоль заданного направления OA. Вращением алидады откладывают проектный угол β и по направлению визирной оси трубы забивают колышек C_1. Для исключения влияния коллимационной ошибки проводят трубу через зенит и откладывают величину угла β при другом положении вертикального круга, забивают колышек в точке C_2. Расстояние C_1-C_2 делят пополам, полученный угол AOC и будет проектным углом. После построения проектного угла производят контрольные измерения этого угла (см. рис. 7.1).

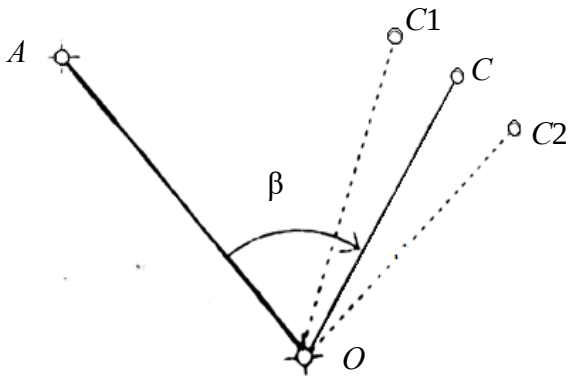


Рис. 7.1. Построение на местности проектного горизонтального угла

7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния

Для выноса проектного расстояния по заданному направлению мерной лентой откладывают наклонную длину, конец линии закрепляют колышком. Для контроля длину линии измеряют второй раз – обратно. Наклонное проектное расстояние находят по формуле:

$$L = \sqrt{D^2 + h^2},$$

где D – горизонтальное проложение линии, м; h – превышение между точками концами линии, м.

D и h определяют по топографическому плану.

7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом)

На топографическом плане запроектирована буровая скважина (C), которую необходимо вынести в натуру от ближайших пунктов геодезической сети (в примере пункты 1 и 2 на рис. 7.2).

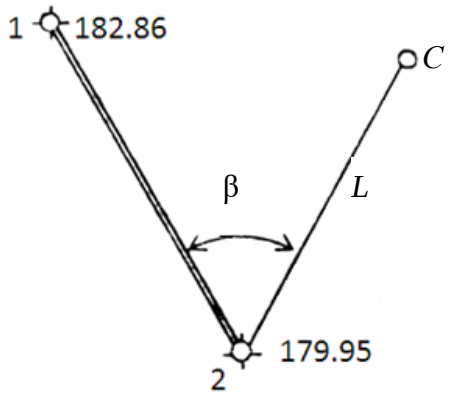


Рис. 7.2. Схема выноса в натуру запроектированной точки

Прямоугольные координаты и отметки пунктов геодезической сети 1 и 2 выписывают из ведомостей вычисления координат и высот точек съемочного обоснования, а координаты и отметку точки *C* студенты определяют графически с топографического плана (таблица 7).

Таблица 7

Исходные данные

	X	*У*	*H*
1	3833,62	2950,42	182,86
2	3771,20	2838,80	179,95
C	3764,42	2858,20	184,50

Для переноса запроектированной точки в натуру применим способ полярных координат.

Вначале выполняют геодезическую подготовку проекта. Для этого необходимо вычислить разбивочные элементы, т. е. полярный угол β и полярное расстояние *L* по формулам:

$$\beta = \alpha_{2\text{-}C} - \alpha_{2\text{-}1},$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \operatorname{arctg}\frac{Y_C - Y_2}{X_C - X_2},$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \operatorname{arctg}\frac{Y_1 - Y_2}{X1 - X_2},$$

$$L = \sqrt{D^2 + h^2}, \quad D_{2-C} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \; h = H_C - H_2,$$

где X_1, X_2, Y_1, Y_2 – прямоугольные координаты исходных пунктов; X_C, Y_C – прямоугольные координаты запроектированной точки *C*; H_2, H_C – отметки точек 2 и *C*; $D_{2\text{-}C}$ – горизонтальное проложение линии 2 – *C*; *L* – наклонное проектное

расстояние от пункта 2 до точки *C*; $\alpha_{2\text{-}C}$, $\alpha_{2\text{-}1}$ – дирекционные углы линий 2-*C* и 2-1.

В нашем примере:

$$r(\alpha_{2-1}) = \text{arctg}\frac{2950{,}42 - 2838{,}80}{3833{,}62 - 3771{,}20} = \text{arctg}\frac{+111{,}62}{+62{,}42} = 1{,}78821 \ (1-\text{ячетверть}),$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \alpha_{2-1} = 60°47'07''.$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \text{arctg}\frac{2858{,}20 - 2838{,}80}{3764{,}42 - 3771{,}20} = \text{arctg}\frac{+19{,}40}{-6{,}78} = 2{,}86136 \ (2-\text{ячетверть}),$$

$$r_{2-C} = 70°44'10''.$$

$$\alpha_{2-C} = 180° - 70°44'10'' = 109°15'50'',$$

$$\beta = 109°15'50'' - 60°47'07'' = 48°28'43'',$$

$$D_{2-C} = \sqrt{19{,}40^2 + 6{,}78^2} = 20{,}55, \text{ м},$$

h = 184,50 м – 179,95 м = 4,55 м,

$$L = \sqrt{20{,}55^2 + 4{,}55^2} = 21{,}05, \text{ м}.$$

Затем составляют разбивочный чертеж в масштабе топографического плана, на котором запроектирован объект (рис. 7.3).

На разбивочный чертеж наносят: пункты геодезической сети (1, 2); величины углов и линий, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектированной точки.

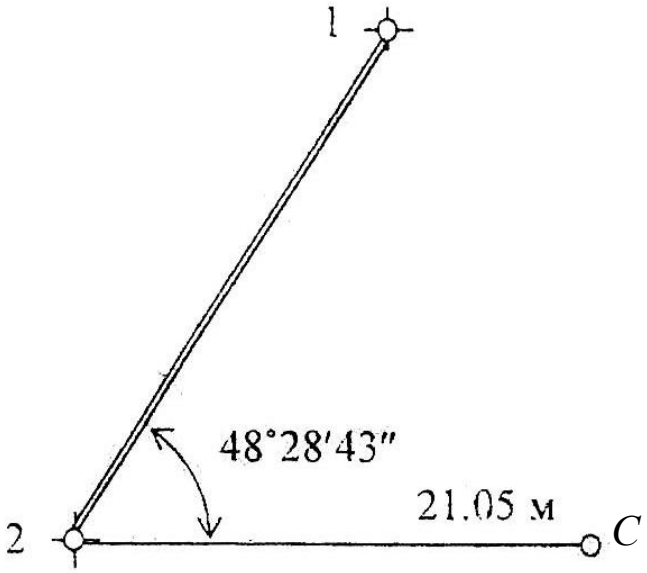


Рис. 7.3. Разбивочный чертеж

На местности в точке 2 устанавливают теодолит и способами изложенными выше (7.1.1, 7.1.2), отмеряют величины, указанные на разбивочном чертеже. Для контроля можно вычислить полярные координаты точки *C* от пункта 1.

7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0 = 49,347 м необходимо вынести на местность точку В с проектной отметкой $H_{пр}$ = 48,000 м. Сначала точку В выносят и закрепляют на местности в соответствии с ее плановым положением.

Для выноса проектной отметки в точке В между исходной точкой А и проектной точкой В устанавливают нивелир (рис. 7.4).

Установив рейку на т. А, берут по ней отсчет *a* (пусть *a* = 0,572 м).

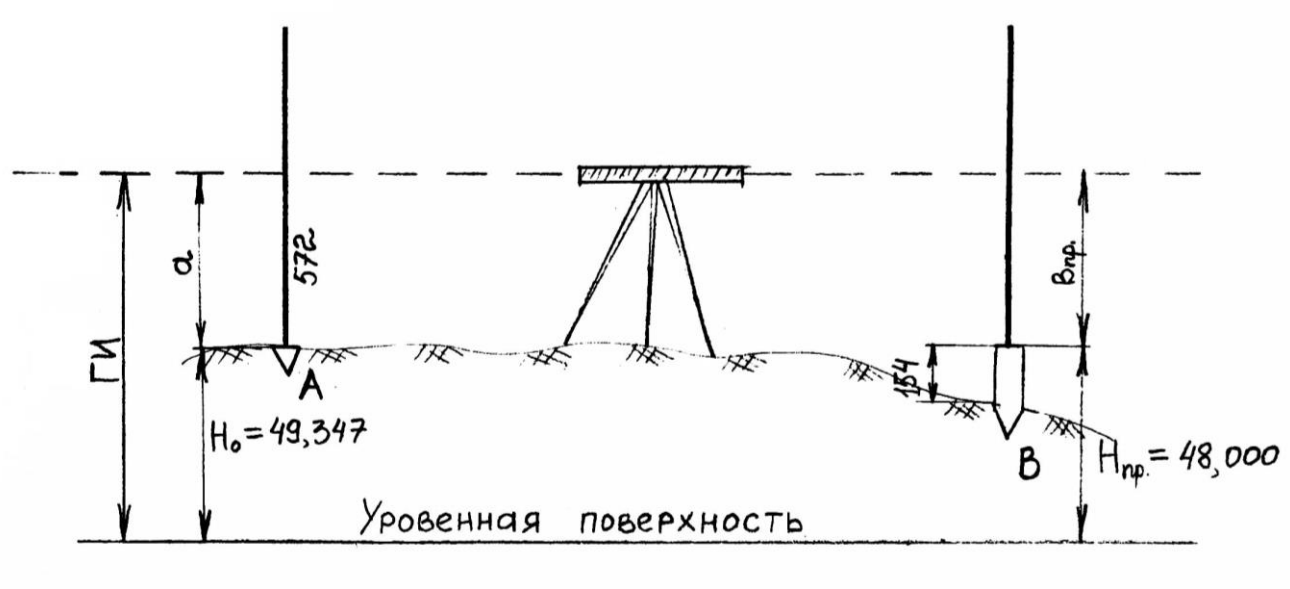


Рис. 7.4. Вынос в натуру точки с проектной отметкой

Определяют горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$ГИ = H_0 + a = 49{,}347 + 0{,}572 = 49{,}946 \text{ м}.$$

Вычисляют проектный отсчет по рейке $в_{пр}$, соответствующий проектной отметке точки В.

$$в_{пр} = ГИ - H_{пр} = 49{,}946 \text{ м} - 48{,}000 \text{ м} = 1946 \text{ мм}.$$

Затем, наблюдая в трубу нивелира по рейке установленной в точке В, забивают колышек на такую глубину, чтобы отсчет по рейке, установленной пятой на колышке, был равен вычисленному значению $в_{пр}$ = 1946 мм.

Допустим, отсчет по рейке в т. В равен 2100 мм, тогда 2100 – 1946 = 154 мм, это величина, на которую надо приподнять колышек, чтобы получить проектную отметку, соответствующую верху колышка.

7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0 = 50,20 м (рис. 7.5, *а*) требуется разбить линию длинной D = 30 м с уклоном i = 0,040.

Проектное направление линии выносят на местность, закрепляют точками, расположенными через 10 м (1, 2, В).

Вычисляют проектные отметки точек 1, 2, В по формуле:

$$H_{\text{пр}} = H_0 + i \times d,$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка точки, закрепленной на линии АВ; i – проектный уклон; d – расстояние от исходной точки А до определенной точки.

$$H_{\text{пр1}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 10 = 50{,}20 + 0{,}04 = 50{,}24 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр2}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 20 = 50{,}20 + 0{,}08 = 50{,}28 \text{ м};$$

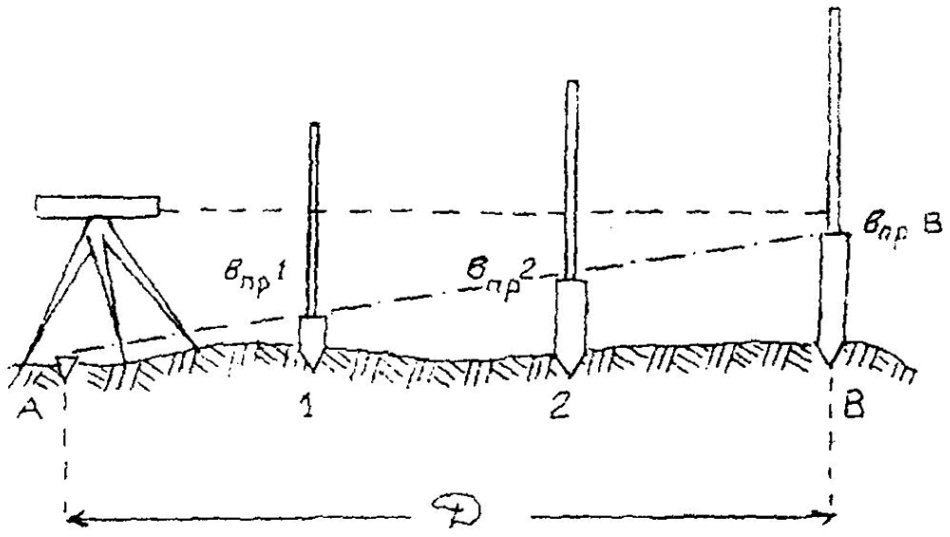
$$H_{\text{прВ}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 30 = 50{,}20 + 0{,}12 = 50{,}32 \text{ м}.$$

Вычисленные проектные отметки точек 1, 2, В выносят в натуру изложенным выше способом. На рис. 7.5, *а* $в_{\text{пр}}1$, $в_{\text{пр}}2$, $в_{\text{пр}}$ В – проектные отсчеты по рейке в точках 1, 2, В.

При другом способе разбивки проектного уклона подъемными винтами нивелира наклоняют трубу нивелира до тех пор, пока отсчет по рейке на вынесенной проектной точке В не станет равен высоте инструмента. В результате линия визирования будет параллельна линии заданного уклона. Промежуточные точки линии определяют установкой рейки в точках 1 и 2 и получением на них того же отсчета, что и на точке В (рис. 7.5, *б*).

Материалы, прилагаемые к отчету в главе «Инженерно-геодезические задачи».

а



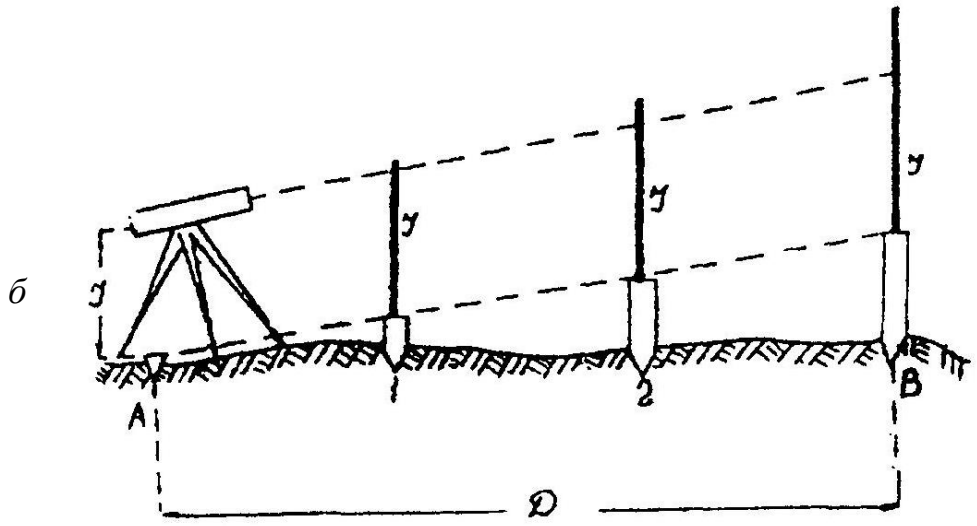


Рис. 7.5. Построение заданного уклона

В отчете по геодезической практике в главе «Инженерно-геодезические задачи» дается описание решения задачи, все вычисления по определению разбивочных элементов и разбивочные чертежи с указанием углов и длин, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектных точек; на топографическом плане бригады указывают проектные точки.

8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

По итогам геодезической практики студенты пишут бригадный отчет. Отчет оформляется на листах А-4. В отчете отражаются следующие вопросы:

- описание участка работ: местоположения, рельеф, растительность, гидрография, дорожная сеть, наличие населенных пунктов, промышленных предприятий и т. п.;

- виды геодезических работ, поверки приборов, камеральная обработка результатов полевых измерений, результаты и допуски;

- виды работ, выполненные отдельными студентами.

Содержание отчета:

1. Общие сведения.
2. Физико-географическая характеристика района работ.
3. Рекогносцировка местности и закладка центров.
4. Поверки теодолита.
5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний.
6. Вычисление координат и отметок съемочного обоснования.
7. Тахеометрическая съемка.
8. Поверки нивелира.
9. Геометрическое нивелирование.
10. Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы.
11. Решение инженерно-геодезических задач.
12. Вычерчивание топографического плана.

К отчету прилагаются:

1. Схема съемочного обоснования и привязки в произвольном масштабе (на схему выписывают средние значения измеренных углов и длин).
2. Журналы измерения углов и длин сторон.
3. Ведомости вычисления отметок точек съемочного обоснования.
4. Ведомость вычисления координат точек съемочного обоснования.
5. Журнал тахеометрической съемки.
6. Абрисы.
7. Топографический план масштаба 1:500.
8. Пикетажный журнал.
9. Журнал нивелирования.
10. Профиль местности по оси трассы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения.

