

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»**

---

11-12 апреля 2016 года

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И  
УПРАВЛЕНИЕ**

УДК 622; 004.896; 004.94

**РЕАЛИЗАЦИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА БАЗЕ  
ПЛАТФОРМЫ JADE**

Волкова Е.А., Нагаткин Е.Ю., Дружинин А.В.  
Уральский государственный горный университет

Мультиагентное управление (Multiagent Control – MAC) является одним из наиболее перспективных направлений в управлении сложными системами. В основе мультиагентного подхода лежит понятие интеллектуальных агентов. В отличие от распределенных систем, в которых знания и ресурсы распределяются между агентами, но управление происходит посредством органа общего командного управления, в мультиагентных системах решение получается на основе взаимодействия самостоятельных агентов. Одно из ключевых полезных свойств агентов — это интеллектуальное поведение, которое может быть заложено в каждого из них в соответствии с общим подходом к решению задачи, в рамках которого требуется взаимодействие многих агентов, работающих параллельно на одной или нескольких машинах одновременно. Преимущество мультиагентных систем заключается в способности динамически адаптироваться к изменяющимся условиям, что позволяет говорить о возможности создания на основе данного подхода динамически реконфигурируемой интеллектуальной системы управления.

Спецификация поведения, взаимодействия и архитектуры агентов мультиагентной системы определяется стандартом FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). В этом стандарте так же определено понятие агентной платформы – системы, в рамках которой реализуется взаимодействие агентов. В настоящий момент существует множество средств разработки мультиагентных систем, таких как ZEUS, NetLogo, JADE и так далее. Самым популярным решением является Java-библиотека JADE, что связано с поддержкой стандарта FIPA, а также с распространенностью языка программирования Java. Агентная платформа на базе JADE предоставляет простые интерфейсы для создания взаимодействия между агентами, а также поддерживает интеграцию с технологией JESS, предназначенной для создания объектов экспертных систем, что делает данную платформу идеальной для реализации мультиагентных систем управления.

В случае с экскаваторно-автомобильным комплексом, основными интеллектуальными агентами являются укрупненные узлы системы – экскаваторы и самосвалы, которые при этом также могут быть представлены как мультиагентные сети, где в качестве агентов выступают их основные агрегаты. Сложность проектирования агентной платформы в данном случае связана с тем, что по сути система управления автомобильно-экскаваторным комплексом является

мультиагентной сетью мультиагентных сетей, то есть дважды вложенной сетью. Для организации такой структуры требуется доработка платформы.

В качестве примера использования платформы JADE для организации взаимодействия на уровне укрупненных узлов системы рассмотрим обмен данными между экскаватором и самосвалами с целью установления соглашения на загрузку с подходящим по расположению и техническому и технологическому состоянию самосвалом. Агенты обмениваются между собой сообщениями по принципу «запрос-ответ-соглашение», а когда соглашение устанавливается, агентами принимается управленческое решение. Агент-экскаватор готов к отгрузке полезного ископаемого и посылает агентам-самосвалам запрос, на что те отправляют ответ со «стоимостью» выполнения операции – временем, которое будет затрачено на дорогу; агент-экскаватор на основе ответов выбирает агента с наименьшей «стоимостью» и заключает с ним соглашение, после чего агент-самосвал получает задание на следование к данному экскаватору. При этом, данное управленческое решение принимается без воздействия со стороны управляющего центра, избавляя систему от необходимости передавать дублирующую информацию.

На рисунке 1 представлен скриншоты службы Sniffer в составе агентной платформы на базе JADE, на котором видно, как происходит обмен сообщениями между тремя агентами-самосвалами (Truck1, Truck2, Truck3) и агентом-экскаватором (Excavator1). В итоге соглашение было установлено с агентом Truck3.