ГКИНП-02-033-79. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

Клепко В. Л., Назаров И. В. Геодезия: курс лекций. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 148 с.

СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Стандартный шрифт

Стандартный шрифт (по ГОСТу 2.304-81 – чертежный шрифт) пишется от руки с наклоном 1:3. Применяется для ведения записей в журнале и оформления документации.

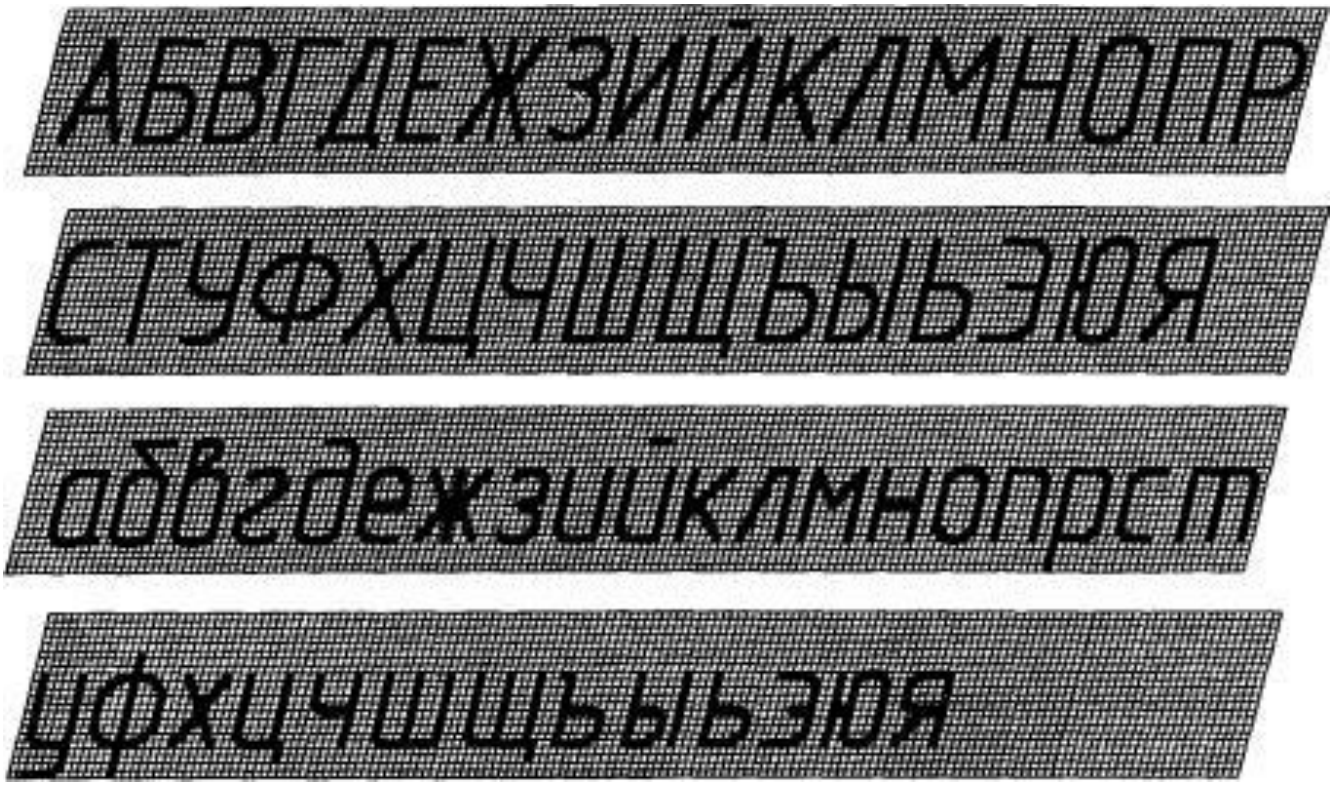


СХЕМА Профиль План

147°25′ 638,9 70,241 139°57′

Студент Преподаватель

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Вычислительный шрифт

Вычислительный шрифт имеет прямое начертание. Он применяется при полевых и вычислительных работах. Шрифт легко запоминается и читается, прост в исполнении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ Б2.Б.03(У) ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч. 3.

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент;
Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе «Геология», который читается всем студентам Уральского государственного горного университета (УГГУ), предусмотрено проведение учебной геологической практики. Она является важной составной частью образовательного процесса, так как способствует формированию у студентов умения наблюдать, документировать и обобщать различного рода геологические факты. Все это – основа для закрепления теоретической части указанного курса. В итоге студенты приобретают определенную базу восприятия специальных учебных дисциплин геологического профиля.

Место проведения практики, которое включает обнажения в городе Екатеринбург и его окрестностях, в пределах листов О-41-XXV и О-41-XXXI, выбрано в связи с тем, что здесь на сравнительно небольшой площади расположены разнообразные объекты, которые характеризуются сложным геологическим строением и разнообразием горных пород и месторождений полезных ископаемых всех геодинамических обстановок, проявленных на Урале.

Студенты заочного обучения, работающие на предприятиях геологоразведочного и горного профиля с согласия преподавателя могут проходить учебную геологическую практику на своем предприятии, предварительно получив для этого разрешение руководства учреждения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Учебная геологическая практика после первого курса обучения студентов проводится в течение двух недель.

Цель практики: закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов по общей и исторической геологии путем изучения результатов эндогенных и экзогенных процессов в натуре на природных геологических объектах и знакомство студентов с элементами документирования естественных и искусственных обнажений.

Задачи практики:

- ознакомление студентов с основами методики полевых геологических, геоморфологических и гидрогеологических наблюдений, с документацией полевых наблюдений, с некоторыми горнопромышленными предприятиями в окрестностях г. Екатеринбурга.

- обучение студентов свободному владению горным компасом при работе с картой и выполнении различных замеров на местности, документированию опорных разрезов, горных выработок и различных объектов при маршрутных наблюдениях, камеральной обработке полевых материалов и оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

- знать основные геологические структуры земной коры на территории Среднего Урала и геологическую историю их развития;

- иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, приводящих к образованию и преобразованию различных месторождений полезных ископаемых, о пространственно-временных основах геологии, базирующихся на методе актуализма, т. е. развитии процессов и геологических структур в пространстве и во времени;

- закрепить навыки и уметь определять минералы и горные породы как продукты различных геологических процессов; наблюдать и документировать обнажения и горные выработки, уметь вести абрис маршрута, полевую книжку; отбирать стандартные образцы для геологической коллекции; замерять элементы залегания горных пород и трещиноватости горным компасом, составлять фрагментарные геологические схемы и

планы, разрезы к ним; анализировать условия их залегания, возрастные взаимоотношения различных геологических образований как в обнажениях, так и на геологических картах и фиксировать все полученные материалы в геологическом отчете;

- отличать экзогенные процессы, обусловленные антропогенными факторами.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Геологическая практика должна проводится квалифицированными специалистами, имеющими соответствующее образование. Как любые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный этап. В течение этого этапа со студентами проводятся лекции о целях и задачах экскурсий, формируются учебные бригады, собирается, закупается и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, саперная лопатка, складной нож, ручка, карандаш, офицерская линейка, медицинская аптечка) и документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки), позволяющие фиксировать полученные наблюдения. Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада. Полевой дневник должен иметь каждый учащийся. На подготовительном этапе дается форма дневника (полевой книжки) и другой геологической документации.

Для успешного проведения геологических экскурсий заранее необходимо осуществлять рад мероприятий, направленных на строгое выполнение правил по технике безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр всех экскурсантов и сделать предохранительные прививки.

Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов непосредственно перед проведением экскурсий с правилами техники безопасности с росписью в соответствующей ведомости. Экскурсанты должны усвоить правила техники безопасности при 1) проведении маршрутов, 2) использовании автотранспорта, 3) обеспечении питьевой водой, 4) оказании доврачебной помощи.

В *полевой этап* проводятся геологические маршруты на хорошо обнаженные геологические объекты, сложенные различными метаморфическими, осадочными и магматическими породами; на месторождения полезных ископаемых различного генезиса.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических объектов с теми или иными явлениями и процессами.

Выполнение маршрутного задания, прежде всего, зависит от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригад перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за составление абриса маршрута и привязку обнажений, другие за работу с горным компасом, за отбор образцов горных пород, фотографирование геологических объектов и т.д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов. Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса. Количество их и содержание определяется целями и задачами, планом обучения и программой геологических экскурсий.

Практически во многих случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими геологическими процессами и объектами. Целесообразность таких маршрутов обусловлена выявлением взаимосвязи отдельных геологических процессов и явлений. Например, в одном маршруте полезно проследить связи между формами рельефа, литологией пород и тектоникой района,

выходами подземных вод на поверхность и определенным стратиграфическим горизонтом, выветриванием и составом горных пород и т.д.

Необходимо особенно подчеркнуть, что *геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно.* Это означает, что после описания какого-либо объекта или процесса наблюдение за ним (ними) не прекращается, а продолжается в процессе всего маршрута.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, осуществление тектонических, геоморфологических и других наблюдений и записи в полевой книжке проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Тн). По характеру изучаемых явлений "Тн" можно условно разделить на три вида: изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных вод, выветривания и т.д.), изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях и, наконец, наиболее частый случай, когда исследуется и те, и другие вопросы. Остановка на "Тн" даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы на такой точке породы были хорошо обнажены, легко доступны для наблюдения и вместе с тем обладали чертами, существенными для понимания строения района.

При остановке на "Тн", прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (по компасу, солнцу, часам или другим способом) и определить нахождение точки не карте и местности, т.е. дать адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии (вершины гор характерные излучины рек, устья ручьёв) или глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной "Тн" на карту год соответствующим номером (нумерация точек должна быть сквозная).

Изучая на точке геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления - геоморфологию, гидрографию, тектонику и т.д. Переходя к описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине и тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажения в русле рек, стенки и забои карьере или шурфа и т.д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание даётся либо в обобщенном виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачку снизу вверх (рис. 1). В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика главных отличительных и генетически важных свойств пород: текстура, структура, минеральный состав, различные неоднородности, тектонические дислокации. В описании указываются элементы залегания слоистости, сланцеватости, крыльев складок или плоскостей сместителя и т.д. Отмечаются места взятия образцов и их нумерация. На левой стороне пикетажной книжки делаются зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании пород целесообразен следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, студенты должны внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты или метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. Руководитель консультирует и направляет работу, как отдельных студентов, так и всей группы, и в итоге устанавливается общая картина обнажения. После этого делают полное описание, а затем схематическую зарисовку обнажения, которая дублируется фотографированием. При необходимости делают зарисовки и фотографии деталей обнажения.

В первых маршрутах и при изучении принципиально новых объектов преподаватель должен сам давать соответствующие описания. Позднее, когда школьники овладеют определёнными навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своём полевом дневнике на

данной "Тн". Остальные участники делают замечания и дополнения. Преподаватель обобщает все сказанное и формулирует данные для общей записи.

Камеральный этап. Камеральные работы проводятся последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на составление отчёта и его защиты.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов;
- оформление рисунков к отчёту, изготовление и описание стратиграфических разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий, их ретуширование, при необходимости вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород и минералов, уточнение наименований окаменелостей с использованием атласа руководящих форм, составление рабочей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчёта;
- защита отчёта.

Главная цель написания отчёта - овладение навыками анализа и обобщения геологических наблюдений и умение геологически грамотно изложить результаты такого обобщения в отчёте, правильного подбора и изготовления графических приложении, составления списка литературы.

2.1. Документация при ведении геологических маршрутов

Обилие различного рода информации, получаемой в результате геологических исследований, разнообразие форм и методов обработки делают задачу систематизации и унификации первичных геологических данных чрезвычайно важной

Первичная геологическая документация при ведении геологических маршрутов включает: I) дневники (полевые книжки); 2) формы регистрации каменного материала - журналы образцов, проб и др.; 3) этикетки; 4) зарисовки обнажений, горных выработок, керна скважин, отдельных деталей геологических тел и т.п.; 5) фотографии естественных и искусственных обнажений и их деталей.

Ко всем видам первичной геологической документации предъявляются единые требования к её оформлению;

1. Все записи должны делаться максимально разборчиво, с тем, чтобы не создавать затруднений при их чтении.
2. Записи должны иметь стандартную форму и строгую последовательность перечисления признаков описываемого объекта.
3. Записи производятся простым карандашом или шариковой ручкой. Использование химических карандашей и чернил всех видов (в том числе фломастеров) воспрещается.
4. Во всех формах документации во избежание затирания записей следует оставлять поля с внешней стороны листа.
5. Рекомендуется все данные о номерах наблюдений, образцов, проб и элементах залегания выделять из текста отдельной строчкой или условным знаком (если для них не предусмотрена фиксация в специальных графах формы документации).
6. Все страницы дневников, пикетажных книжек и других сброшюрованных форм документации должны иметь сквозную нумерацию.

Дневник (полевая книжка) – основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых, геоморфологических и др.). Он изготовляется в виде книжки в твердом переплете, покрытом дермантином или другим материалом, предохраняющем ее от сырости,

механических или иных повреждений. Рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительности и почвенного покрова.

Задняя крышка обычно имеет клапан, закрывающий торец книжки. На третьей странице обложки иногда изготовляется карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 на 15-18 см (для кармана полевой одежды) до 13-15 на 20-22 см (для полевой сумки). Большие форматы не рекомендуются вследствие неудобства для использования в маршруте, меньшие - как неоправданно дробящие запись на чрезмерно короткие строки и затрудняющие ее чтение.

Рекомендуемый объем дневника - 100-130 листов. Дневник должен изготовляться из хорошей бумаги и нескольких листов кальки, миллиметровки.

На обороте переплета может помещаться перечень признаков, обязательных для наблюдения.

Титульный лист дневника должен содержать название организации, экспедиции (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исполнителя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдений и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На первой странице помещается оглавление дневника.

На второй странице помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведется запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т.п. указывается день, месяц, год и цель работы. Описание каждой точки наблюдения начинается с красной строки. Привязка точки к местности или предыдущей точке помещается рядом с её номером и образует вместе с ним отдельную строку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками, номера образцов и проб подчеркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерение элементов залегания, радиоактивности, содержание химических элементов выделяются отдельной строкой.

На левой стороне дневника помещаются вспомогательные записи, облегчающие пользование документацией. На неё выносятся все номера образцов, проб и других видов каменного материала, номера фотографий (с указанием их содержания), могут выносится также элементы залегания. На этой же стороне помещаются зарисовки геологических объектов и их деталей, а также различные схемы для обнажений (отбора образцов и проб, расположение рисунков и фотографий и т.п.) для участков (расположение геологических тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок). Здесь же излагаются предположения и соображения исследователей, возникающие в процессе наблюдения, но требующие дальнейшего подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяженность маршрута в км.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником (старшим геологом) партии (отряда, участка).

Формы регистрации каменного материала. Регистрация каменного материала начинается при документации геологических объектов и продолжается в течение всего процесса геологических работ и фиксируется в журнале образцов.

Журнал образцов предназначен для регистрации всех видов образцов и проб, взятых на протяжении полевого периода во время маршрутов, при описании обнажений, горных выработок и предназначенных для любых производственных и научных целей (изготовление шлифов и аншлифов, определение органических остатков, производство разнообразных анализов).

Журнал образцов заполняется непосредственно после маршрута или, если количество взятых образцов не велико, в камеральный день, но не реже одного раза в неделю. Журнал образцов заполняется шариковой ручкой. Желательно, чтобы записи в нем вел один и тот же сотрудник.

Этикетки для образцов рекомендуется печатать на плотной бумаге и брошюровать в виде книжек по 25-50-100 листов; обычный формат этикетки 10х10 или 10х13 см. В разделе "место взятия" для образцов из обнажений и высыпок указывается привязка к точке наблюдения, для скважин - интервал отбора, для горных выработок - глубина или интервал (в канавах) отбора. Этикетки заполняются на месте взятия данного образца. Заполнение этикетки обязательно для рыхлых и слабоцементированных пород. Для крепких пород в полевых условиях допускается подписывать только номер тушью или шариковой ручкой на лейкопластыре, наклеенном на образце. Такая маркировка рациональна, в особенности при отборе ориентированных образцов, когда кроме номера необходимо указывать ориентировку образца. В отдельных случаях допустимо также нанесение маркировки непосредственно на образец. С этой целью могут быть использованы баллончики с тушью (например, "Kaalmar") или цветной (предпочтительно красный) карандаш. В дальнейшем на каждый образец заполняется этикетка.

Номер образца дублируется на бумаге, в которую завернут образец, или на геологическом мешочке. Для образцов, взятых из скважин и горных выработок, указывается также глубина или интервал отбора.

Отдельная этикетка составляется для каждого шлифа. Размеры этикетки шлифа 6х5 см.

Самостоятельные формы этикеток размером 13х10 см рекомендованы для проб, отобранных из горных выработок, извлеченного керна и шлиховых проб.

Регистрационные данные отмечаются также на капсуле для хранения шлихов. Для капсул используется прочная бумага. При разделении шлиха на фракции используется капсула стандартных размеров - 16х22 см. Для отмытого неразделенного шлиха предпочтительнее использовать капсулу формата 21х30 см (размер стандартного листа) либо других размеров, соответствующих реальному объему шлиха.

Альбомы зарисовок и фотографий. Альбом для зарисовок изготавливают из плотной белой бумаги типа чертежной. Его размер не должен превышать 18х24 см. Такой размер позволяет делать достаточно крупные и детальные зарисовки, удовлетворяющие всем предъявленным к ним требованиям.

Альбом не должен содержать более 25 листов, так как со временем, при работе в полевых условиях, он неизбежно загрязняется, и зарисовки, выполненные ранее, могут быть испорчены. Рационально иметь в распоряжении несколько альбомов и заменять их по мере накопления зарисовок.

Альбом заключают в жесткий переплет из дермантина или из плотной материи типа коленкора. Задняя крышка переплета должна иметь клапан шириной около 5 см. На внутренней стороне переплета, на сгибе между внутренней крышкой и клапаном - гнездо для карандаша.

Первая страница альбома - титульный лист. В исключительных случаях для зарисовок могут быть использованы "альбомы для рисования", выпускаемые промышленностью.

Зарисовки выполняются только на одной (правой) стороне листа, где помещаются также все необходимые надписи и пояснения.

Страницы альбома должны иметь сквозную нумерацию. Каждому рисунку присваивается порядковый номер. Номера фотографий и их содержание, как указывалось выше, фиксируется в полевом дневнике. Специальной формы документации для них не предусматривается.

При наиболее ответственных съемках рекомендуется делать в дневнике записи о чувствительности пленки, диафрагме, выдержке, характере погоды и времени съемок.

2.2. Маршрутные наблюдения

Наземные маршруты в обнаженных районах дают основную массу данных по составу геологических тел и признакам полезных ископаемых. Они включают описание рядовых обнажений и промежутков между обнажениями, в которых наблюдения ведутся по высыпкам.

Описание маршрута состоит из следующих частей: 1) дата маршрута, 2) номер маршрута, 3) привязка района маршрута, 4) характеристика ожидаемых объектов наблюдения и цель маршрута, 5) привязка начала маршрута, 6) описание маршрута, 7) выводы по маршруту.

Номер маршрута обычно дается каждым исполнителем на протяжении всего сезона, однако если в дальнейшем намечается обработка на ЭВМ, необходимо каждому исполнителю выделить свою серию номеров.

Привязка района маршрута дается в таком виде чтобы его легко можно было находить на карте фактического материала. С этой целью указывается участок района, где проводится маршрут (бассейн реки, ручья, район крупной высоты, урочище и т.п.). Обязательно наличие всех таких названий на топографических картах. При проведении работ с применением аэрофотоматериалов в привязке указывается номера аэрофотоснимков, на которых расположен маршрут. Для маршрутов, проводимых на нескольких геодезических трапециях, обязательно указание номенклатуры трапеции. Для обработки материалов на ЭВМ привязка района маршрута дается в виде указания координат начала и конца его.

Привязка начала маршрута дается по отношению к четко определенным элементам рельефа и постоянным элементам топографической ситуации, созданным деятельностью человека (дороги и т.п.). В тех случаях, когда маршрут ведется с использованием аэрофотоснимков, привязка начала маршрута проводится после ориентирования и накола начальной его точки на аэрофотоснимке. Допустимо указание координат начальной точки.

Описание маршрута включает фиксацию всех наблюдений, проводимых над геологическими объектами, геоморфологическими элементами и т.д., а также выводов, к которым приходит геолог в процессе маршрута. По ходу маршрута описываются геологические образования и тектонические элементы, осуществляются поиски полезных ископаемых и сборы остатков ископаемой флоры и фауны, собираются материалы для выяснения природы расположенных в зоне маршрута контуров, отдешефрированных на аэрофотоснимках и других дистанционных материалах, геофизических и геохимических аномалий (их связь с геологическими телами, структурами и вещественным составом тел), отбираются необходимые образцы, пробы и т.д. Обязательно проверяются результаты дешифрирования аэрофотоснимков и интерпретации геофизических данных.

Каждая точка наблюдения включает запись на точке и запись по ходу между точками. Рекомендуется сначала записывать наблюдения на точке, а затем наблюдения по ходу следующей точки. В этом случае наблюдение на точке будет своего рода выводом из наблюдений по ходу. Таким "выводом" может быть, например, фиксация резкой смены пород в высыпках, другого стратиграфического подразделения, чем наблюдавшееся по ходу, обнаружение обнажения, в котором видны складки и т.п.

Выводы по маршруту завершают описание. Ими могут быть обобщенная характеристика состава изученных отложений, вывод о взаимоотношении интрузивов, толщ, разрывов, складок и т.п., об их генезисе, о перспективности признаков полезных ископаемых и др.

2.3. Документация обнажений

Документация естественных и искусственных обнажений является одним из основных источников геологической информации, в первую очередь сведений о составе геологических тел и горных пород и условиях их залегания. В соответствии с этим большое значение имеет степень единообразия геологического описания и соответствие его унифицированной схеме, обеспечивающей сопоставимость данных, полученных различными исследователями.

Геологические наблюдения всегда в той или иной мере специализированы применительно к специфике горных пород и геологических тел, слагающих изучаемый район, и образуемых ими структур.

Со времен выхода в свет "Полевой геологии" В.А. Обручева сложился перечень геологических признаков, отражающих минимально необходимый набор сведений об исследуемом объекте и подлежащих обязательному фиксированию в геологической документации. Модификации таких перечней в настоящее время легли в основу формализованной документации, ориентированной на решение задач автоматизированной обработки данных на ЭВМ.

Составление унифицированной схемы описания изучаемых объектов является обязательной частью подготовки к полевым работам. Наличие такой схемы обеспечивает необходимую полноту документации, а тем самым и ее качество.

Требования единой системы первичной документации, удобной для практического использования, диктуют также необходимость единообразной структуры записи. Схему последовательности описания целесообразно иметь каждому геологу в виде краткой памятки, которую следует помещать в качестве вкладки в полевом дневнике.

В описаниях геологических наблюдений можно выделить несколько смысловых полей:

- описание горных пород,
- описание сочетаний горных пород в пределах обнажения,
- описание залегания горных пород,
- выводы.

Описание горных пород имеет последовательность: название породы, структура, цвет, степень литификации, минеральный состав, морфология зерен, текстура, включения, прожилки, органические остатки, конкреции и секреции, контактовые поверхности геологических тел, отдельность, прочие характеристики - элементы залегания пластов в осадочных, потоков в эффузивных и сланцеватости в метаморфических породах, мощность осадочных слоев, потоков эффузивных и пластов метаморфических пород, а также характер эпигенетических изменений.

Описание сочетаний горных пород должно предусматривать характеристику признаков, перечень которых может изменяться в зависимости от того, какой тип пород является объектом исследования.

Осадочные породы:

а) чередование пород по вертикали в виде послойного описания;
б) переходы пластов по простиранию;
в) мощность каждого пласта или обобщенная характеристика;
г) характер поверхностей напластования;
д) соотношение выше- и нижележащих пластов - залегание согласное, согласное с размывом или несогласное.

Вулканогенные породы:

а) чередование пород по вертикали;
б) смена пород по горизонтали;
в) мощность каждого пласта или потока или ее обобщающая характеристика;
г) характер граничных поверхностей между пластами или потоками;

д) соотношение выше- и нижележащих пластов и потоков. Интрузивные породы - контакты и переходы разновидностей пород и их изменение на контактах.

Жилы и прожилки:

а) сочетание между собой;

б) изменения вмещающих пород на контакте;

в) выдержанность жил и прожилков и их мощность.

Для рыхлых отложений следует давать описание в следующем порядке:

а) название, размеры, минералогический состав и форма зерен, их соотношение по размеру;

б) цвет и запах;

в) наличие, содержание, размер и форма неорганических включений;

г) наличие и характер органических остатков;

д) влажность и плотность;

е) консистенция (для минеральных отложений) и степень разложенности (для торфов) - признаки особенно важные при гидрогеологических и инженерно-геологических работах;

ж) степень карбонатности основной части грунта и включений;

з) структура и текстура отложений.

Описание залегания горных пород включает измерение элементов залегания, характеристику складок, разрывов и т.д.

Измерение элементов залегания документируется в виде сокращенной записи азимута и угла падения, например, аз. пад. 340^0, $\angle$-30^0, или при вертикальном залегании - азимута простирания и угла падения, например, аз. прост. 340^0 $\angle 90^0$. Точность измерения в складчатых областях 5^0 для азимута и 2-3^0 для угла. При изменчивых углах падения или отсутствии уверенности в единообразии элементов залегания во всем обнажении и отсутствии видимых складок обязательно измерение в разных частях обнажения для определения среднего залегания с точностью до 4-5^0. Таких измерений необходимо сделать не менее 4-5. Разброс измерений в 20-30^0 обычно свидетельствует о наличии складок. Вычисление средних элементов залегания в этом случае недопустимо и должна быть составлена схема элементов залегания в обнажении. Словами отмечается опрокинутое залегание.

Описание складчатости. Описание единичной складки включает характеристику следующих признаков:

-текстурные элементы, образующие складку (пласты, слоистость, сланцеватость);

- форма складки;

- форма замка складки;

- форма шарнирной (осевой) поверхности;

- высота и ширина складки;

- элементы залегания слоистости на разных участках складки в количестве, достаточном для изображения характера изгибов слоев различной компетентности.

Описание обнажений. Описание естественных коренных обнажений проводится во время маршрутов. Нужно различать описание рядовых и ключевых (опорных) обнажений, которое проводится с разной степенью детальности.

Ключевым обнажением называется изолированный выход (или ряд сближенных выходов) коренных пород, в пределах которого наблюдаются стратиграфические взаимоотношения отложений, типичные интрузивные контакты, характерные структурные формы (складки, разрывы), сочетание структурных форм разного возраста и размера и т.п. Выявление ключевых обнажений, а также оценка степени их типичности и значимости могут быть осуществлены лишь после того, когда будет осмотрен более или менее обширный участок исследуемого района. Следовательно,

в большинстве случаев ключевые обнажения первоначально фиксируются в качестве рядовых и лишь потом подвергаются специальному детальному изучению.

Описание рядовых обнажений включает следующие операции:

- привязка обнажения к местности;
- осмотр обнажения;
- зарисовка или (и) фотографирование;
- описание обнажения и отбор образцов и проб.

Эти операции могут различным образом сочетаться при описании обнажений разного размера. При описании обнажений небольших размеров (до 15-20 м) привязка рядового обнажения к местности осуществляется в ходе маршрута, при котором оно было выявлено.

Осмотр обнажения начинается с определения его положения в рельефе (у подножья склона, на склоне, на водоразделе, в русле реки и т.п.) и оценки того, что оно действительно представляет коренной выход, а не оползень, отдельную скатившуюся глыбу и т.п. Эта оценка отражается словами "в коренном выходе", "в коренном залегании" и т.п. В процессе общего осмотра выясняются характер слагающих пород, условия их залегания и взаимоотношения; предварительно намечаются места отбора образцов и проб (они могут отбираться и на стадии осмотра).

Зарисовка и фотографирование рядовых обнажений осуществляется лишь в тех случаях, когда в них обнаруживаются какие-либо характерные особенности, представляющие значительный геологический интерес. Нередко такие обнажения в дальнейшем переходят в ранг ключевых.

Стратифицированные отложения, сложенные чередованием пластов различных пород, описываются послойно снизу вверх. Описание сверху вниз не рекомендуется как из соображения единства описания во всей геологической службе, так и из-за возможности засорения поверхности обнажения обломками вышележащих пород (это особенно мешает при описании и опробовании обнажений рыхлых образований и горных выработок).

Обнажения значительной протяженности рационально осматривать и описывать поинтервально. В качестве границ интервалов следует выбирать участки существенного изменения состава отложений или условий их залегания, смену пород или толщ и т.п. Осмотренная часть обнажения документируется, дается описание контактирующих толщ. Затем осматривается и документируется следующая часть обнажений и т.д. Если имеется возможность, то целесообразно заранее рационально разметить обнажение шагами или лентой на интервалы по 10-20 м. Для протяженных обнажений обязательно составление маршрутной схемы..

Образцы и пробы. Образцы горных пород представляют собой каменный документ, который хранится до завершения геологосъемочных и поисковых работ. По окончании работ часть образцов, достаточно полно характеризующая все возрастные подразделения района и типичные разновидности пород, выделяется в эталонную коллекцию и часть - в коллекцию обменного фонда. Остальная часть коллекции после окончания камеральной обработки сокращается. В соответствии с этим, к образцам эталонной коллекции и рядовым образцам могут быть предъявлены различные требования.

Образец для эталонной коллекции должен быть достаточно типичным для подразделения и разновидности пород. Нормальный размер его 9 х 12х 3 см. Обычное требование к образцу - наличие свежих поверхностей. Однако, как отмечал ещё В.А. Обручев, при недостатке времени для рядовых случаев необязательно заниматься выкалыванием стандартного образца, достаточно лишь, чтобы он имел три поперечных свежих скола. В дополнении к этому следует заметить, что в ряде случаев структурные и текстурные особенности породы значительно рельефнее видны на выветриваемой поверхности породы (а иногда только на ней!). В таких случаях сохранение выветрелой

поверхности обязательно. Многие образцы сопровождаются по сколам породы для шлифа обязательно из того же куска.

Образец и шлиф отмечаются в документации естественного или искусственного обнажения, из которого они отобраны, наносятся на зарисовку (если она делается), снабжаются этикеткой установленного образца и заносятся в каталог образцов.

Номер образца должен соответствовать номеру обнажения, точке наблюдения, горной выработке или буровой скважине. При отборе нескольких образцов они различаются прибавлением через дефис порядковой цифры, например, обр. I4-I, 14-2 и т. д, Применение букв для различения образцов (например, 14-А, 14-Б и т.д.) не рекомендуется, так как для протяженных обнажений и горных выработок и для скважин значительной глубины букв может не хватить. Самостоятельная (независимая от номера обнажения, скважины и т.п.) нумерация образцов воспрещается.

Пробы горных пород, полезных ископаемых и др. бывают нескольких видов:

- штуфные пробы - образцы горных пород 150-500 г, отбираемые из одного участка;
- сколковые пробы - составленные из небольших (10-25г) обломков породы, взятых в различных частях изучаемого обнажения или его обособленной части с расчетом получения общей массы пробы 150-500 г;
- бороздовые пробы - отбираются сплошной или пунктирной бороздой, пересекающей весь опробуемый объект при сечении борозды 10х5 или 20х10 см; применяется в основном при изучении полезных ископаемых для получения усредненной характеристики полезных компонентов во всем геологическом теле.

Все пробы, отбираемые из естественных обнажений, горных выработок и буровых скважин, обязательно включаются в их описание, их положение изображается на зарисовках. Пробы снабжаются этикеткой единого образца и фиксируются в журналах проб.

2.4. Графическая документация геологических объектов

Графическая документация в виде различного рода зарисовок и фотографий часто применяется в практике геолого-съемочных и поисковых работ, особенно при описании обнажений и геологоразведочных выработок. В настоящей главе содержатся общие рекомендации и специально рассмотрены правила графической документации геологоразведочных выработок, для которых зарисовка является обязательной частью всей документации. Содержание документации не рассматривается, так как оно изложено ранее.

Зарисовки и фотографии геологических объектов являются документами, которые в целом ряде случаев невозможно заменить словесным описанием. Известно, насколько трудно, пользуясь словесным описанием, найти в изученном геологическом объекте все то, что видел автор. Ведь любое описание неполно. Кроме того, язык описания достаточно бледен при фиксации деталей объекта и их пространственных соотношений, тогда как рисунок и фотография обладают наглядностью, т.е. позволяют с необходимой - степенью детальности получить информацию при рассмотрении документа, не пользуясь описанием.

Рисунок и фотография объективно передают все особенности и детали изученного геологического объекта, они дают возможность выделить главное в объекте, что присуще только ему и чем он отличается (или чем сходен) от других аналогичных объектов.

Чтобы рисунок или фотография обладали всеми свойствами документа - носителя объективной информации, они должны в той или иной форме иметь:

- точную географическую привязку;
- ориентировку плоскости рисунка или фотографии;
- масштаб;
- заголовок;
-пояснительные надписи;

- указания на авторство рисунка или фотографии (если они приводятся не в дневнике или журнале).

Графическое документирование любого геологического объекта предусматривает выполнение ряда операций, объемы и методы выполнения которых могут в достаточно широких пределах меняться в зависимости от цели работ и изучаемого объекта:

- подготовку фотоаппаратуры, принадлежностей для рисования, бумаги, дневников, компаса и т.д.;
- привязку - ориентирование плоскости рисунка или фотографии;
- при осмотре геологического объекта выделение отдельных частей и установление мест, где должны быть сделаны зарисовки или фотографии;
- разметка, ведущаяся как для облегчения зарисовок (соблюдение верных соотношений между частями объекта), так и для масштаба при фотографировании.

Под названием "Полевые зарисовки обнажений" объединяется большая группа графических документов, различающихся между собой содержанием и детальностью. Несмотря на то, что выполняемая человеком зарисовка передает его восприятие объекта, вследствие чего, казалось бы, является сугубо субъективной, она вполне объективно отражает облик и состояние объекта и является надежным документом.