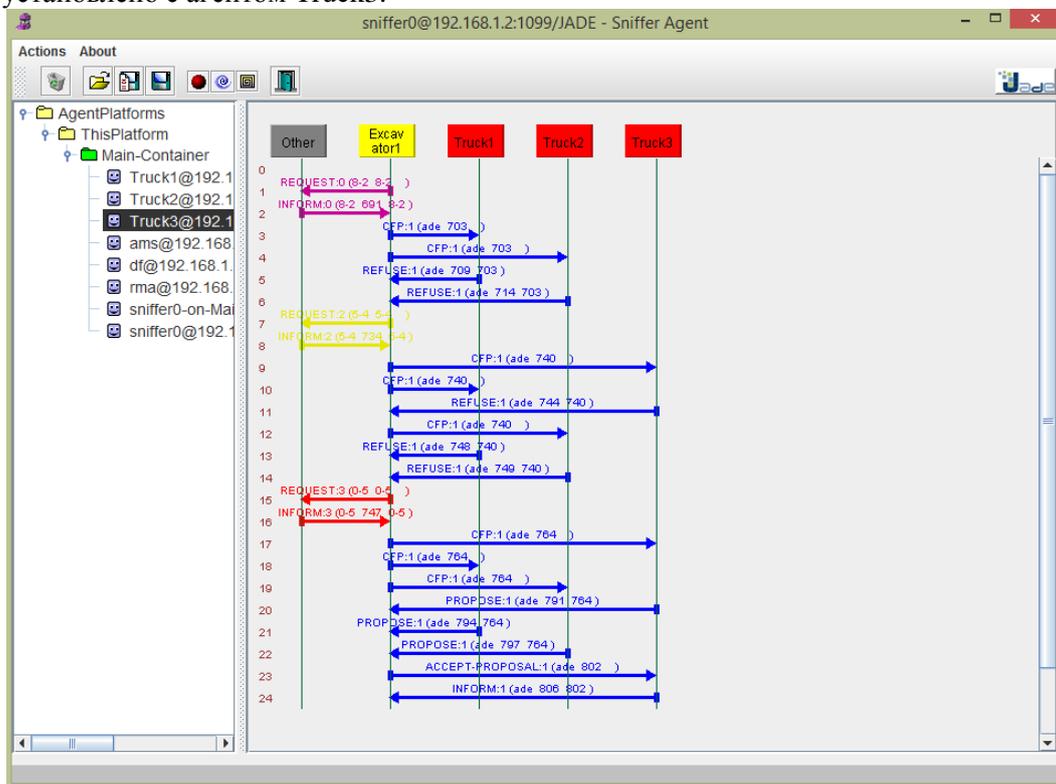


Рисунок 1 – Обмен сообщениями между агентами-самосвалами и агентом-экскаватором

Стоит отметить, что речь идет об автоматизированной системе управления, а не о роботизированной, то есть управляющее воздействие в данном случае принимается оператором (водителем), а система берет на себя роль информационно-советующей. Но данная архитектура в будущем позволит разрабатывать и роботизированные комплексы, работающие без участия человека – некоторые успехи в создании роботизированных систем уже наблюдаются как за рубежом (например, роботизированный карьер West Angeles в Австралии), так и в России (разработка роботизированного карьера компанией-резидентом фонда «Сколково» – «ВИСТ Групп»). Применение мультиагентного подхода к управлению может сделать роботизированный карьер более надежным, расширяемым и управляемым.

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС МТК (МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ КАРЬЕР)

Нагаткин Е.Ю., Волкова Е.А., Дружинин А.В.  
Уральский государственный горный университет

Сейчас основными задачами по автоматизации открытых горных работ являются: максимизация добычи, повышение эффективности эксплуатации и срока службы горнодобывающей и транспортной техники, минимизация затрат на проведение открытых горных работ. При этом, наиболее затратной частью технологического процесса добычи полезного ископаемого карьерным способом является погрузка и транспортировка. По данным доля транспортных расходов в себестоимости открытой добычи составляет 57 – 75%. Поэтому задачи автоматизации горнотранспортного комплекса являются одними из наиболее важных в рамках автоматизации работы карьера в целом.

В настоящий момент современные информационные технологии активно используются для решения задач автоматизации карьеров. Наиболее перспективные работы в этом направлении – «Интеллектуальный карьер» компании-резидента «Сколково» «ВИСТ Групп» и «Умный карьер VEI Kiosk» компании «ТЕХНОКОН-Новосибирск». Мировым лидером по производству автоматизированных систем управления горным производством считается компания «Wenco International Mining Systems Ltd», продукт которой АСУ Wenco используется в том числе и на отечественных предприятиях (АК «Алроса», ЗАО «Полюс» и другие). Особенностью проекта «Интеллектуальный карьер» является создание роботизированных участков горных работ (на данный момент реализована система роботизированного самосвала на базе «БелАЗ»). В дальнейшем, компания планирует создание роботизированных экскаваторов и погрузчиков. Решения, которые предоставляются данными компаниями, представляют собой трехуровневые автоматизированные системы управления с единым командным центром. Несмотря на ряд преимуществ такого подхода (отсутствие вероятностной составляющей принятия решений, управление всем комплексом в целом), имеется и существенный недостаток, связанный с низкой оперативностью принятия управляющих решений в системе.

Мультиагентные системы управления могут найти широкое применение на открытых горных работах в связи с ориентированностью на распределенные в пространстве объекты управления. Принцип мультиагентного управления заключается в том, что каждый узел системы – горная машина – выступает в роли интеллектуального агента; посредством агентной платформы агенты обмениваются между собой сообщениями по принципу «запрос-ответ-соглашение». Когда соглашение устанавливается, агентами принимается управленческое решение. На примере горнотранспортного комплекса данная схема представляется в следующем виде: агент-экскаватор готов к отгрузке полезного ископаемого и посылает агентам-самосвалам запрос, на что те отправляют ответ со «стоимостью» выполнения операции – временем, которое будет затрачено на дорогу; агент-экскаватор на основе ответов выбирает агента с наименьшей «стоимостью» и заключает с ним соглашение, после чего агент-самосвал получает задание на следование к данному экскаватору. При этом, данное управленческое решение принимается без воздействия со стороны управляющего центра, избавляя систему от необходимости передавать дублирующую информацию.

Комплекс МТК представляет собой программно-аппаратное решение, основанное на сетевом принципе управления.

Программный слой системы представляет собой агентную платформу и набор агентных модулей, отвечающих за управление на уровне узлов системы.

Агентами в мультиагентном подходе называют сущности, получающие информацию о состоянии управляемых объектов и передающие им управляющие воздействия на основе имеющихся у них базы знаний и множества состояний. Агент представляется в виде:

$$A_g = \langle G, S, A, \theta, \varphi \rangle,$$

где  $G$  – целевая функция,  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  – набор параметров состояния,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  – набор действий,  $\theta$  – база знаний и  $\varphi$  – оператор.

Поведение агента определяется из набора действий  $A$  на основе базы знаний  $\theta$ .

Важным моментом для определения поведения объекта является идентификация его состояния  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ .

В случае с экскаваторно-автомобильным комплексом, основными интеллектуальными агентами являются укрупненные узлы системы – экскаваторы и самосвалы. Их технологические циклы связаны, что позволяет нам получать более точные данные о технологическом состоянии агентов за счет их обмена данными. При этом агенты-самосвалы и агенты-экскаваторы могут быть представлены как мультиагентные сети.

Агентная платформа представляет собой среду локального исполнения агентов, в которой программные агенты функционируют и взаимодействуют друг с другом. В настоящий момент, имеется множество программных средств разработки мультиагентных систем, самой популярной из которых является Java-библиотека JADE. Популярность данной библиотеки связана с поддержкой международных стандартов в области мультиагентных систем, а также с распространенностью языка программирования Java. Агентная платформа на базе JADE предоставляет простые интерфейсы для создания взаимодействия между агентами. Для наделения агентов свойством «интеллектуальности» предполагается использовать технологию JESS. JESS – набор средств для создания экспертных систем, построенный на языке программирования Java и совместимый с CLIPS. В мультиагентных системах JESS может применяться для разработки компонентов принятия решений в рамках агентов.

Главной особенностью аппаратной части системы является использование сетевидной сети передачи данных, основанной на протоколе MESH. Такая сеть обеспечит единство программной и аппаратной частей системы управления, что позволит обеспечить максимальную производительность, а также масштабируемость, расширяемость и надежность. В качестве дублирующей сети передачи данных можно использовать GSM или любой другой применяемый на конкретном объекте стандарт связи.

Бортовое оборудование представляет собой набор датчиков, контроллеров, аппаратных средств передачи данных (GPS-трекер, MESH-антенна, GSM-модуль) и блок агента, который является ядром всей системы управления. Блок агента представляет собой универсальное программно-аппаратное решение, состоящее из промышленного компьютера и программной оболочки в составе двухуровневой агентной платформы и модулей агентов. Блок агента может устанавливаться на объекты управления любого класса, имеющих в системе. После настройки блок агента будет сразу же готов к работе, оповестив по широкополосному каналу связи все, имеющиеся в мультиагентной сети узлы о своем состоянии. Мультиагентная сеть при этом перестраивается автоматически, что обеспечивает архитектурная система управления как на программном, так и на аппаратном уровне.