Зарисовки в их практическом применении имеют ряд преимуществ перед фотографией. Даже при достаточном опыте и наличии всей необходимой аппаратуры и фотоматериалов хорошую фотографию геологического объекта получить не всегда возможно: объект съёмки может быть мало выразительным, могут быть неблагоприятные условия освещенности или погоды. Кроме того, детали геологического объекта, представляющие наибольший интерес, могут оказаться невыразительными вследствие слабой цветовой или тоновой контрастности. Во всех этих случаях получение удовлетворительного снимка практически невозможно, тогда как полевая зарисовка позволяет не только изобразить, но и подчеркнуть наиболее важные характеристики изучаемого объекта.

Зарисовка в отличие от фотографии не передает объект во всех подробностях, цель ее - максимально объективное изображение особенностей объекта, представляющих интерес для данного исследования. При этом все детали, не имеющие прямого отношения к целевому назначению рисунка, опускаются. Правильно выполненный и оформленный рисунок максимально лаконичен и вместе с тем обладает большой информативностью, четок и точен в изображении всего, что привлекло внимание исследователя.

Для того чтобы рисунок обладал всеми указанными свойствами и удовлетворял всем предъявлявшем требованиям, при его исполнении следует придерживаться определенных правил:

1) Масштаб зарисовки выбирается в зависимости от сложности изображаемого объекта и необходимой степени детализации. Масштаб должен быть выдержан на всей зарисовке во всех частях объекта. При необходимости отдельные части объекта, представляющие особый интерес, изображаются в более крупном масштабе, но уже на другом рисунке;

2) Зарисовки делаются четко и ясно, линиями различной толщины, без штриховки и тем более растушевки;

3) Второстепенные детали, вводимые в рисунок для масштаба (деревья, дома), выполняются схематически;

4) Зарисовка должна иметь географическую привязку, соответствующую привязке объекта в описании. Если на зарисовке изображается только часть объекта, делается привязка к объекту;

5) Плоскость зарисовки должна быть ориентирована;

6) Зарисовка должна иметь заголовок, необходимые поясняющие надписи и условные обозначения (в дневнике условные обозначения могут быть указаны в начале);

7) На рисунке указываются места, в которых делались измерения элементов залегания и их числовые значения и места отбора образцов и проб и их номера;
8) Все данные, помещаемые на рисунке, должны совпадать с записями в дневнике;
9) Запись в дневнике должна содержать ссылку на рисунок.

В соответствии с объектом и масштабом изображения, а также степенью его детальности можно выделить несколько типов зарисовок, различающихся техникой исполнения.

Схема – мелкомасштабная зарисовка, выполненная в условной манере, в приближенном или относительном масштабе. Ее назначение - пояснение записей в дневнике, указание на порядок записей или отбора образцов и т.д. Схема, поскольку она привязана к тексту дневника, обычно выполняется на левой стороне разворота. Если записи в дневнике ведутся шариковой ручкой, то и схему можно выполнять ею же. Схема снабжается надписями, поясняющими цель, с которой она выполнена, и детали изображения.

Зарисовки обнажений и их отдельных частей в зависимости от характера могут проводиться в проекции на вертикальную и наклонную плоскости, а также на разные плоскости, если обнажение расположено на склоне с уступом. В последнем случае зарисовка сопровождается дополнительной схемой, показывающей взаимоотношения и положение отдельных частей обнажения, спроецированных на разные плоскости, и указанием (текстовым или графическим знаком) на плоскость проекции. Соблюдение определенного масштаба и пропорций между отдельными частями обнажения достигается предварительной разметкой путем установки через определенное расстояние вешек или каменных пирамидок.

Крупномасштабные зарисовки отдельных частей обнажений выполняются с возможно более точным соблюдением масштаба и относительного расположения деталей, однако, без загромождения рисунка незначащими подробностями. Для выполнения такой зарисовки разметка обнажения делается более тщательно - обычно с помощью рулетки, натянутой поперек зарисовываемой площади, и в особо сложных случаях - двух рулеток (мерных реек, веревок с узлами и т.п.), натянутых крестообразно (горизонтально и вертикально) в плоскости рисунка.

Зарисовки разнообразных трещин и линейных тектонических структур проводятся с большой тщательностью и точностью в соблюдении размеров, ориентировки и их взаимного расположения. При этом рисуются только главные, наиболее характерные трещины. При изображении систем трещин необходимо дать представление о густоте трещин, принадлежащих к каждой системе. Все измерения помещаются на рисунке с указанием места, где они сделаны.

Фотосъемка в маршруте. Подготовка к маршрутной съемке начинается еще перед выездом на полевые работы. При изучении материалов предыдущих исследований: по району предстоящих работ составляется представление о его геологическом строении и возможных объектах фотографирования, достаточно полно характеризующих наиболее интересные особенности района в соответствии с задачами проектируемых полевых работ.

Порядок фотосъемки в маршруте. При фотографировании геологических объектов в маршруте не следует жалеть пленки: по возможности надо фиксировать все имеющее значение для целей исследования. Возможно, что встреченный объект уникален и случая зафиксировать его на пленку больше не представится. Даже если аналогичные объекты будут встречаться в дальнейшем, их надо фотографировать: снимки можно сравнить, отмечая черты сходства или, напротив, различия, зафиксированные объективом.

Фотосъемка геологических объектов представляет собой ряд последовательно выполняемых операций, каждая из которых в известной степени определяет качество будущего снимка.

1. Точка съемки выбирается с учетом характера объекта и цели, с которой делается снимок. При этом следует иметь в виду:

а) свет на объект должен падать спереди и несколько сбоку. Детали объекта при этом выглядят более контрастно, а сам объект приобретает объемность. Это особенно важно при фотографировании обнажений. Лучше всего для съемки подходит рассеяно направленный свет, которой дает солнце за тонким слоем облаков. При этом тени на объекте получаются не чрезмерно контрастными;

б) нормальная высота точки съемки соответствует уровню глаз человека. При этом фотография передает неискаженное представление об объекте - такое, каким видит его наблюдатель в обычных условиях.

2. Определение границ кадра и его композиция. В кадре должен помещаться фотографируемый объект целиком или его определенные детали, а в некоторых случаях и окружающее объект пространство (если необходимо зафиксировать взаимоотношения фотографируемого объекта с другими объектами или показать его положение в пространстве). В соответствии с этим граница кадра выбирается горизонтальной или вертикальной. Если с данной точки зрения изображение, размещающееся в кадре, не соответствует поставленной цели, границы кадра можно регулировать одним из следующих методов:

а) подойти ближе или, напротив, отойти подальше;

б) применить сменную оптику;

в) сделать панорамный снимок.

В кадре должно располагаться лишь то, что необходимо для цели документации.

3. Масштаб снимка должен быть показан в каждом кадре. Это достигается размещением в кадре предметов, которые могут служить масштабом: при фотографировании крупных обнажений - фигура человека, разметка вешками или пирамидами камней, при съемке деталей обнажений - молоток, компас и т.д., при съемке мелких деталей – линейка с сантиметровыми делениями.

3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Студенты, участвующие в геологических экскурсиях должны знать элементарные правила по технике безопасности. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение, казалось бы, элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Геологические экскурсии должны проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с «Правилами безопасности при геологоразведочных работах».

Перед геологическими экскурсиями все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители экскурсий перед их началом обязаны провести специальный инструктаж всех щкольников об условиях экскурсий, правилам безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый школьник расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проходить дополнительный инструктаж о мерах предотвращения наиболее вероятных для данного района работ опасностей и несчастных случаев.

Каждый работающий, заметивший опасность, угрожающую людям, обязан принять зависящие от него меры для ее устранения и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Руководитель обязан принять меры к устранению

опасности; при невозможности устранения опасности прекратить работы, вывести работающих в безопасное место.

Запрещается во время работы и во время перерывов располагаться в траве, кустарнике и других не просматриваемых местах, если на участке работ используются транспортные средства.

Запрещается допускать к работе лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, а также в болезненном состоянии. Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспечить ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание о порядке проведения маршрута, правилах передвижения применительно к местным условиям;

в) нанести на свою карту линию намеченного маршрута группы.

В дни, когда по прогнозу погоды затяжной дождь, сильный ветер, выходить в маршруты запрещается.

Если затяжной дождь, густой туман застают группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При оставлении кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

В маршрутах каждому участнику рекомендуется надевать яркий шарф, косынку или рубашку для обеспечения лучшей взаимной видимости.

Запрещается употреблять в пищу неизвестные грибы, ягоды и рыбу во избежание возможного отравления.

Использование для питьевой воды минеральных источников, бальнеологические свойства которых неизвестны, запрещается, не рекомендуется также купаться в них.

При движении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим. Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается.

Особое внимание в маршрутах необходимо уделять мерам предупреждения тепловых и солнечных ударов. В жаркие безветренные дни работать с непокрытой головой не разрешается.

Одежда не должна стеснять движений при работе, обувь обязательно подбирается по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

При проведении маршрутов в лесу особенно строго должны соблюдаться правила зрительной и голосовой связи.

Передвижение через лесные завалы разрешается только с соблюдением соответствующих мер предосторожности.

На участках, заросшей высокой и густой травой, рекомендуется начинать работу после высыхания росы.

При работе в лесу следует строго соблюдать меры пожарной безопасности.

Бросать в лесу непотушенные спички и окурки запрещается. Костры разрешается разводить лишь в местах, где исключена возможность возникновения пожара.

При малейшем признаке лесного пожара (запах дыма, гари, бег зверей и полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне.

При возникновении пожара необходимо приступить к его тушению с помощью всех имеющихся средств и одновременно сообщить об этом местным органам власти.

При передвижении по горелым лесам и торфяникам следует соблюдать особую осторожность.

При проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей рекомендуется плотно застегивать одежду и 3-4 раза в день осматривать тело и одежду.

При отборе образцов в выработках должны применяться меры по защите от падения кусков породы со склона и бортов выработки.

При одновременной работе двух или более проботборщиков не одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5 м.

Если произошел несчастный случай или школьник почувствовал недомогание, то следует:

- прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих, и сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить руководителю, при необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Для оказания первой помощи при ранениях и кровотечениях необходимо на рану наложить стерильный бинт, предварительно смазать настойкой йода очищенный от грязи участок вокруг раны. При сильном кровотечении необходимо наложить выше раны жгут не более чем на 1.0 – 1.5 часа.

По окончании рабочего времени привести в порядок снаряжение и другие принадлежности. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

4. ПОЛЕВОЕ СНАРЯЖЕНИЕ

Вполне очевидно, что успешное проведение геологических маршрутов (экспедиций) в существенной мере зависит от обеспеченности участников соответствующим оборудованием, снаряжением и материалами. Подчеркнем специально, что при ведении полевых исследований все необходимое должно «быть под руками». При этом ничего не должно быть лишнего. В таблице приведен список необходимых «вещей» для полевой бригады, состоящей из 5 человек.

№ п./п.	Наименование оборудования, снаряжения и др.	Кол-во (шт.)
1	Полевая книжка (пикетажка)	5
2	Геологический молоток	1
3	Компас горный	1
4	Лупа с десятикратным увеличением	1
5	Карандаш простой (мягкий и твердый)	10
6	Транспортир	1
7	Авторучка шариковая	10
8	Рулетка 10 м	1
9	Сумка полевая	5
10	Рюкзак (желательно непромокаемый)	1
11	Мешочки пробные	20
12	Линейка 30 см	2
13	Фотоаппарат	1
14	Аптечка универсальная	1

5. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

В результате геологических экскурсий накапливается большой фактический материал: коллекции минералов и горных пород, остатки ископаемых животных и растений, образцы полезных ископаемых, графический материал. Все это может составить основу тематических выставок и стендов.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД. 01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 16.09.2021	Протокол № 2 от 12.10.2021
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…….……..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……..12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...……...….13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...…..28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.

Информационные технологии
Универсальный дизайн
Адаптивные технологии

Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)

Брайлевский дисплей
Брайлевский принтер
Телевизионное увеличивающее устройство
Читающая машина
Экранные лупы
Синтезаторы речи
Ассистивные тифлотехнические средства
Ассистивные сурдотехнические средства
Адаптированная компьютерная техника
Ассистивные технические средства

Тема 3. Дистанционные образовательные технологии

Дистанционные образовательные технологии
Иинформационные объекты

Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества

Система образования
Образовательная среда вуза
Интеллектуальный труд
Интеллектуальный ресурс
Интеллектуальный продукт

Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности

Личностный компонент
Мотивационно-потребностный компонент
Интеллектуальный компонент
Организационно-деятельностный компонент
Гигиенический компонент
Эстетический компонент
Общеучебные умения
Саморегуляция

Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.

Самообразование
Самостоятельная работа студентов
Технологии интеллектуальной работы
Технологии групповых обсуждений

Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов

Традиционные источники информации
Технологии работы с текстами
Технологии поиска, фиксирования, переработки информации
Справочно-поисковый аппарат книги
Техника быстрого чтения
Реферирование
Редактирование
Технология конспектирования
Методы и приемы скоростного конспектирования

Тема 8. Организация научно-исследовательской работы

Доклад
Реферат
Курсовая работа
Выпускная квалификационная работа
Техника подготовки работы
Методика работы над содержанием Презентация

Тема 9. Тайм-менеджмент

Время
Планирования времени
Приемы оптимизации распределения времени

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении

конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.
37. Обдумывает свои дела и поступки.

38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.
81. Повторяет одни и те же ошибки.

82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.
125. Неудачи быстро сбивают с толку.

126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

Бланк для ответов

ФИ_____

Пол_____ Возраст (дата рождения)_____ Гр._____ Дата_____ № ___

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

№			S		№		S
1	1			23	67		
	2				68		
	3				69		
2	4			24	70		
	5				71		
	6				72		
3	7			25	73		
	8				74		
	9				75		
4	10			26	76		
	11				77		
	12				78		
5	13			27	79		
	14				80		
	15				81		
6	16			28	82		
	17				83		
	18				84		
7	19			29	85		
	20				86		
	21				87		
8	22			30	88		
	23				89		
	24				90		
9	25			31	91		
	26				92		
	27				93		
10	28			32	94		
	29				95		
	30				96		
11	31			33	97		
	32				98		
	33				99		
12	34			34	100		
	35				101		
	36				102		
13	37			35	103		
	38				104		
	39				105		
14	40			36	106		
	41				107		
	42				108		
15	43			37	109		
	44				ПО		
	45				111		

16	46			38	112	
	47				113	
	48				114	
17	49			39	115	
	50				116	
	51				117	
18	52			40	118	
	53				119	
	54				120	
19	55			41	121	
	56				122	
	57				123	
20	58			42	124	
	59				125	
	60				126	
21	61			43	127	
	62				128	
	63				129	
22	64			44	130	
	65				131	
	66				132	

Качественные характеристики саморегуляции

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
1	Целеполагание	За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет.		23	Неустойчивость целей	Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается.
2	Моделирование условий	Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное.		24	Отсутствие анализа условий	Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности.
3	Программирование действий	Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи.		25	Спонтанность действий	Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач.
4	Оценивание результатов	Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает		26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		свои ошибки.			работе.
5	Коррекция результатов и способов действий	Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки.	27	Повторные ошибки	С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки.
6	Обеспеченность регуляции в целом	Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помощи.	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.
7	Упорядоченность деятельности	Любит порядок. Аккуратен и последователен.	29	Непоследовательность	Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен.
8	Детализация регуляции действий	Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.	30	Поверхностность	Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
9	Осторожность в действиях	Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска.	31	Необдуманность, рискованность	Приступает к делу без подготовки. Сначала сделает, лотом подумает.
10	Уверенность в действиях	Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив.	32	Неуверенность в своих силах	Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен.
11	Инициативен в действиях.	Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий.	33	Нерешительность	Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый.
12	Практическая реализуемость намерений	Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца.	34	Незавершенность дел	Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
13	Осознанность действий	Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи.	35	Действия наобум	Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил.
14	Критичность в делах и поступках	Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям.	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
15	Ориентированность на оценочный балл	Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка.	37	Попустительство	Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки.
16	Ответственность в делах и поступках	Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы.	38	Безответственность в делах	Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца.
17	Автономность	Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями.	39	Зависимость в действиях	Всегда надеется на друзей, на их помощь.
18	Гибкость, пластичность в действиях	Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях.	40	Инертность в работе	Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую.
19	Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий	Аккуратен. Внимателен. Усидчив.	41	«Плохиш»	Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив.
20	Практичность, устойчивость в регуляции действий	Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах.	42	Равнодушие к ошибкам, неудачам	Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам.
21	Оптимальность (адекватность) ре-	Взвешивает все «за» и «против».	43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С тру-

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
	гуляции усилий	Умеет мобилизовать усилия.				дом мобилизуется на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.		44	Самодостаточность	Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям.

Задание: На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

Методические указания

АННОТАЦИЯ (от лат. annotatio - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается…; Статья посвящена…; В статье даются…; Автор останавливается на следующих вопросах…; Автор затрагивает проблемы…; Цель автора – объяснить (раскрыть)…; Автор ставит своей целью проанализировать…;

2. Композиция работы:

Книга состоит из … глав (частей)…; Статья делится на … части; В книге выделяются … главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)…; Сборник рассчитан…; Предназначается широкому кругу читателей…; Для студентов, аспирантов…; Книга заинтересует…

РЕФЕРАТ (от лат.referre- докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетичесокое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползанье» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает…* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате - раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения**:**

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов…; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу…);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что…; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес…; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей…; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)…; Затем автор останавливается на таких проблемах, как…; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)…; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты…; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)…; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения…; В статье дается обобщение…, приводятся хорошо аргументированные доказательства…;

В заключение автор говорит о том, что…; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что…; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие…; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для…, но и для…

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве илина соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора…; В рецензируемой работе…; В предмете ана*лиза…

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме…; Актуальность темы обусловлена…; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)…

3. Формулировака основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является…; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о…

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом…; Таким образом, рассматриваемая работа…; Автор проявил умение разбираться в…; систематизировал материал и обобщил его…; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты…

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том…; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)…; Работа построена нерационально, следовало бы сократить…; Существенным недостатком работы является…; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы…; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора…; Упомянутые недостатки связаны не столько с…, сколько с…

7. Выводы: Представляется, что в целом работа… имеет важное значение…; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает…; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки…; Работа удовлетворяет всем требованиям…, а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право…

Задание

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Технологии интеллектуального труда*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД. 02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Автор: Полянок О.В., к.пс.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 16.10.2021	Протокол № 2 от 12.10.2021
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……..…..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….…..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...…….…14

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА……...….36

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..…..45

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий, подготовка реферата);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Сущность коммуникации в разных социальных сферах. Основные функции и виды коммуникации

Коммуникации
Межличностное общение
Речевые способности
Профессиональное общение

Тема 2. Специфика вербальной и невербальной коммуникации

Вербальная коммуникация
Невербальная коммуникация

Тема 3. Эффективное общение

Эффективное общение
Обратная связь
Стиль слушания

Тема 4. Основные коммуникативные барьеры и пути их преодоления в межличностном общении. Стили поведения в конфликтной ситуации

Конфликт
Барьер речи

Тема 5. Виды и формы взаимодействия студентов в условиях образовательной организации

Группа
Коллектив
Групповое давление
Феномен группомыслия
Феномен подчинения авторитету
Обособление
Диктат
Подчинение
Вызов
Выгода
Соперничество
Сотрудничество
Взаимодействие
Взаимопонимание

Тема 6. Формы, методы, технологии самопрезентации

Самопрезенгация
Публичное выступление

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе –

поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть

логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболеесложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Организуйте коллективную сетевую деятельность.

Методические указания:

Под организацией **коллективной сетевой деятельности** понимают совместные действия нескольких пользователей в сети электронных коммуникаций, направленные на получение информации. Участники совместной сетевой деятельности могут быть объединены общими целями, интересами, что позволяет им обмениваться мнениями, суждениями, а также совершать действия с различными объектами, такими как фотографии, программы, записи, статьи, представленными в цифровом виде.

Подобное взаимодействие может заключаться в различных его видах, таких как:

- - общение;
- - обмен данными;
- - организация трудовой деятельности;
- - совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями.

Рассмотрим каждый из них. Одним из примеров организации **общения** в сети

Интернет могут служить популярные на сегодняшний день сообщества **Livejournal** (www.livejoumal.ru), **Facebook** (www.facebook.com), **Twitter** (http://t witter.com) и др.

По своей сути это социальные сети, которые работают в режиме реального времени, позволяя участникам взаимодействовать друг с другом. Так, социальная сеть Livejournal (Живой журнал) предоставляет возможность публиковать свои и комментировать чужие записи, вести коллективные блоги («сообщества»), получать оперативную информацию, хранить фотографии и видеоролики, добавлять в друзья других пользователей и следить за их записями в «ленте друзей» и др.

Facebook позволяет создать профиль с фотографией и информацией о себе, приглашать друзей, обмениваться с ними сообщениями, изменять свой статус, оставлять сообщения на своей и чужой «стенах», загружать фотографии и видеозаписи, создавать группы (сообщества по интересам).

Система Twitter позволяет пользователям отправлять короткие текстовые заметки, используя web-интерфейс, sms-сообщения, средства мгновенного обмена сообщениями (например, Windows Live Messenger), сторонние программы-клиенты. Отличительной особенностью Твиттера является публичная доступность размещенных сообщений, что роднит его с **блогами** (онлайн-дневник, содержимое которого, представляет собой регулярно обновляемые записи — **посты).**

Другим способом общения, безусловно, является **электронная почта.** Принципы создания ящика электронной почты подробно рассматривались в практикуме параграфа 2.12. При всех своих плюсах электронная почта не позволяет организовать двусторонний оперативный диалог, максимально приближенный к обычному разговору. Отправив письмо, человек уверен, что оно оперативно будет доставлено в ящик адресата, но будет ли получен быстрый ответ? Кроме того, переписка может растянуться, что сводит к минимуму решение возможных актуальных проблем человека в настоящий момент времени.

Именно поэтому возникла необходимость в самостоятельном классе программ, которые выполняли бы две основные задачи:

- 1. Показать, находится ли собеседник в данный момент в сети Интернет, готов ли он общаться.
- 2. Отправить собеседнику короткое сообщение и тут же получить от него ответ.

Такие программы получили название IMS (англ. Instant Messengers Service —

служба мгновенных сообщений). Часто такие программы называют **интернет-пейджерами.** В качестве примера подобных программ можно привести Windows Live Messenger, Yahoo!Messenger, ICQ.

Так, программа Windows Live Messenger является одним из компонентов Windows Live — набора сетевых служб от компании Microsoft. Ранее мы познакомились с такими его модулями, как Семейная безопасность и Киностудия. Доступ к Messenger можно получить по адресу http://download.ru.msn.com/ wl/messenger, либо через кнопку **Пуск** на своем персональном компьютере (предварительно установив основные компоненты службы Windows Live).

В настоящее время произошла интеграция Messenger и программы Skype, функции которой будут рассмотрены позже.

Чтобы начать «разговор», достаточно выполнить двойной щелчок мыши на имени собеседника и ввести сообщение в соответствующее окно. Если друга нет на месте, можно оставить ему сообщение, и он увидит его, когда снова войдет в программу.

Коммуникацию в реальном масштабе времени возможно осуществить с помощью **чатов** (англ. Chatter — болтать). Если ваш компьютер оснащен видеокамерой, вы сможете начать видеочат. Одной из наиболее интересных особенностей видео- чата в Messenger является то, что он позволяет делать через Интернет все, что ранее можно было делать только при личном общении. Например, можно легко обмениваться фотографиями и видеть, как собеседник реагирует на них.

Теперь рассмотрим, каким образом можно организовать коллективную сетевую деятельность, связанную с **обменом данными.** Сразу отметим, что для передачи или открытия доступа к файлам в локальной сети используются стандартные возможности операционной системы компьютера. Для этого достаточно в настройках определенной директории открыть общий доступ на чтение или запись другими пользователями сети.

В настоящее время популярнейшим способом обмена данными является размещение файлов на различных видеохостингах и в социальных сетях. **Хостинг** — это услуга по предоставлению вычислительных мощностей для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети Интернет. Для размещения видеофайлов, как правило, используются такие крупные видеохос- тинги, как YouTube (www.youtube.com), Rutube (http://mtube.ru). Социальные сети, например Одноклассники (www.odnoklassniki.rn), ВКонтакте (http://vk.com) и др., также можно использовать для размещения видеофотоматериалов.

Хранение, обмен файлов возможно организовать и с помощью облачных сервисов, таких как Яндекс.Диск, SkyDrive, iCloud и т.д. Перечислим ряд достоинств подобного способа организации работы:

- не требуется денежных вложений - сервисы бесплатны;
- возможность резервного хранения данных;
- доступность информации из любой точки мира с разных устройств, подключенных к Интернету;
- пользователь самостоятельно определяет доступность к файлам другим людям;
- большой размер облачного хранилища (7-10 Гб);
- информация не привязана к одному компьютеру;
- доступ к файлам, хранящимся на устройствах с разными аппаратными платформами (Windows, Android, iOS).

В качестве примера рассмотрим работу с программой Яндекс.Диск, которую предварительно следует установить на свой компьютер с адреса http://disk. yandex.ru/download. После инсталляции программы на вашем устройстве создается папка Яндекс.Диск, в которой будет находиться ряд папок, таких как Документы, Музыка, Корзина. Теперь, после того как мы добавим, изменим или удалим файл в папке Яндекс.Диск на своем компьютере, то же самое автоматически произойдет на серверах Яндекс, т. е. происходит процесс синхронизации.

Поделиться файлом с друзьями через web-интерфейс можно, выполнив следующие действия:

1. Зайти в свой почтовый ящик на сервисе Яндекс.

2. Выполнив команду **Файлы/Документы,** выделить нужный файл из списка.

3. Установить переключатель на панели предпросмотра в положение **Публичный** и нажать на одну из кнопок, расположенных ниже, что гарантирует публикацию ссылки на файл в одной из социальных сетей (ВКонтакте, Facebook и т.д.) либо отправку по электронной почте (рис. 1).



Рис. 1. Ссылка на файл

Другой возможностью публикации ссылки на файл - получение ее через ОС Windows. В этом случае порядок действий следующий:

- 1. Открыть папку Яндекс.Диск.
- 2. Выполнить щелчок правой кнопкой мыши на нужном файле.
- 3. В контекстном меню выбрать пункт **Яндекс.Диск: Скопировать публичную ссылку.**

Теперь в буфере обмена находится ссылка на файл, например, http://yadi.Sk/d/91nV8FjiOYnX, с которой вы можете поделиться со своими друзьями.

Перейдем к описанию организации **трудовой деятельности** как способа совместного сетевого взаимодействия. Она может выглядеть самой разной, от простого общения в видеоконференциях, заканчивая использованием серьезных корпоративных решений для управления рабочим процессом в компании. Примерами таких решений являются:

1. 1С-Битрикс: Корпоративный Портал (http://www.lc-bitrix.ru/products/

intranet/) — система управления внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами.

2. Мегаплан (www.megaplan.ru) — онлайн-сервис для управления бизнесом.

3. TeamLab (www.teamlab.com/ru) — многофункциональный онлайн-сервис для совместной работы, управления документами и проектами.

4. BaseCamp (http://basecamp.com) — онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам.

Рассмотрим эти решения на примере облачного сервиса **Мегаплан,** который относится к **модели SaaS** (англ. Software as a service — программное обеспечение как услуга). В рамках модели SaaS заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду (т. е. за его использование через web-интерфейс). Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования программного обеспечения заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты (от 150 до 400 руб./мес.), и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность.

Используя на предприятии Мегаплан, можно получить множество современных эффективных средств управления персоналом компании, в частности:

- выстроить иерархическую структуру предприятия, прояснить уровни подчинения, сделать связи сотрудников внутри предприятия логичными и понятными каждому;

- система управления персоналом на предприятии позволит каждому руководителю контролировать деятельность своих подчиненных в режиме реального времени. Кроме того,

можно получать актуальную информацию, даже не находясь в офисе — для этого достаточно иметь доступ в Интернет;

- получить возможность обмениваться документами, выкладывать в общий доступ бизнес-планы, презентации, проекты и распоряжения, ускоряя обмен информацией внутри предприятия;

- системы обмена сообщениями и корпоративный форум делают общение, как деловое, так и личное, более живым и эффективным. Кроме того, выоказывания по ходу исполнения задачи, зафиксированные в Мегаплане, позволяют анализировать ход работы над проектом.

Зарегистрировавшись на вышеуказанном сайте, вы получите бесплатный доступ для знакомства с сервисом Мегаплан. Из трех решений предлагаемых компанией, а именно Совместная работа, Учет клиентов и Бизнес-менеджер, выберите первое — **Совместная работа.** Такой выбор дает возможность эффективно управлять проектами, задачами и людьми. Выбрав модуль **Сотрудники,** добавьте несколько сотрудников, заполнив их личные карточки. Много информации в карточки заносить необязательно, их всегда можно отредактировать, при этом не забывая нажимать на кнопку **Сохранить.** Заполненный модуль **Сотрудники** представлен на рис. 2.



Рис. 2. Модуль Сотрудники

Заполнив базу сотрудников, отметив все необходимые сведения в картотеке, вы получаете автоматизированную систему управления персоналом компании, которая более оперативно, чем любой менеджер по кадрам, будет оповещать вас обо всех изменениях, напоминать о днях рождения, давать доступ к картотеке и персональным сообщениям.

Теперь создайте отделы своей виртуальной организации. Для этого, находясь в модуле **Сотрудники,** выберите блок **Структура,** а в нем ссылку **Добавить отдел.** Чтобы добавить сотрудника в отдел, его надо перетащить мышью из списка **Нераспределенные.** После этого следует установить связь «Начальник-Подчиненный», используя ссылки **Начальники, Подчиненные.** Подобная ситуация представлена на рис. 3.

Красные стрелки на схеме обозначают вашу подчиненность, а зеленые — сотрудники подчиняются вам.

Для того чтобы организовать взаимодействие в команде, выберите модуль **Задачи** и поставьте перед каждым сотрудником задачу, указав сроки ее выполнения. Сотрудник может принять или отклонить задачу, делегировать ее своему подчиненному, комментировать задачу, оперировать списком своих задач (распечатывать, сортировать по признакам). Он может даже провалить задачу — и это немедленно станет известно всем, кто с ней связан.

Используя модуль **Документы,** попробуйте создать несколько текстовых документов (их объем не может превышать 300 Мб). Также имеется возможность импортировать имеющиеся документы, которые Мегаплан будет сортировать по типам: текстовые

документы, презентации, PDF-файлы, таблицы, изображения и др. Таким образом, можно хранить общие для всей компании договоры, банки, анкеты и другие важные файлы.

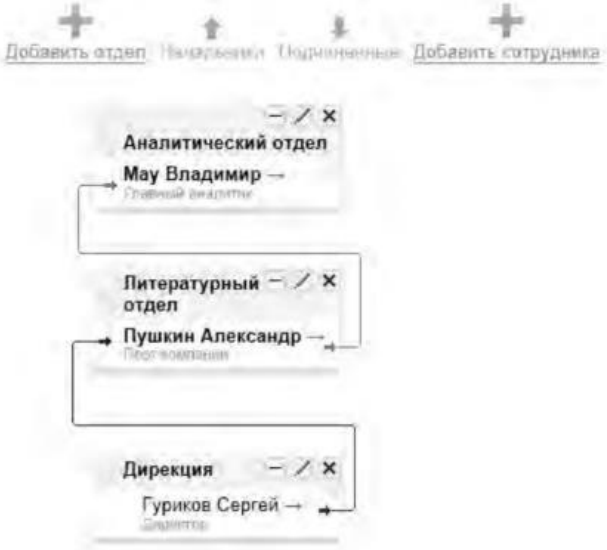


Рис. 3 Организационная структура предприятия

Модуль **Обсуждение** представляет собой корпоративный форум, в рамках которого можно рассматривать любые вопросы. Обсуждение тем может происходить в нескольких уже созданных разделах, а именно Новости, Отдых, Работа. Подобная ситуация представлена на рис. 4.

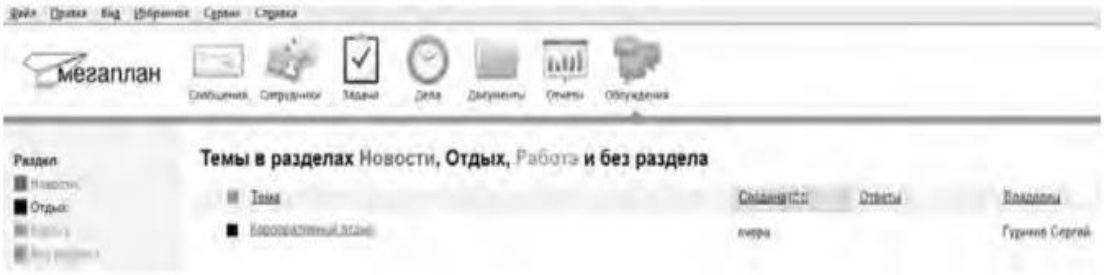


Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

Создайте несколько тем, воспользовавшись кнопкой **Добавить.** Обратите внимание на то, что вы можете ограничить просмотр обсуждаемых тем отдельным сотрудникам и группам. Корпоративный форум делает общение внутри компании более открытым. Возможность общения онлайн между сотрудниками, встреча которых могла бы и не произойти в реальной жизни, развивает неформальные отношения, вследствие которых совместная работа над проектами становится более комфортной. Работа над проектом, созданным в виртуальной среде, существенно упрощается за счет системы обмена сообщениями (модуль **Сообщения),** совместной работы, обработки файлов, находящихся в общем доступе.

Итак, освоение базовых функциональных операций в процессе работы с Мегапланом происходит очень быстро. С учетом того, что бесплатная версия продукта позволяет зарегистрировать трех пользователей, можно организовать сетевое взаимодействие, создав учебное предприятие и тем самым, усовершенствовать навыки взаимодействия исполнителей и руководителей в рабочем процессе.

Совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями — последний вид сетевого взаимодействия, рассматриваемого нами. Сетевыми развлечениями в основном являются компьютерные игры. Вид взаимодействия в играх может быть различным: игроки могут соперничать друг с другом, могут быть в команде, а в некоторых играх возможны оба

вида взаимодействия. Соперничество может выражаться как напрямую, например игра в шахматы, так и в таблице рейтингов в какой-нибудь браузерной игре.

Существует особый жанр игр MMORPG (англ. Massive Multiplayer Online Role-playing Game, массовая многопользовательская онлайновая ролевая игра) — разновидность онлайновых ролевых игр, позволяющая тысячам людей одновременно играть в изменяющемся виртуальном мире через Интернет. Сообщество любителей игр в жанре MMORPG зарегистрировано в сети Интернет по адресу www.mmorpg.su.