По сравнению с имеющимися решениями, предлагаемая автоматизированная система МТК обладает следующими особенностями и преимуществами:

1) системный подход к решению задач автоматизации, при котором горные машины рассматриваются в комплексе, а не как самостоятельные агрегаты;

2) благодаря мультиагентному подходу достигается высокая оперативность, производительность, готовность, модифицируемость, устойчивость системы к внешним и внутренним изменениям;

3) помимо задач управления горнотранспортным комплексом, решаются также и локальные задачи идентификации технологических состояний горных машин, диагностики технического состояния.

Ожидаемые результаты от внедрения программно-аппаратного комплекса МТК в качестве автоматизированной системы управления экскаваторно-автомобильным комплексом:

– сокращение времени подготовительных работ за счет оптимизации обработки рабочей зоны на 8-15%;

– снижение времени ожидания самосвала для погрузки до 7-9%;

– увеличение срока службы горных машин на 5-7%;

– сокращение расхода энергоресурса на 2-7%.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНОГО РЕЕСТРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ

Добаев Д. С.

Научный руководитель Тимухина В. В., канд. техн. наук, доцент  
Уральский государственный горный университет

Системный реестр – это база данных, которую используют операционные системы семейства Windows для хранения сведений о конфигурации вычислительной системы.

Реестр содержит сведения, к которым операционная система постоянно обращается во время работы:

- профили всех пользователей;
- данные об установленных программах и типах документов, создаваемых каждой программой;
- значения свойств для папок и значков программ;
- конфигурация оборудования, установленного на компьютере;
- данные об используемых портах и др..

Файлы, из которых состоит реестр операционной системы Windows, называются файлами кустов, просто кустами или, реже, ульями.

Список всех ульев, которые были загружены в оперативную память при запуске операционной системы, можно найти, непосредственно в реестре.

Для этого достаточно взглянуть на параметры строкового типа, расположенные в ветви реестра HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\hivelist, приведенные на рисунке 1.

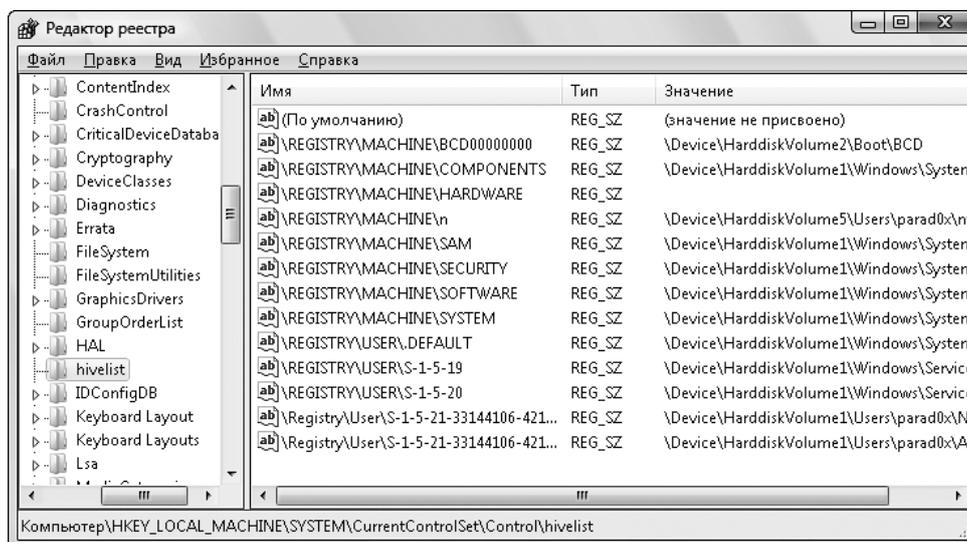


Рисунок 1 – Загруженные файлы кустов реестра

Ветвь реестра «HKCU\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Policies\Programs» отвечает за блокировку функционала пункта «Программы и компоненты» панели управления системы. Использование параметров данной ветви позволяет исключить возможность несанкционированного доступа к программному обеспечению персонального компьютера пользователю, лишённому административных прав. Например, если установить значение параметр «REG-DWORD NoProgramsCPL» равным единице, то все возможности окна «Программы и компоненты» панели управления системы будут запрещены.

Операционная система Windows позволяет через реестр управлять видимостью томов жёстких дисков. Данная опция полезна при сокрытии важных либо персональных данных. Управление данной опцией осуществляется через ветвь реестра:

«HKLM\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Explorer»

Параметр «REG-DWORD NoDrives», позволяет задавать битовую маску для томов жёсткого диска, отображаемых в «Проводнике» ОС Windows.

Потенциальную опасность представляют параметры вкладки «Безопасность» при использовании системы пользователем, не имеющим административных прав, так как параметры вкладки «Безопасность» позволяют изменять текущие разрешения на использование файловых объектов. Данную вкладку можно скрыть, что позволит исключить всякую возможность пользователю, лишённому административных прав, изменять текущие разрешения. Для этого достаточно в ветви реестра:

«HKCU\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Policies\Explorer»

изменить значение параметра «REG-DWORD NoSecurityTab». Если значение данного параметра установить равным единице, то вкладка «Безопасность» будет удалена из системного диалога «Свойства папки файлов».

Блокирование диспетчера задач позволяет исключить возможность несанкционированного доступа и манипуляции процессами, службами и сеансами для пользователя, лишённого административных прав. За активацию/блокировку указанного пункта отвечает ветвь реестра:

«HKCU\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Policies\System»

Если установим значение параметра «REG-DWORD DisableTaskMgr.» равным единице, то тем самым запретим возможность запуска диспетчера задач.

Нами разработана утилита MFC Guard для повышения безопасности системы, часть настроек утилиты используют рассмотренные параметры системного реестра. На рисунке 2 приведен вид главного окна утилиты.

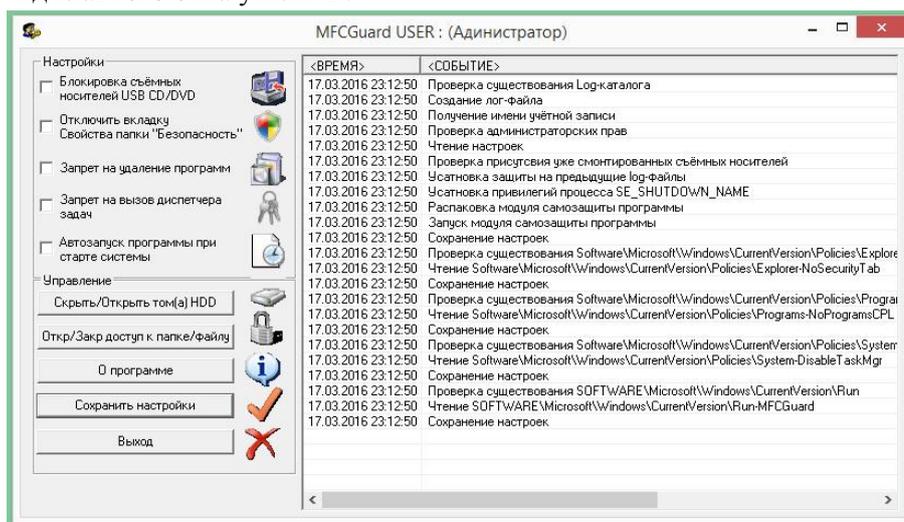


Рисунок 2 – Главное окно утилиты MFC Guard

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ромашов В. Р. Р69 Реестр Windows 7 на 100 %. — СПб.: Питер, 2010. – 272 с.: ил. — (Серия «На 100 %»). ISBN 978-5-49807-790-1.
2. Анатолий Малюк «Теория защиты информации» Издатели: Горячая линия - Телеком, 2012г ISBN: 978-5-9912-0246-6.

## ПРОВЕРКА СУЩЕСТВЕННОСТИ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

Трифонова П.С., Завражина Т.Г.  
Уральский государственный горный университет

Процесс обогащения полиметаллических руд - инерционный, многомерный, нелинейный. Для эффективного управления требуется такая модель, в которой были бы описаны свойства объекта в полной мере. Тема и сегодня актуальна, поскольку, несмотря на то, что многое в этой области изучено и написано, проблемы управления процессом остаются.

Регулирование выходного параметра (качества концентрата) всегда эффективно, если в прогнозную математическую модель входят: взаимосвязи между входными (характеристики руды), выходными (концентрат и отходы) и управляющими воздействиями (расходы реагентов, положения шибберов в машинах); учитывается динамика процесса.

В результате промышленной проверки модели эффективность регулирования процесса флотации была улучшена на 13,1 % [1].

Особенности регулирования состоят в том, что:

1. Процесс случайный, разница колебаний минимального и максимального значений содержания металла в концентрате достигает 9 %. Корректировка модели на управляющие факторы производится по величине рассогласования действительных и прогнозных данных.

2. Корректировка коэффициентов модели (прогноз) отличается от результатов реального процесса на величину разной степени погрешности.

При создании такой модели были учтены все факторы. В технологическом процессе, обладающем большой инерционностью, их число (если анализировать в настоящее время) велико и потому некоторые факторы могут быть исключены из модели.