Подобные игры, как правило, построены на технологии «клиент-сервер», но есть разновидности, где в качестве клиента выступает обычный браузер. Игрок в такой игре представляется своим **аватаром** — виртуальным представлением его игрового персонажа. Создатели игры поддерживают существование игрового мира, в котором происходит действие игры и который населен ее персонажами.

Когда геймеры попадают в игровой мир, они могут в нем выполнять различные действия вместе с другими игроками со всего мира. Разработчики MMORPG поддерживают и постоянно развивают свои миры, добавляя новые возможности и доступные действия для того, чтобы «гарантировать» интерес игроков. Яркими представителями подобного рода игр на сегодняшний день являются EverQuest, World of Warcraft, Anarchy Online, Asheron's Call, Everquest II, Guild Wars, Ragnarok Online, Silkroad Online, The Matrix Online, City of Heroes.

Задания:

а)Создайте свой аккаунт (если вы его не имеете) в одной из социальных сетей, например Livejournal или Facebook. Выполните скриншоты своего блога. Результат отправьте на электронную почту преподавателя.

б)Используя программу Windows Live Messenger, добавьте в друзья (по предварительной договоренности) своего преподавателя и свяжитесь с ним в режиме реального времени либо оставьте ему сообщение.

в)Установите на свой компьютер программу Яндекс.Диск. Предоставьте доступ к нескольким файлам своему преподавателю.

г)Создайте учебное предприятие, используя облачный сервис Мегаплан. Заполните информацией все имеющиеся в программе модули. Установите связи между отделами. Пригласите нескольких своих друзей в проект. Продемонстрируйте результат преподавателю, открыв ему доступ.

д)Напишите краткий отчет о результатах своей работы по созданию виртуального предприятия, указав в нем этапы его создания, результаты совместной сетевой деятельности.

е)Являетесь ли вы участником какой-либо игры в жанре MMORPG? Если да, расскажите об основных правилах той игры, в которой вы участвуете. Каким образом происходит ваше взаимодействие в ней с друзьями?

3. Организация форумов

Методические указания

В настоящее время перед каждым образовательным учреждением стоит задача формирования открытой информационной образовательной среды. Эффективным механизмом является использование коммуникационных возможностей сети Интернет. В частности, организация на сайтах или в информационных системах образовательных учреждений форумов (дискуссий).

Форум — это web-страница, созданная на основе клиент-серверной технологии для организации общения пользователей сети Интернет. Концепция форума основана на создании разделов, внутри которых происходит обсуждение различных тем в форме сообщений. От чата форум отличается тем, что общение может происходить не в реальном времени. Таким образом, человек имеет возможность подумать над своим ответом или над создаваемой темой.

По методу формирования набора тем форумы бывают:

- **тематические. В** рамках таких форумов пользователи обсуждают предварительно опубликованную статью, новость СМИ и т.д. Обсуждение происходит в одной или нескольких темах;

- **проблемные.** Для обсуждения предлагается ряд проблемных вопросов (тем). Обсуждение каждой проблемы происходит в своей ветке. Чаще всего в подобных типах форумов пользователь не имеет права создавать новую тему;

- **постоянно действующие форумы.** Форумы поддержки (помощи). По такому принципу строятся форумы технической поддержки, различные консультации и пр. Чаще всего это форумы с динамическим списком тем, где простые участники могут создавать новую тему в рамках тематики форума.

Форумы функционируют согласно определенным правилам, которые определяют администраторы и модераторы. **Администратор форума** следит за порядком во всех разделах, контролирует общение на ресурсе и соблюдение правил сайта. **Модератор форума** чаще всего следит за порядком в конкретном разделе, имеет более узкие права, чем администратор. Его основная задача — увеличивать популярность форума, количество участников и число интересных обсуждений. Дополнительные задачи:

- стимулировать появление новых интересных тем;
- стимулировать общение на форуме;
- не допускать конфликтных ситуаций на форуме, а в случае их возникновения — уметь найти выход из сложной ситуации;
- при появлении в темах **спама** (рассылка коммерческой и иной рекламы или иных видов сообщений (информации) лицам, не выражавшим желания их получать) немедленно сообщать об этом администратору сайта;
- следить за культурой сетевого общения.

Для каждого конкретного форума администратором могут быть созданы свои правила, но в целом их можно свести к следующим:

1. На форумах приветствуется поддержание дискуссии, обмен опытом, предоставление интересной информации, полезных ссылок.
2. Не нужно вести разговор на «вольные» темы и размещать бессодержательные (малосодержательные) или повторяющиеся сообщения. Под бессодержательными (малосодержательными) понимаются, в частности, сообщения, содержащие исключительно или преимущественно эмоции (одобрение, возмущение и т. д.).
3. Желательно проверять грамотность сообщений (например, редактором Microsoft Word) — ошибки затрудняют понимание вопроса или ответа и могут раздражать участников обсуждения.
4. Длинные сообщения желательно разбивать на абзацы пустыми строчками, чтобы их было удобно читать.
5. Запрещается размещать заведомо ложную информацию.
6. Не рекомендуется публиковать сообщения, не соответствующие обсуждаемой теме, в том числе личные разговоры в ветках форума.
7. Не следует писать сообщения сплошными заглавными буквами, так как это эквивалентно повышению тона, а также латинскими буквами. При этом сообщение считается нарушающим данное правило, если такого рода текстом набрано более трети всего сообщения.
8. Участники форума не должны нарушать общепринятые нормы и правила поведения. Исключено употребление грубых слов и ненормативной лексики, выражение расистских, непристойных, оскорбительных или угрожающих высказываний, нарушений законодательства в области авторского права или сохранности конфиденциальной информации.
9. Запрещено публично обсуждать нелегальное использование (в том числе взлом) программного обеспечения, систем безопасности, а также публикацию паролей, серийных номеров и адреса (ссылки), по которым можно найти что-либо из вышеназванного.

10. Не следует размещать в форумах, а также рассылать через личные сообщения коммерческую рекламу и спам.

Для создания форумов используется ряд программных решений, написанных на языке PHP (англ. Hypertext Preprocessor — предпроцессор гипертекста) и используемых для ведения своей базы данных сервер MySQL. К их числу относится **Invision Power Board** (www.invisionpower.com), **vBulletin** (www.vbulletin.com), **PHP Bulletin Board** (www.phpbb.com), **Simple Machines Forum** (www.simplemachines.org) и ряд других. Однако создать «движок форума» с помощью перечисленного программного обеспечения начинающему пользователю будет весьма непросто, поскольку и сами программы, и документация к ним написаны на английском языке.

Попробовать свои силы для создания тематического форума можно с использованием российских web-сервисов, предлагающих свои услуги в этом направлении. Остановим свой выбор на сервисе Forum2x2 (www.forum2x2.ru), который предлагает создание и хостинг форумов. Forum2x2 позволяет создать форум бесплатно, всего за несколько секунд и без всяких технических знаний, а после — мгновенно начать общение. Интерфейс форума является наглядным, простым в использовании и легко настраивается.

Определим следующую задачу — создать форум своего учебного заведения. Находясь на сайте сервиса Forum2x2, выберем кнопку **Создать бесплатный форум.** Пользователю будет предложено выбрать одну из четырех версий создания форумов: Phpbb3, Phpbb2, IPB и Punbb. Их краткая характеристика будет представлена в соответствующих вкладках. Воспользуемся самым простым из них - **Punbb,** который предоставляет только базовые опции web-форума, а следовательно, является оптимальным по скорости и простоте использования. Далее нам предстоит выполнить три простых шага:

- 1. Выбрать графический стиль форума.
- 2. Ввести название форума, его интернет-адрес, свой адрес электронной почты, пароль.
- 3. Прочитать информацию о недопустимом содержании создаваемого форума.

На этом создание форума можно считать завершенным. На рис. 5 представлен один из возможных примеров созданного форума.



Рис. 5 Внешний вид созданного форума

В своем электронном почтовом ящике вы обнаружите письмо от администрации сервиса Forum2x2, в котором будут даны несколько полезных советов для успешного начала работы форума, в частности:

- - поместить в форум несколько сообщений, чтобы задать тон обсуждения;
- - внести личный аспект в стиль оформления форума, подобрав цвета и шрифты;

- - сообщить по электронной почте друзьям о новом форуме и пригласить их поучаствовать в форуме;
- - поместить ссылки на форум на других сайтах, форумах и в поисковых системах.

Для администрирования вновь созданного форума необходимо ввести имя пользователя (Admin) и пароль, который вы выбрали при создании форума. После этого вы получаете доступ к ссылке **Панель администратора,** расположенной внизу страницы, которая имеет несколько вкладок (рис. 6).



Рис. 6. Вкладки Панели администратора

Вкладка **Главная** отображает информацию по статистике созданных сообщений, количестве пользователей и тем. Здесь же можно воспользоваться практическими советами по повышению посещаемости созданного форума. Попробуйте пригласить на созданный форум своих друзей, знакомых, с помощью ссылки **Адреса Email,** вводя в соответствующее поле их электронные адреса. Максимальное число приглашений, отправляемых за один раз, — десять.

Вкладка **Общие настройки** позволяет сконфигурировать форум в соответствии с личными целями администратора. В частности, можно изменить название сайта, его описание, определить конфигурацию защиты форума, определить E- mail администратора.

С помощью раздела **Категории и форумы** создайте свои форумы, определите порядок их вывода с помощью соответствующих кнопок **(Сдвинуть вверх, Сдвинуть вниз). Категория** представляет собой совокупность форумов, объединенных общей тематикой. Один из возможных примеров создания форумов приведен на рис. 7.

Сделанные изменения доступны для просмотра после нажатия на кнопку **Просмотр форума.** Находясь на вкладке **Общие настройки,** перейдите в раздел **Раскрутка форума** и выберите пункт **Поисковые системы.** Введите информацию для ваших мета-тегов, чтобы улучшить позицию вашего форума в поисковых системах. **Мета-теги** — это невидимые коды, используемые поисковиками для индексации и позиционирования вашего форума. Зарегистрируйте ваш форум в основных поисковых системах: Yandex, Google, Rambler.

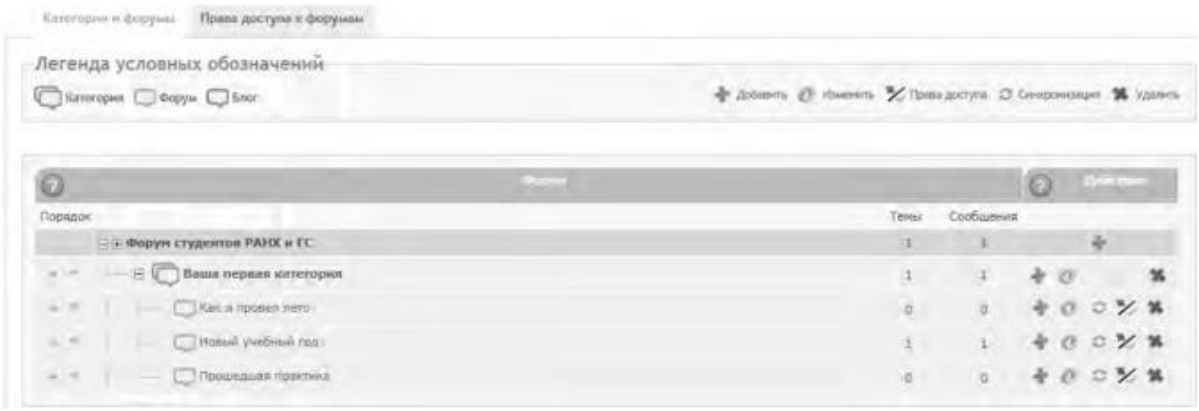


Рис. 7. Структура форумов

Используя вкладку **Оформление,** поэкспериментируйте с различными стилями для того, чтобы повысить привлекательность форума. Здесь же можно поменять версию «движка» форума.

Будучи администратором вашего форума, вы являетесь его единственным полноправным хозяином и полностью контролируете его. С помощью вкладки **Пользователи & Группы** создайте группу модераторов, ответственных за соблюдение установленных вами правил (правил орфографии, правил поведения на форуме и т.д.).

Перейдите на вкладку **Модули.** Здесь вы можете добавить к вашему форуму такие модули, как портал, календарь, галерея, чат или листы персонажей. Выберите ссылку **Портал.** Появится информация о том, что портал не инсталлирован. Нажмите ссылку — инсталлировать. Внешний вид созданного портала представлен на рис. 8.



Рис. 8. Созданный портал

На вкладке **Модули** попробуйте поработать с виджетами (гаджетами) форума, из которых и состоит портал. **Виджет** — это элемент интерфейса, предназначенный для облегчения доступа к информации.

Добавьте/удалите стандартные виджеты форума (Поиск, Календарь, Новости, Последние темы, Самые активные пользователи и др.), отслеживая изменения нажатием кнопки **Просмотр портала.** Оставьте наиболее удачный, с вашей точки зрения, вариант.

Итак, мы приобрели первоначальные практические навыки создания собственного форума и выполнили действия, направленные на увеличение его посещаемости. Кроме того, необходимо создать ссылку на форум с главной страницы сайта учебного заведения. Следует отметить, что, для того чтобы созданный форум не оставался в статичном виде, необходима большая работа администратора, модераторов по его поддержанию.

Альтернативным способом организации форумов является их развертывание в информационной системе учебного заведения. На современном отечественном рынке автоматизированных информационных систем управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. Свой выбор остановим на ИС ModEUS (http://modeus.krf.ane.ru/index.php), которая разработана с учетом специфики российского образования и обеспечивает автоматизацию учебного процесса, в том числе и дистантного (учет учебного процесса, его планирование и публикация, подготовка отчетной документации).

После регистрации в системе ModEUS, нужно выбрать ссылку **Дискуссии.** Вы можете организовать дискуссию (форум) по любому из находящихся в системе курсов, щелкнув мышью по его названию.

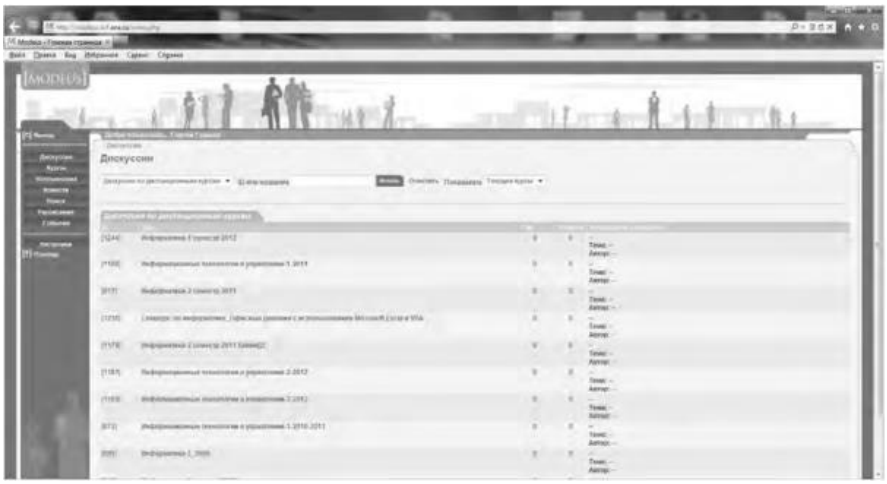


Рис. 9. Страница Дискуссии в ИС ModEUS

Создадим новую тему, нажав одноименную кнопку. Впишем в соответствующие поля название темы и вопрос, предлагаемый для обсуждения. Подобная ситуация представлена на рис. 437. Кроме того, мы имеем возможность прикрепить текстовый файл объемом не более 16 Мб, например список вопросов к экзамену.

После нажатия на кнопку **Создать** тема дискуссии отображается в системе (рис. 10), и любой из студентов может принять участие в ее обсуждении.

Таким образом, можно определить преимущества создания форума в информационной системе учебного заведения:

- - отсутствует необходимость иметь практические навыки работы по созданию web-страниц;
- - нет необходимости заботиться о раскрутке форума - студенты и преподаватели постоянно работают в системе.

В то же время есть и ряд недостатков, в частности:

- - форум доступен исключительно для студентов и преподавателей учебного заведения, в котором функционирует информационная система;
- - стандартизированный типовой интерфейс для всех выполняемых функций;
- - нет возможности организовать дискуссию на вольную тему.



Рис. 10 Создание новой темы



Рис. 11. Создана тема для дискуссии

Использование тестирующих систем в локальной сети образовательного учреждения

Теперь познакомимся с возможностями ИС ModEUS для **организации тестирования студентов в локальной сети образовательного учреждения.** Использование тестирования как наиболее объективного метода оценки качества образования широко используется в учебных заведениях России. Полнота охвата проверкой требований к уровню подготовки студентов предполагает методику конструирования тестовых заданий закрытого и открытого типа. К тестовым заданиям **закрытого типа** относятся задания, предполагающие выбор верного ответа из предложенных вопросов. Тестовые задания **открытого типа** требуют конструирования ответов с кратким и развернутым ответом. И тот, и другой тип заданий успешно реализуются в ИС ModEUS.

Прежде чем создать тестовое задание, необходимо зайти в один из учебных курсов, находящихся в репозитарии (хранилище данных), нажав кнопку **Курсы** в главном меню. Под «курсом» в ПС ModEUS понимается дисциплина, находящаяся в учебном плане.