Рассмотрим уравнение множественной регрессии. Показатель множественной корреляции характеризует тесноту связи рассматриваемого набора факторов  $x_1$  (содержание меди в руде, %) и  $x_2$  (содержание меди в медном концентрате, %) с исследуемым признаком  $y$  (содержание меди в отходах, %)1.

$$\hat{y}_x = 0,1754 + 0,0935 \cdot x_1 + 0,0023 \cdot x_2. \quad (1)$$

Оно показывает, что при увеличении содержания меди в рудной пульпе  $x_1$  (при неизменном  $x_2$ ) на 1 %, содержание её в отходах  $y$  увеличится в среднем на 9,35 %, а при увеличении его только в концентрате  $x_2$  (при неизменном  $x_1$ ) на 1 % – в среднем на 0,23 %.

Индекс множественной корреляции равен 0,597.

Уравнение множественной регрессии в стандартизованном масштабе:

$$t_y = \beta_1 t_{x_1} + \beta_2 t_{x_2} + \varepsilon, \quad (2)$$

при этом стандартизованные коэффициенты  $\beta_1$  и  $\beta_2$  регрессии равны 0,595 и 0,057 соответственно.

Тогда уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$\hat{t}_y = 0,595 \cdot t_{x_1} + 0,057 \cdot t_{x_2}. \quad (3)$$

Так как стандартизованные коэффициенты регрессии можно сравнивать между собой, то можно видеть, что большее влияние на содержание меди в отходах оказывает содержание меди в руде.

Сравнивать влияние факторов на результат можно также при помощи средних коэффициентов эластичности. В нашем случае:

$$\bar{\varepsilon}_1 = 0,535; \quad \bar{\varepsilon}_2 = 0,076.$$

<sup>1</sup> Объем наблюдений для каждой переменной составил 60 данных.

Т.е. увеличение только меди в руде (от своего среднего значения) или только содержание его в концентрате на 1% увеличивает в среднем потери металла на 0,54 % или на 0,08 % соответственно. Таким образом, подтверждается большее влияние на результат у фактора  $x_1$ , чем фактора  $x_2$ .

Практическая значимость уравнения множественной регрессии оценивается с помощью показателя множественной корреляции и показателя детерминации. Величина множественного коэффициента корреляции зависит не только от корреляции результата с каждым из факторов, но и от корреляции между факторами [2].

Чтобы не допустить возможного преувеличения тесноты связи, используется скорректированный индекс (коэффициент) множественной детерминации:

$$\bar{R}^2 = 0.3353.$$

Скорректированный коэффициент множественной детерминации  $= 0,3353$  показывает, что уравнением регрессии объясняется 33,53 % дисперсии результативного признака, а на долю прочих факторов приходится 66,47 %.

Эта же цель может быть достигнута с помощью частных коэффициентов корреляции (для линейных связей). Кроме того, частные показатели корреляции широко используются при решении проблемы отбора факторов: целесообразность включения того или иного фактора в модель можно доказать величиной показателя частной корреляции [3]:

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = 0,596; \quad r_{yx_2 \cdot x_1} = 0,07.$$

Частные коэффициенты корреляции дают меру тесноты связи каждого фактора с результатом в чистом виде.

Рассчитаем значения парных коэффициентов корреляции:

$$r_{yx_1} = 0,594; \quad r_{yx_2} = 0,041; \quad r_{x_1 x_2} = -0,027.$$

Они указывают на умеренную связь содержания меди в руде с содержанием ее в отходах, тогда как факторная связь содержания меди в руде с содержанием её в концентрате практически отсутствует:

На основании расчетных показателей частного коэффициента корреляции, частного F-критерия (Фишера) и  $t$ -критерия Стьюдента можно сделать вывод: фактор  $x_1$  является информативным. Включение фактора  $x_2$  в модель - нецелесообразно.

Тогда уравнение регрессии (1) может включать только один значимый аргумент:

$$\hat{y}_{x_1} = 0,42 + 0,011 \cdot x_1. \quad (4)$$

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Завражина Т.Г. О возможности регулирования процесса обогащения: Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции 30-31 января 2014 г., г. Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во «КультИнформПресс», 2014. – С. 64-65.
2. <http://statosphere.ru/books-arch/multistat/91-eliseeva-uchebnik.html>.
3. <http://www.docme.ru/doc/351129/e-konometrika--uchebno-metodicheskoe-posobie---shalabanov-a.k>.