Найдем в списке **Занятия курса** требуемое занятие и нажмем ссылку **Список заданий,** находящуюся справа от поля **Тип.** Для того чтобы добавить задание в занятие, нажмем кнопку **Добавить.** Подобная ситуация представлена на рис. 11.

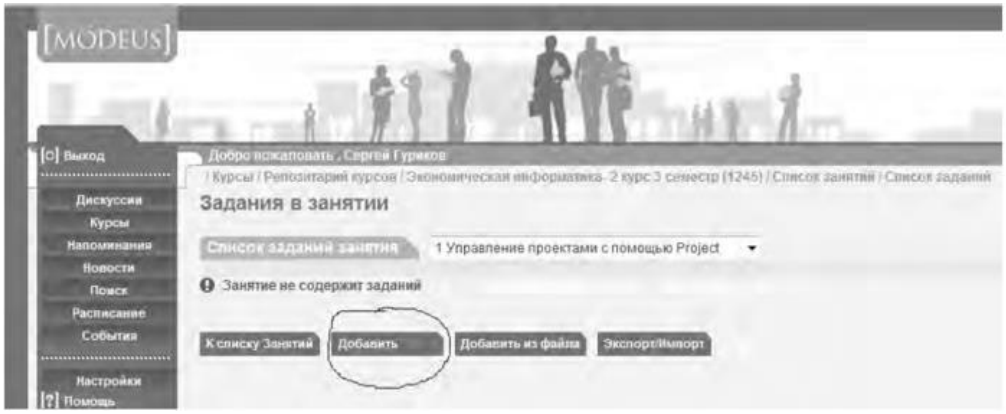


Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.

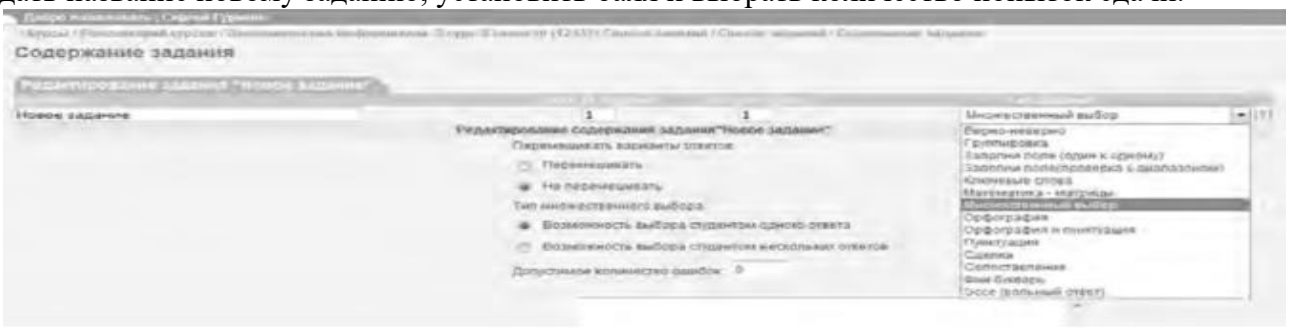


Рис.13. Выбор типа задания

Рассмотрим несколько примеров формирования вопросов закрытого и открытого типа в ИС ModEUS.

Тестовое задание со множественным выбором верных ответов (закрытый тип). Данный тип задания дает вам возможность задать вопрос и варианты ответов на него, из которых обучающийся должен выбрать верный (рис. 14). Правильным может быть один или несколько вариантов. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - в опции **Перемешивать варианты ответов** поставьте метку в поле **Перемешивать,** если вы хотите, чтобы указанные вами варианты ответов выводились на экран в различном порядке, поставьте метку в поле **Не перемешивать,** если варианты ответов должны выводиться всегда в одинаковом порядке;
- - в опции **Тип множественного выбора** поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом одного ответа,** если обучающийся из предложенных вариантов ответов может выбрать только один верный, поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом нескольких ответов,** если обучающийся может выбрать несколько верных ответов;
- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - в случае если в задании присутствует приложение, укажите путь к этому приложению, нажав на кнопку I обзор... I и указав путь к файлу на жестком или сетевом диске. Приложением может быть документ любого формата, например изображение;
- - введите тексты вариантов ответов в соответствующие поля;
- - для добавления нового поля под вариант ответа нажмите на кнопку



- каждый вариант ответа может быть дополнен приложением. Для добавления к варианту ответа приложенияукажите путь к нему в поле **Добавить приложение,** нажав на кнопку 

и указав путь к файлу на жестком

или сетевом диске;

- установите флажки напротив одного или нескольких правильных вариантов ответа;

- нажмите на кнопку 

для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку 

, чтобы сохранить задание и сразу

перейти к составлению нового задания.

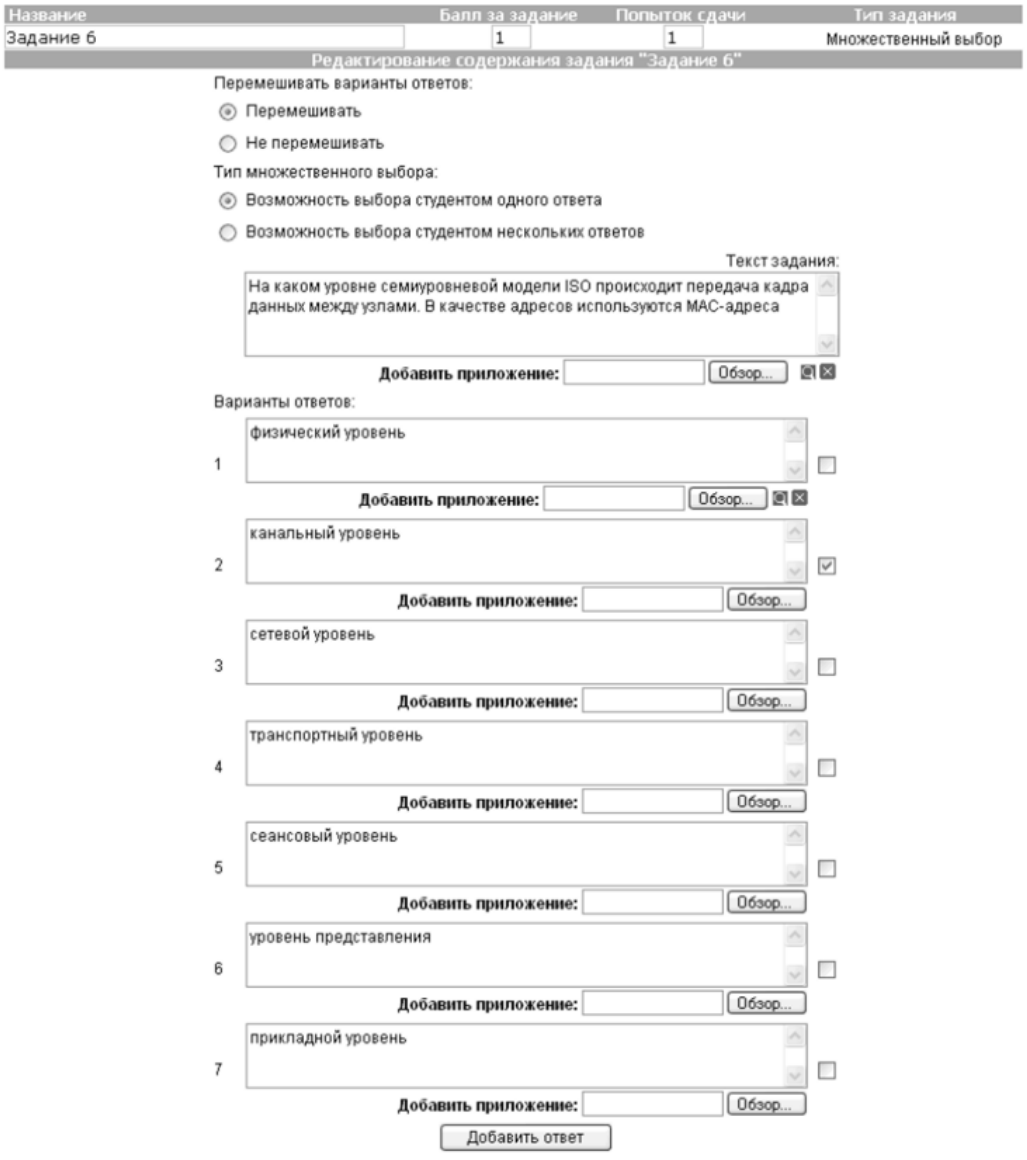


Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

Тестовое задание с добавлением слова (открытый тип). Данный тип задания (рис. 15) дает вам возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя ответ с клавиатуры в виде текста, цифры, слова, математической формулы и т.д. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - текст задания может представлять собой текст или текст в сочетании с

приложением. Чтобы добавить приложение (изображение или документ), нажмите на кнопку Обзор..., находящуюся под полем **Текст задания,** и
укажите путь к файлу на жестком или сетевом диске;

- - в поле **Вопрос** введите вопрос, на который должен ответить обучающийся;
- - в поле **Ответ** укажите правильный ответ;

- в пределах одного задания вы можете задать обучающемуся несколько вопросов. Для добавления вопроса нажмите на кнопку Добавить вопрос;

- нажмите на кнопку Зафиксировать для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку Сохранить и добавить новое, чтобы сохранить задание и сразу перейти к составлению нового задания.

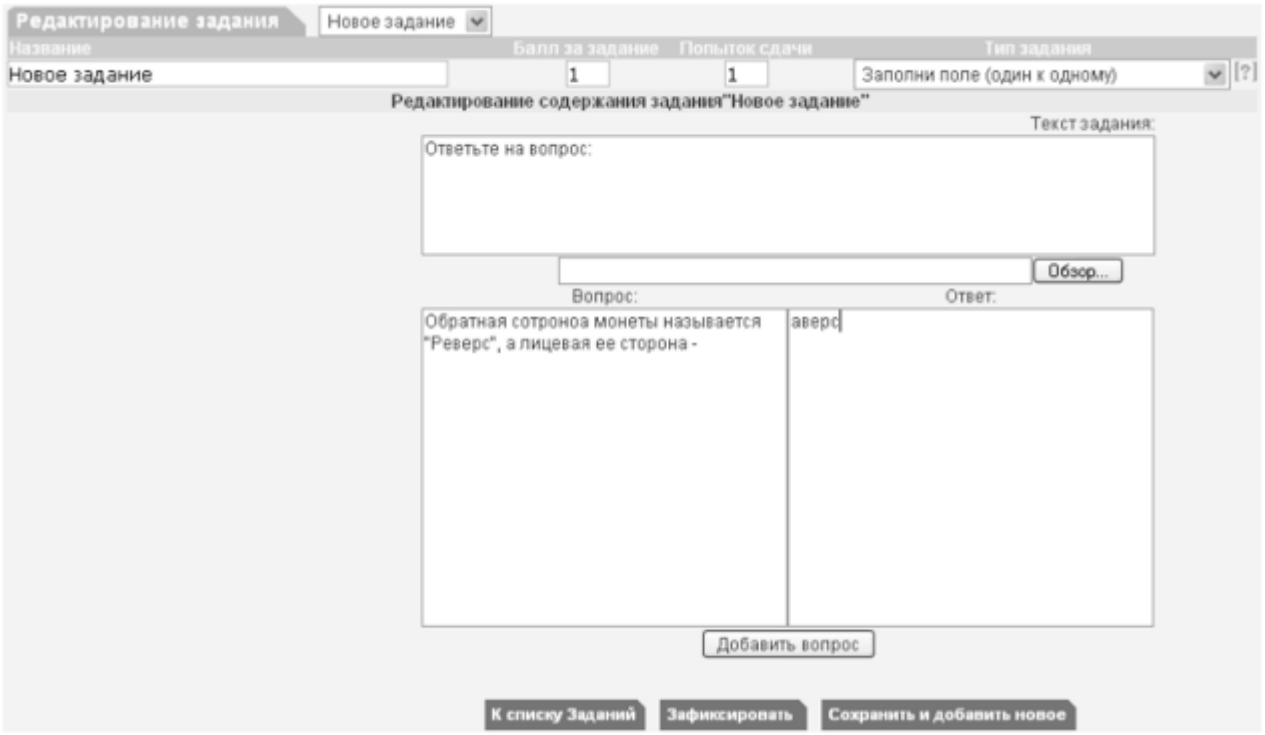


Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

Кроме рассмотренных типов заданий, в ИС ModEUS существует и ряд других, в частности:

Верно - неверно. Данный тип задания предоставляет возможность обучающемуся выбрать один из вариантов ответа («верно» или «неверно») на поставленный вопрос.

Группировка. В данном типе задания обучающемуся необходимо распределить заданный список понятий по группам.

Заполни поле (проверка с диапазоном). Данный тип задания дает возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя с клавиатуры числовой ответ.

Сопоставление. Проверяется способность обучающихся сопоставить понятия по указанному принципу.

Эссе. Обучающийся отвечает в свободной форме на поставленный преподавателем вопрос. Вопрос может быть представлен в виде текста или любого другого документа.

Следует отметить, что в ИС ModEUS можно задать количество вопросов, время на проведение тестовых заданий, а также **мощность теста.** Мощность определяет количество заданий, которые будут предложены студенту для выполнения. Например, если в группе заданий десять вариантов заданий, а мощность группы равна пяти, то студенту будут предложены для выполнения пять заданий из десяти. После проведения тестирования в

информационной системе происходит автоматическое формирование оценок на основании выполненных студентами заданий.

Итак, мы завершили рассмотрение возможностей информационной системы, работающей в локальной сети учебного заведения для организации форумов и проведения тестирования студентов.

Настройка видео web-сессий

В настоящее время миллионы пользователей во всем мире используют видеосвязь с помощью сети Интернет для общения друг с другом. Достоинства такого способа общения очевидны: есть возможность слышать и визуально наблюдать собеседника, находящегося, возможно, за тысячи километров. Для обеспечения полноценной видеосвязи для захвата и воспроизведения видео и звука могут использоваться как встроенные в компьютер камера, микрофон или динамик, так и внешние устройства, такие как web-камера, головная гарнитура, а также следует обеспечить высокоскоростной доступ к Интернету.

Взаимодействие собеседников при организации видео web-сессий возможно в нескольких направлениях: видеоконференция и видеотелефония.

1. **Видеоконференция** — это технология интерактивного взаимодействия двух и более человек, при которой между ними происходит обмен информацией в режиме реального времени. Существует нескольких видов видеоконференций:

- **симметричная (групповая)** видеоконференция позволяет проводить сеансы показа презентаций или рабочего стола;
- **асимметричная** видеоконференция используется для дистанционного образования. Позволяет собрать в конференции множество участников таким образом, что все они будут видеть и слышать одного ведущего, он, в свою очередь, всех участников одновременно;
- **селекторное видеосовещание** — рассчитано на взаимодействие большой группы участников, при котором пользователи имеют возможность активно обсуждать действия при чрезвычайных ситуациях, оперативно решать текущие вопросы.

Для эффективной организации проведения web-конференций, маркетинговых презентаций, онлайн-обучения, совещаний и любых других видов онлайн-встреч существует ряд программных решений. В качестве примера можно привести программы Mirapolis Virtual Room (http://virtualroom.ru/), ВидеоМост (www.videomost.com), TrueConf Online (http://trueconf.ru/) и др.

2. Видеотелефония — реализуется посредством сеанса видеосвязи между двумя пользователями, во время которого они могут видеть и слышать друг друга, обмениваться сообщениями и файлами, вместе работать над документами и при этом находиться в разных местах в комфортной для себя обстановке.

Для того чтобы общаться с близкими и друзьями, можно бесплатно совершать видеозвонки с помощью таких программ, как Skype (http://www.Skype, com/intl/ru/get-skype), Mail.ru Агент (http://agent.mail.ru) и ряд других.

Для того чтобы проверить наличие встроенной web-камеры на компьютере, достаточно войти в меню **Пуск,** выбрать **Компьютер,** щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и в контекстно-зависимом меню нажать пункт **Свойства.** Далее следует выбрать пункт меню **Диспетчер устройств,** а в нем пункт **Устройства обработки изображений.** Наличие в нем устройства, например, USB 2.0 Camera свидетельствует о наличии web-камеры.

Кроме того, в документации к компьютеру (Руководство пользователя) или другому устройству должны быть приведены сведения об установленных в систему устройствах и, в частности, инструкция по использованию встроенной камеры и программному обеспечению, отвечающему за данное устройство.

Одной из таких популярных утилит является ArcSoft WebCam Companion — пакет приложений для взаимодействия с web-камерой, который позволяет захватывать, редактировать изображения и записывать видео. Самостоятельно проведите ее инсталляцию,

воспользовавшись web-адресом http://arcsoft-webcam- companion.en.softonic.com. После установки данной программы на компьютер ее можно запустить на выполнение командой **Пуск/Все программы/ArcSoft WebCam Companion/WebCam Companion.** Интерфейс программы представлен несколькими разделами: Захват, Маска, Забавная рамка, Правка, Монитор, Другие приложения (рис. 16).



Рис. 16. Пункты меню программы ArcSoft WebCam Companion

Выберем значок **Захват,** а в нем пункт меню **Параметры web-камеры.** Откроется окно, представленное на рис. 17.

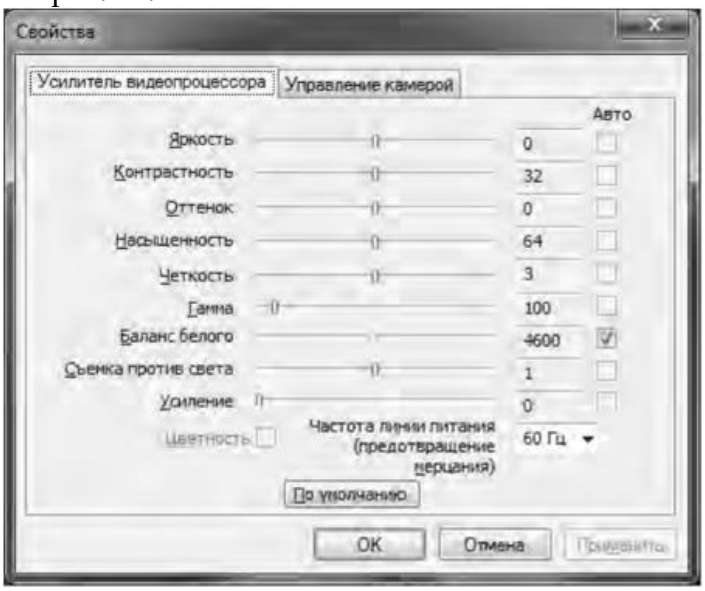


Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

Как видно из рис. 17, в данном окне можно изменить основные параметры настройки web-камеры, одновременно наблюдая за результатом на экране. При желании настройки можно вернуть в исходное состояние, нажав на кнопку **По умолчанию.**

Теперь поговорим о том, как организовать web-сессию в такой популярной программе, как Skype. Ее большим преимуществом является такой факт, что звонки между абонентами являются бесплатными. Однако, если вы делаете звонок на мобильный или стационарный телефон, вам потребуется позаботиться о том, чтобы на вашем счете были деньги. Положить деньги на оплату разговоров в Skype вы можете с использованием такого сервиса, как Яндекс.Деньги (https://money.yandex.ru/).

Инсталлируйте программу Skype, воспользовавшись ее адресом в сети Интернет http://www.skype.com/intl/ru/get-skype. После установки программа становится доступной после выполнения команды **Пуск/Все программы/ Skype/Skype. В** окне регистрации введите свой логин и пароль. Обратите внимание на то, что если вы установите флажок в пункте **Автоматическая авторизация при запуске Skype,** то вам не придется каждый раз вводить свои данные.

Добавьте своих друзей, родственников в список контактов, воспользовавшись командой **Контакты/Добавить контакт.** Вам нужно ввести фамилию, имя знакомого, его контактный телефон, адрес электронной почты. В результате ваши контакты будут располагаться в группе **Контакты** и будут видны при каждом запуске программы.

Выполним настройку web-камеры. Последовательно нажмем **Инструменты/Настройки/Настройки видео.** Появится окно, представленное на рис. 18.

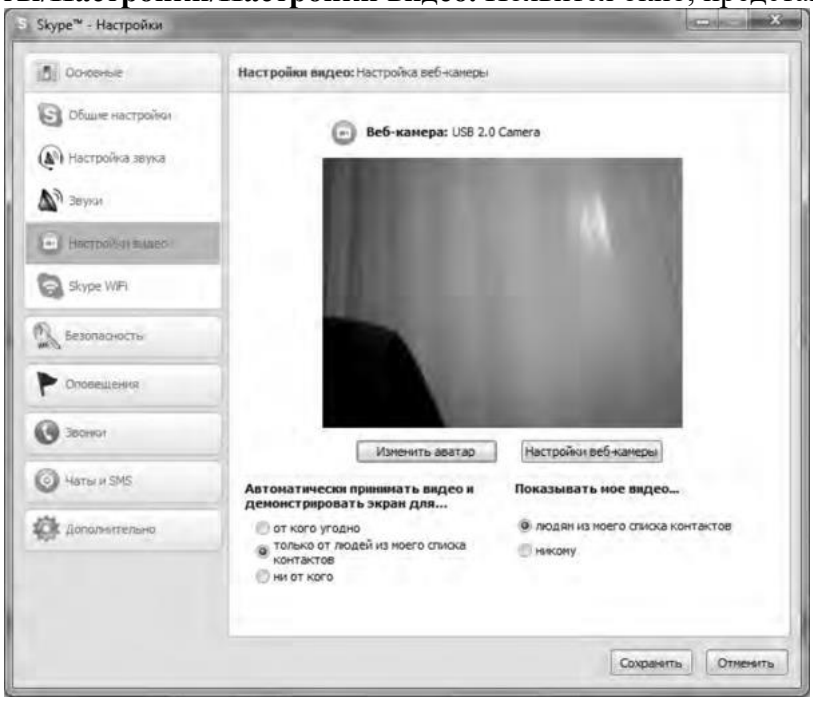


Рис.18. Окно Настройки

Если вы видите изображение - камера настроена и готова к работе. В противном случае, Skype выведет об этом текстовое сообщение. Теперь перейдем в меню **Настройка звука.** Проверьте, что поставлен флажок в опции **Разрешить автоматическую настройку микрофона.** Скажите несколько слов вслух, уровень громкости звука в опции **Громкость** должен изменяться. Окончательно проверить сделанные настройки можно с помощью контрольного звонка. Для этого, находясь в меню **Настройка** звука, выберите пункт **Сделать контрольный звонок в** Skype. В ходе контрольного звонка вы сможете сделать запись своего голоса в течение десяти секунд, а затем прослушать его. Если этот эксперимент окончится удачно, значит, все настройки выполнены правильно и программа готова к работе.

Теперь, когда мы завершили работу с настройками программы, можно попробовать сделать видеозвонок. Для этого необходимо совершить следующие действия:

1. Войти в программу Skype.
2. В группе **Контакты** щелчком мыши выбрать абонента. Во время звонка он должен быть в сети, о чем будет свидетельствовать соответствующий значок в программе Skype.
3. Нажать кнопку **Видеозвонок.**

Через несколько секунд соединение будет установлено и вы можете начать разговор, в процессе которого вы будете видеть и слышать своего собеседника. Подобная ситуация представлена на рис. 19.



Рис. 19 Сеанс связи установлен

Если во время разговоров у вас возникают неполадки со звуком, такие как сильный фоновый шум, эхо, задержка звука, «механический» звук или пропадание слов, следует убедиться в следующем:

1. Использует ли собеседник последнюю версию программы Skype? Информацию о версии программы можно получить, выполнив команду **По- мощь/О** Skype.
2. Нет ли рядом с микрофоном источников шума?
3. Не расположен ли микрофон рядом с динамиками?
4. Достаточно ли высокая скорость соединения?

Кроме того, когда программа Skype обнаруживает неполадки во время звонка, на экране появляется сообщение с рекомендациями, которые помогут вам повысить качество связи. Необходимо выполнить эти рекомендации.

Итак, вы получили теоретические сведения и практические навыки работы с организацией видео web-сессий, которые, несомненно, будут востребованы в вашей повседневной жизни.

Задания:

а)Зарегистрируйтесь на сервисе Forum2x2. Создайте форум своего учебного заведения, выбрав одну из четырех версий создания форумов. Выполните советы для успешного начала работы своего форума, приведенные в параграфе 5.4. После завершения работы отправьте на электронную почту преподавателя ссылку на созданный вами форум.

б)Установите на свой компьютер программу Skype. Сделайте видеозвонок вашему преподавателю (по предварительной договоренности).

2. Проведите диагностику стиля делового общения.

Инструкция. С помощью этого теста вы можете оценить свой стиль делового общения. Вам предложено 80 утверждений. Из каждой пары выберите одно — то, которое, как вы считаете, наиболее соответствует вашему поведению. Обратите внимание па то, что ни одна пара не должна быть пропущена. Тест построен таким образом, что ни одно из приведенных ниже утверждений не является ошибочным.

1. Я люблю действовать.
2. Я работаю над решением проблем систематическим образом.
3. Я считаю, что работа в командах более эффективна, чем на индивидуальной основе.
4. Мне очень нравятся различные нововведения.
5. Я больше интересуюсь будущим, чем прошлым.
6. Я очень люблю работать с людьми.
7. Я люблю принимать участие в хорошо организованных встречах.
8. Для меня очень важными являются окончательные сроки.

9. Я против откладываний и проволочек.
10. Я считаю, что новые идеи должны быть проверены прежде, чем они будут применяться на практике.
11. Я очень люблю взаимодействовать с другими людьми. Это меня стимулирует и вдохновляет.
12. Я всегда стараюсь искать новые возможности.
13. Я сам люблю устанавливать цели, планы и т.п.
14. Если я что-либо начинаю, то доделываю это до конца.
15. Обычно и стараюсь понять эмоциональные реакции других.
16. Я создаю проблемы другим людям.
17. Я надеюсь получить реакцию других на свое поведение.
18. Я нахожу, что действия, основанные на принципе «шаг за шагом», являются очень эффективными.
19. Я думаю, что хорошо могу понимать поведение и мысли других.
20. Я люблю творческое решение проблем.
21. Я все время строю планы на будущее.
22. Я восприимчив к нуждам других.
23. Хорошее планирование — ключ к успеху.
24. Меня раздражает слишком подробный анализ.
25. Я остаюсь невозмутимым, если на меня оказывают давление.
26. Я очень ценю опыт.
27. Я прислушиваюсь к мнению других.
28. Говорят, что я быстро соображаю.
29. Сотрудничество является для меня ключевым словом.
30. Я использую логические методы для анализа альтернатив.
31. Я люблю, когда одновременно у меня идут разные проекты.
32. Я постоянно задаю себе вопросы.
33. Делая что-либо, я тем самым учусь.
34. Полагаю, что я руководствуюсь рассудком, а не эмоциями.
35. Я могу предсказать, как другие будут вести себя в той или иной ситуации.
36. Я не люблю вдаваться в детали.
37. Анализ всегда должен предшествовать действиям.
38. Я способен оценить климат в группе.
39. У меня есть склонность не заканчивать начатые дела.
40. Я воспринимаю себя как решительного человека.
41. Я ищу такие дела, которые бросают мне вызов.
42. Я основываю свои действия на наблюдениях и фактах.
43. Я могу открыто выразить свои чувства.
44. Я люблю формулировать и определять контуры новых проектов.
45. Я очень люблю читать.
46. Я воспринимаю себя как человека, способного интенсифицировать, организовать деятельность других.
47. Я не люблю заниматься одновременно несколькими вопросами.
48. Я люблю достигать поставленных целей.
49. Мне нравится узнавать что-либо о других людях.
50. Я люблю разнообразие.
51. Факты говорят сами за себя.
52. Я использую свое воображение, насколько это возможно.
53. Меня раздражает длительная, кропотливая работа.
54. Мой мозг никогда не перестает работать.
55. Важному решению предшествует подготовительная работа.
56. Я глубоко уверен в том, что люди нуждаются друг в друге, чтобы завершить работу.

57. Я обычно принимаю решение, особо не задумываясь.
58. Эмоции только создают проблемы.
59. Я люблю быть таким же, как другие.
60. Я не могу быстро прибавить пятнадцать к семнадцати.
61. Я примеряю свои новые идеи к людям.
62. Я верю в научный подход.
63. Я люблю, когда дело сделано.
64. Хорошие отношения необходимы.
65. Я импульсивен.
66. Я нормально воспринимаю различия в людях.
67. Общение с другими людьми значимо само по себе.
68. Люблю, когда меня интеллектуально стимулируют.
69. Я люблю организовывать что-либо.
70. Я часто перескакиваю с одного дела на другое.
71. Общение и работа совместно с другими людьми являются творческим процессом.
72. Самоактуализация является крайне важной для меня.
73. Мне очень нравится играть идеями.
74. Я не люблю попусту терять время.
75. Я люблю делать то, что у меня получается.
76. Взаимодействуя с другими, я учусь.
77. Абстракции интересны для меня.
78. Мне нравятся детали.
79. Я люблю кратко подвести итоги, прежде чем прийти к какому-либо умозаключению.
80. Я достаточно уверен в себе.

Обработка результатов.

Обведите те номера, на которые вы ответили положительно, и отметьте их в приведенной ниже таблице. Посчитайте количество баллов по каждому стилю (один положительный ответ равен 1 баллу). Тот стиль, по которому вы набрали наибольшее количество баллов (по одному стилю не может быть более 20 баллов), наиболее предпочтителен для вас.
Если вы набрали одинаковое количество баллов по двум стилям, значит, они оба присущи вам.

Ключ

Стиль 1: 1, 8, 9, 13, 17, 24, 26, 31, 33, 40, 41, 48, 50, 53, 57, 63, 65, 70, 74, 79.
Стиль 2: 2, 7, 10, 14, 18, 23, 25, 30, 34, 37, 42, 47, 51, 55, 58, 62, 66, 69, 75, 78.
Стиль 3: 3, 6, 11, 15, 19, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 46, 49, 56, 59, 64, 67, 71, 76, 80.
Стиль 4: 4, 5, 12, J6, 20, 21, 28, 32, 36, 39, 44, 45, 52, 54, 60, 61, 68, 72, 73, 77.

Интерпретация результатов

Стиль 1 — ориентация на действие. Характерно обсуждение результатов, конкретных вопросов, поведения, ответственности, опыта, достижений, решений. Люди, владеющие этим стилем, прагматичны, прямолинейны, решительны, легко переключаются с одного вопроса на другой.

Стиль 2 — ориентация на процесс. Характерно обсуждение фактов, процедурных вопросов, планирования, организации, контролирования, деталей. Человек, владеющий этим стилем, ориентирован на систематичность, последовательность, тщательность. Он честен, многословен и мало эмоционален.

Стиль 3 ориентация на людей. Характерно обсуждение человеческих нужд, мотивов, чувств, «духа работы в команде», понимания, сотрудничества. Люди этого стиля эмоциональны, чувствительны, умеют сопереживать окружающим.

Стиль 4 — ориентация на перспективу, на будущее. Людям этого стиля присуще обсуждение концепций, больших планов, нововведений, различных вопросов, новых методов, альтернатив. Они обладают хорошим воображением, полны идей, но мало реалистичны и порой их сложно понять.

Задания:

а) На основе самодиагностики определите стиль делового общения

б) Дайте обоснование рекомендаций по совершенствованию делового общения.

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА

Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения магистрантом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата магистрант может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

Реферат является первой ступенью на пути освоения навыков проведения научно-исследовательской работы. В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Магистрант для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

Выбор темы реферата

Магистранту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем магистранту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять

библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

Цель – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Основная часть

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением.

Оглавление (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

Введение. В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

Заключение (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Приложения могут включать графики, таблицы, расчеты.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Общие требования к оформлению реферата

Рефераты по дисциплинам магистратуры направления подготовки 38.04.02 – «Менеджмент», как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется магистрантом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «…в табл. 2.2».

Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Диаграмма – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

График – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота

работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на

иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

Статья одного, двух или трех авторов из журнала

Зотова Л. А., Еременко О. В. Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами

Валютный курс и экономический рост / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами

Иохин В. Я. Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

Книга, написанная более чем тремя авторами

Экономическая теория: учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

Сборники

Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

Статья из сборника

Данилов А. Г. Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

Статья из газеты

Крашаков А. С. Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

Пример оформления затекстовой ссылки

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы магистранта на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

Советы магистранту:

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.
- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

ТЕМЫ РЕФЕРАТА

1. Общение как социально-психологическая категория.
2. Коммуникативная культура в деловом общении.
3. Условия общения и причины коммуникативных неудач.
4. Роль невербальных компонентов в речевом общении.
5. Речевой этикет, его основные функции и правила.
6. Причины отступлений от норм в речи, типы речевых ошибок, пути их устранения и предупреждения.
7. Деловая беседа (цели, задачи, виды, структура).
8. Особенности телефонного разговора.
9. Новые тенденции в практике русского делового письма.
10. Культура дискутивно-полемической речи. Виды споров, приемы и уловки в споре
11. Основные правила эффективного общения.
12. Личность как субъект общения. Коммуникативная компетентность личности.
13. Конфликтное поведение и причины его возникновения в деструктивном взаимодействии.
14. Деловое общение и управление им.
15. Отношения сотрудничества и конфликта в представлениях российских работников.
16. Реформы в России и проблемы общения молодого поколения и работодателей.
17. Культура речи в деловом общении.
18. Содержание закона конгруэнтности и его роль в деловом общении.
19. Этика использования средств выразительности деловой речи.
20. Особенности речевого поведения.
21. Культура устной и письменной речи делового человека в современной России.
22. Вербальные конфликтогены в практике современного российского общества.
23. Этические нормы телефонного разговора.
24. Основные тенденции развития Российской деловой культуры.
25. Характеристика манипуляций в общении.
26. Приемы, стимулирующие общение и создание доверительных отношений.
27. Правила подготовки публичного выступления.
28. Правила подготовки и проведения деловой беседы.
29. Типология конфликтных личностей и способы общения с ними.
30. Этикет и имидж делового человека.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете*(в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД. 03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 16.09.2021	Протокол № 2 от 12.10.2021
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические указания по подготовке к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	14
	Заключение	17
	Список использованных источников	18

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитияисследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации [1] . Формально можновыделить следующиеэтапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и
обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

2. Методические указанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;

- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не

попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подго-

товив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильнаяорганизация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим досту-па:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf