

МАТЕРИАЛЫ УРАЛЬСКОЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕКАДЫ

5-15 апреля 2004 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ,
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ ПОСЛЕ ОКОМКОВАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ВГОКА

ЗИМИН А. Л.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

В процессах горного производства часто приходится иметь дело с сыпучими материалами, влажность которых играет важную роль в технических процессах их переработки.

Так, для технологического процесса агломерации влажность шихты во многом предопределяет качество ее спекания. Поэтому автоматизация процесса увлажнения шихты позволяет улучшить процесс окомкования и как следствие улучшить качество агломерата при прочих равных условиях, что приводит к повышению технико-экономических показателей работы аглофабрики.

Использование датчиков автоматического контроля расхода воды и датчиков влажности шихты позволяет рассмотреть возможные варианты систем автоматического управления (САУ) влажности шихты после окомкователя.

Один из возможных вариантов САУ – это система регулирования влажности путем введения корректирующего сигнала текущего значения влажности в систему стабилизации расхода воды в окомкователь, структура которой приведена на рис. 1. Рассматриваемый вариант содержит быстродействующий контур стабилизации расхода воды, устраняющий внутреннее возмущение из-за изменения давления поступающей воды. Корректирующий контур управляет влажностью после окомкователя по отклонению, устраняя внешние возмущения. Регуляторы как основного контура, так и корректирующего реализованы на контроллере фирмы «Siemens» типа S7-200.

Второй возможный вариант структурной схемы системы регулирования влажности – это так называемая система «непосредственного» регулирования, структура которой приведена на рис. 2. Этот вариант системы является самым простым и дешевым вариантом САУ. Реализация этого варианта будет эффективна при незначительных запаздываниях по каналу «расход воды в окомкователь – влажность шихты на выходе окомкователя» и малых значениях возмущений.

Возможен вариант систем регулирования влажности шихты с использованием двух датчиков влажности: измеряется влажность шихты перед окомкователем и после окомкователя. Структурная схема системы приведена на рис. 3. В случае реализации этого варианта система имеет быстродействующий контур по внешнему возмущению – влажность шихты на входе в окомкователь и корректирующий контур по отклонению влажности шихты после окомкователя.

Замечу, имеются и другие варианты построения систем, и перечисленные выше являются наиболее перспективными в конкретных условиях.

В условиях ВГОКа была выбрана первая система, когда сигнал с датчика влажности используется для коррекции подачи воды в окомкователь, которая приведена на рис. 1.

В указанной структуре системы исследовалось качество переходных процессов при использовании классических (типовых) линейных алгоритмов управления (ПИ, ПИД) в основном контуре регулирования и в корректирующем и с использованием нелинейных алгоритмов управления (трехпозиционный регулятор) в контуре стабилизации расхода воды в окомкователь и ПИ-регулятор в корректирующем.

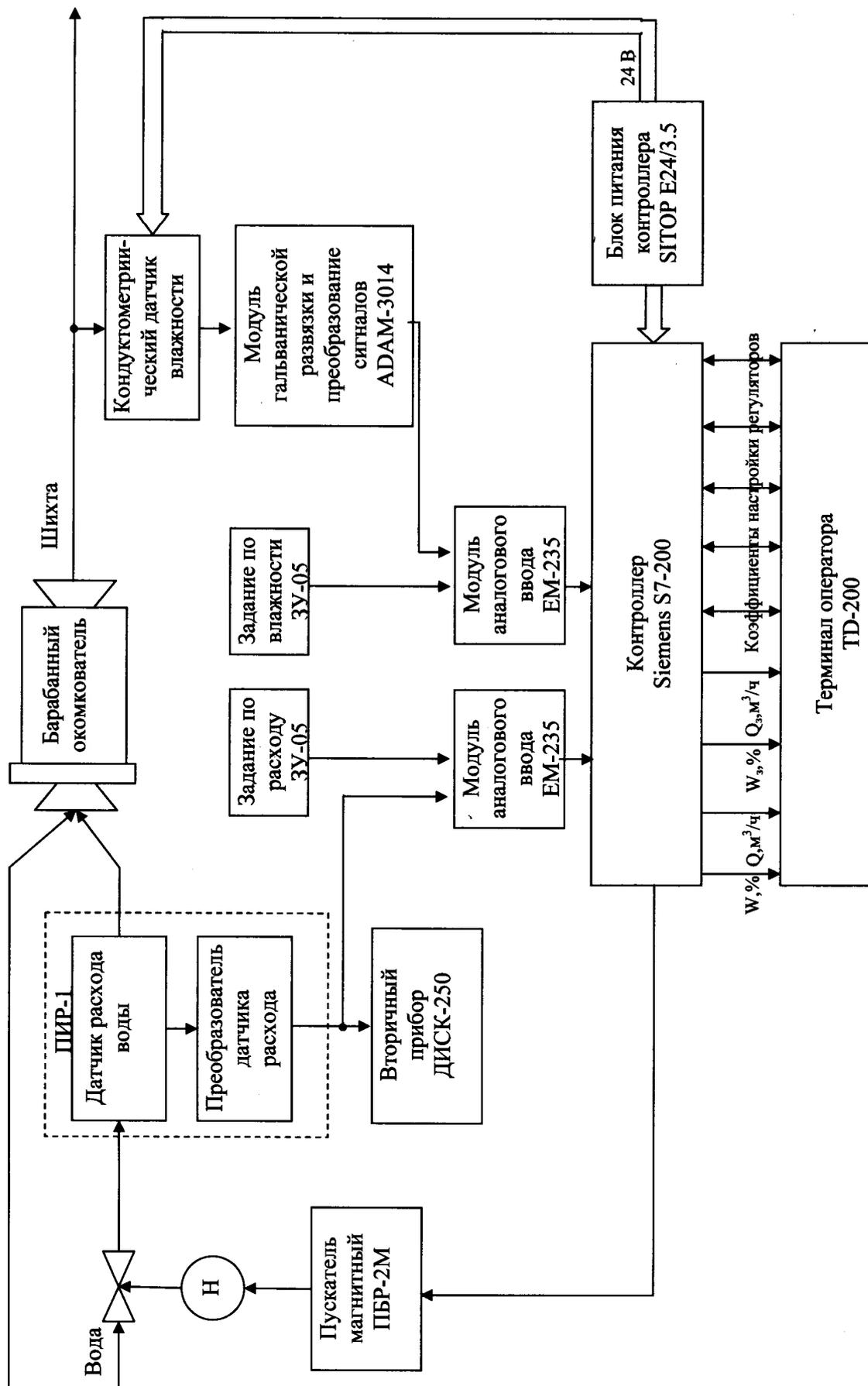


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического регулирования расхода воды в окомкователе с коррекцией по влажности шихты на выходе из окомкователя

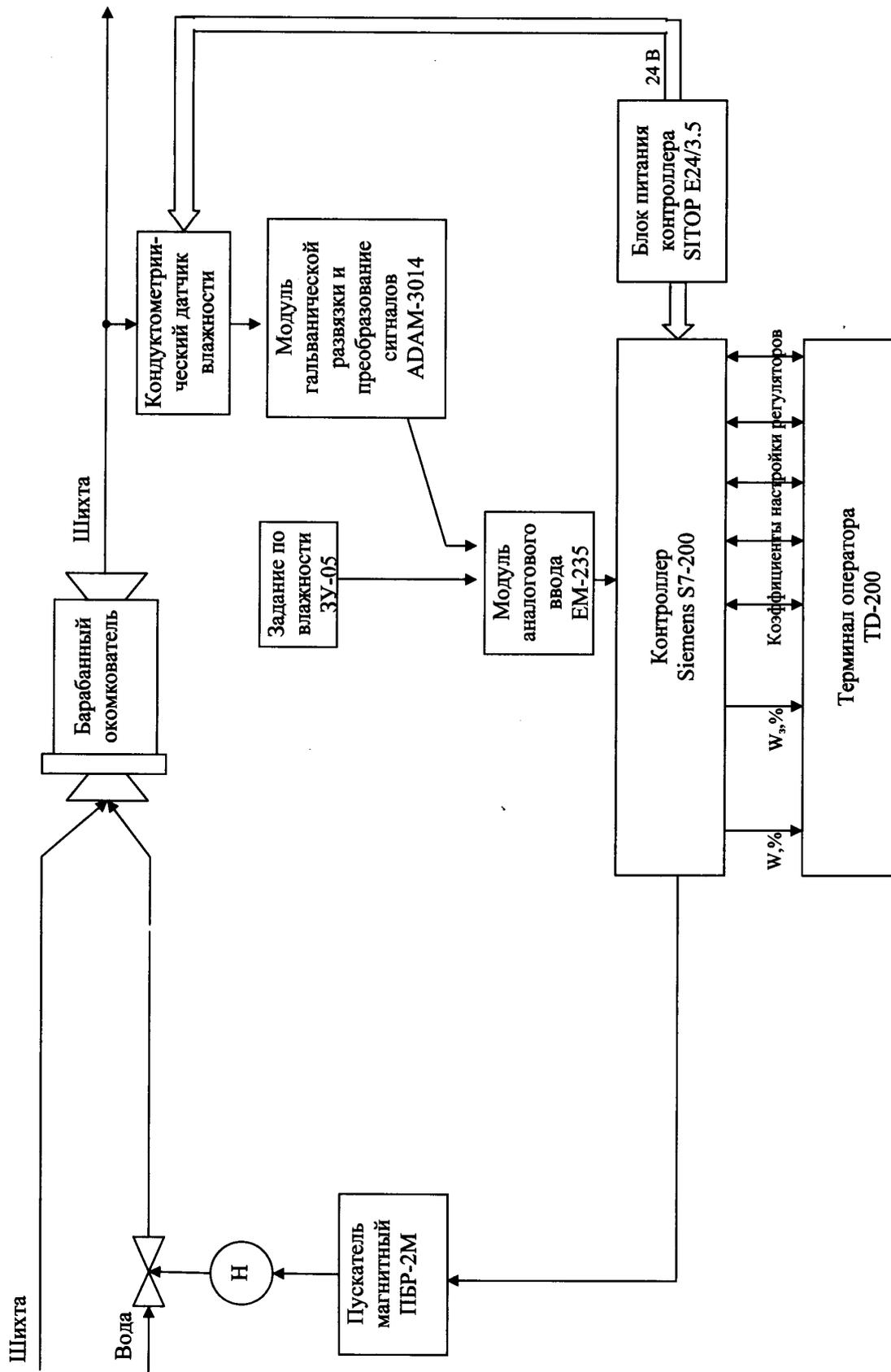


Рис. 2. Структурная схема системы «непосредственного» регулирования влажности

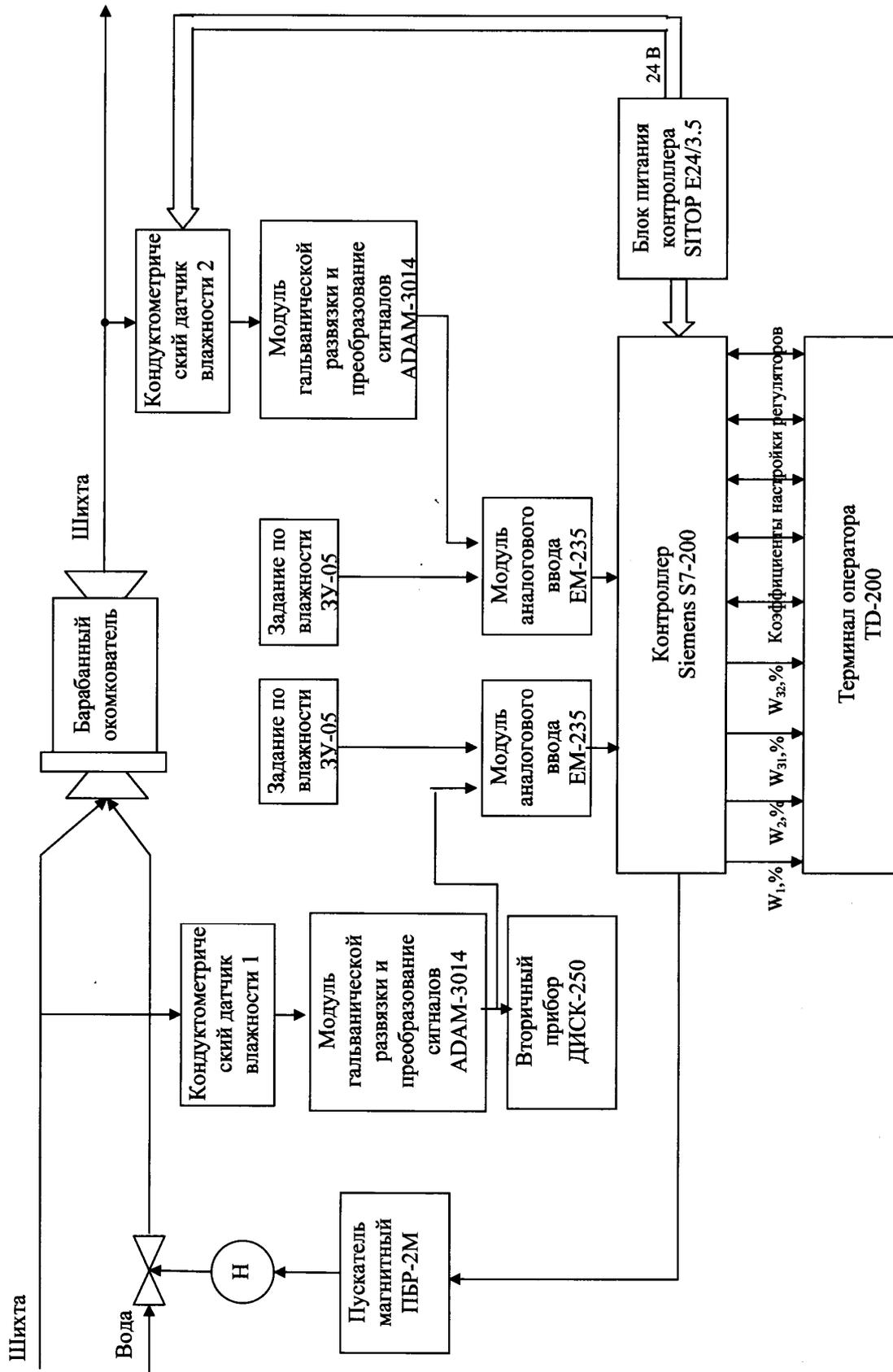


Рис. 3. Структурная схема системы автоматического регулирования влажности с использованием двух датчиков влажности

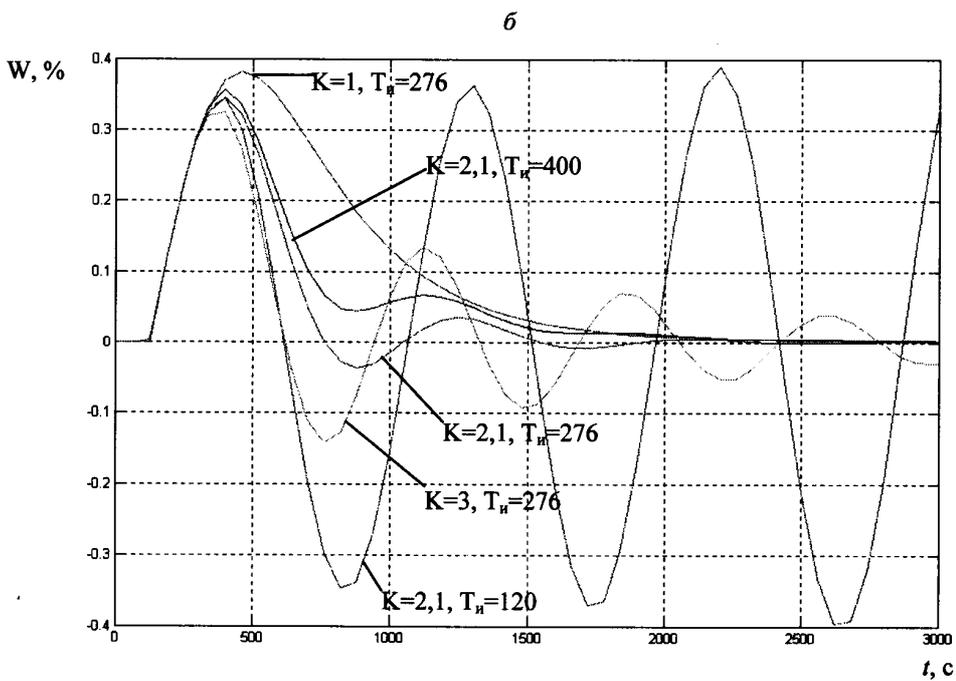
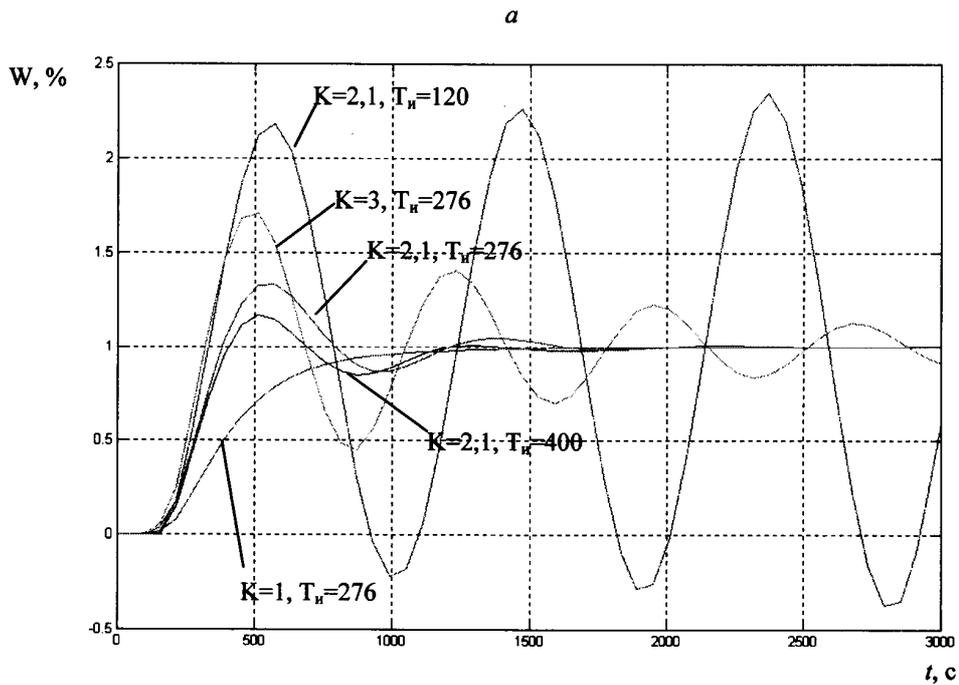


Рис. 4. Переходные характеристики в системе стабилизации расхода вода в окомкователь, с коррекцией по влажности шихты на выходе окомкователя, с ПИ-регулятором: *a* – при ступенчатом изменении задания; *б* – при ступенчатом изменении возмущающего воздействия

Целью исследования качества переходных процессов являлось выявление лучшего алгоритма управления влажностью по каналу «расход воды в окомкователь – влажность шихты на выходе окомкователя».

С помощью пакета Simulink приложения Matlab была построена модель системы. Для объекта управления (окомкователя) по каналу «расход воды в окомкователь – влажность шихты на выходе окомкователя» экспериментально были определены динамические параметры $k_0=2,8$, $\tau_0=120$ с, $T_0=160$ с и рассчитаны оптимальные значения настроечных параметров ПИ, ПИД и трехпозиционного регуляторов.

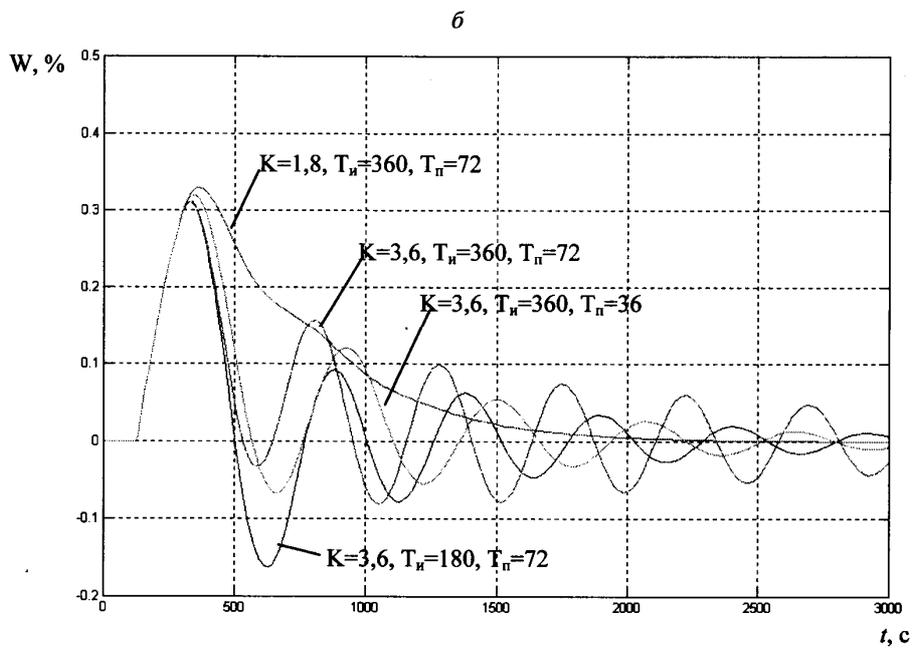
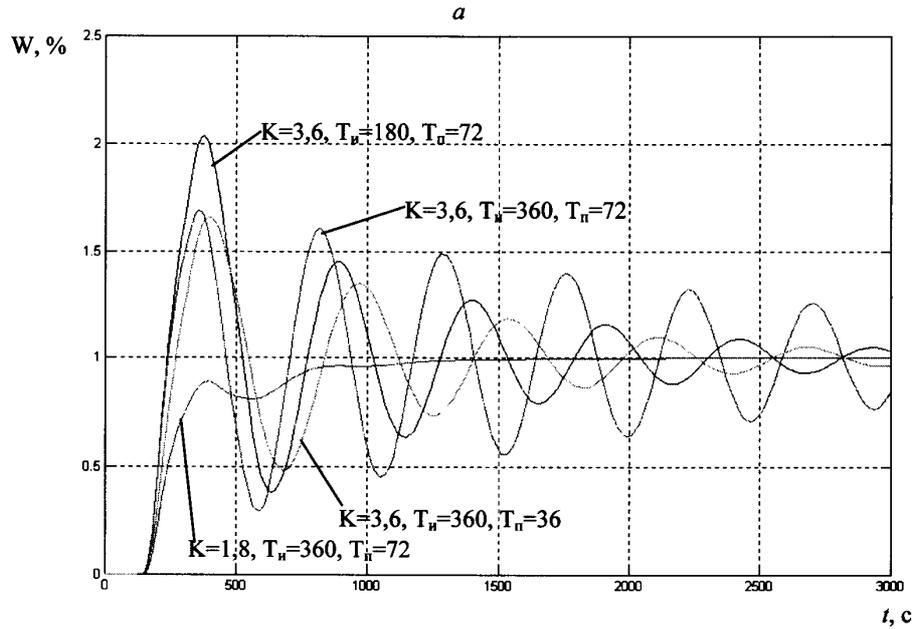


Рис. 5. Переходные характеристики в системе стабилизации расхода воды в окомкователь с коррекцией по влажности и ПИД-регулятором:
a – при ступенчатом изменении задания; *б* – при ступенчатом изменении возмущающего воздействия

Переходные процессы изучались по каналу задания и по каналу возмущения.

Графики переходных процессов с ПИ- и ПИД-регуляторами и различными значениями настроечных параметров приведены на рис. 4 и 5.

Анализ результатов моделирования показывает, что наилучшие показатели качества переходного процесса получаются при использовании ПИ-закона регулирования с настройками регулятора $k_p=2,1$; $T_n=276$ с.

Графики переходных процессов с трехпозиционным регулятором в основном контуре и ПИ-регулятором в корректирующем приведены на рис. 6. При этом система работает в режиме автоколебаний.

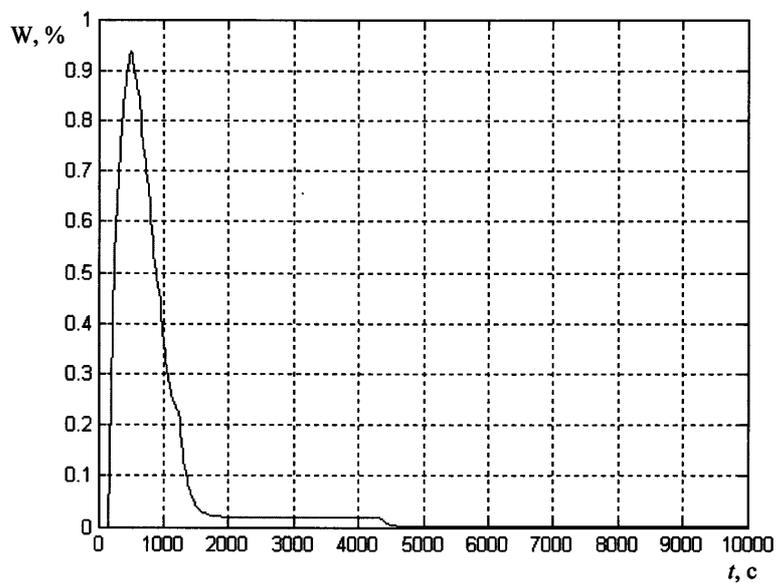
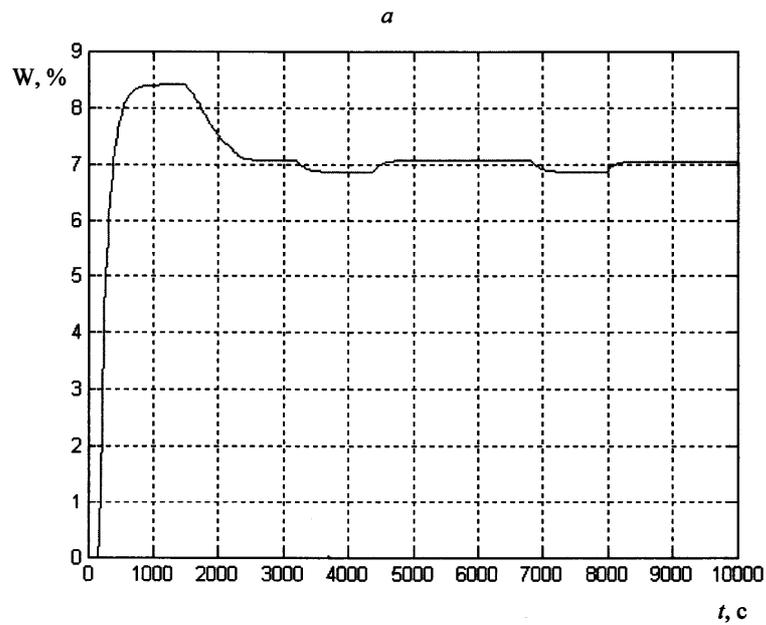


Рис. 6. Переходные характеристики в системе стабилизации расхода воды в окомкователь с коррекцией по влажности и трехпозиционным регулятором:
a – при ступенчатом изменении задания; *б* – при ступенчатом изменении возмущающего воздействия

В условиях ВГОКа был выбран трехпозиционный закон регулирования в основном контуре и ПИ-закон в корректирующем. Это связано с невозможностью технической реализации линейных алгоритмов управления в основном контуре.

ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЛАЖНОСТЬЮ ШИХТЫ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРОВ ФИРМЫ «SIEMENS»

МОРОЗОВ П. А., науч. руководитель доц. ЕФРЕМОВ В. Н.,
Уральская государственная горно-геологическая академия

Статья посвящена особенностям реализации систем автоматического регулирования влажностью шихты на основе контроллеров Siemens. Этот проект осуществлён на Лебяжинской аглофабрике.

В условиях Высокогорского горно-обогатительного комбината шихтовая подготовка осуществляется в цехе шихтоподготовки (Лебяжинская аглофабрика). Процесс шихтоподготовки заключается в смешении компонентов и получения агломерационной шихты с заданной влажностью. Процесс состоит из двух стадий: первая – перемешивание шихтовых материалов в смесителе с добавлением воды, вторая – окомкование шихты и получение необходимой влажности шихты.

По технологии влажность шихты после смесителя должна быть в пределах от 3,5 до 5 %, а после окомкователя от 6,5 до 7,5 %.

Из окомкователя шихта подаётся на паллеты агломашины и спекается за счёт развития высоких температур горящим газом, при этом через шихту просасывается воздух.

После спекания шихта попадает в дробилку, а затем на грохот, где отсеивается мелочь, которая подаётся обратно в смеситель.

Влажность шихты, поступающей на агломерационную машину, является одним из важнейших параметров, определяющих при прочих равных условиях качество агломерата.

Колебания массовой доли влаги не должны превышать 0,5 % от ее оптимального значения. Как избыток, так и недостаток влаги в шихте (по отношению к оптимуму) приводит к ухудшению ее газопроницаемости, нарушению температурно-теплового режима процесса спекания, к уменьшению скорости процесса спекания и ухудшению прочности спекаемого агломерата, что вызывает уменьшение выхода готового продукта.

Изначально влажность шихты определялась агломератчиком по следующим внешним признакам:

- при нормальном содержании влаги сжатая в руке шихта сохраняет приданную ей форму, на комке остаются следы пальцев, а рука остается сухой;
- повышенное содержание влаги в шихте приводит к грязеобразованию, а на руке остаются следы грязи;
- при недостатке влаги сжатый в руке комок шихты рассыпается.

Но этот метод сугубо индивидуален, и его точность зависит от конкретного агломератчика. Поэтому было решено создать систему автоматического контроля и управления влажностью шихты.

За основу системы автоматического регулирования была выбрана двухконтурная система. Основной контур – это стабилизация расхода воды в агломашину, а второй, корректирующий, – это стабилизация влажности шихты на выходе из агломашины. Структурная схема такой системы автоматического управления дана на рис. 1.

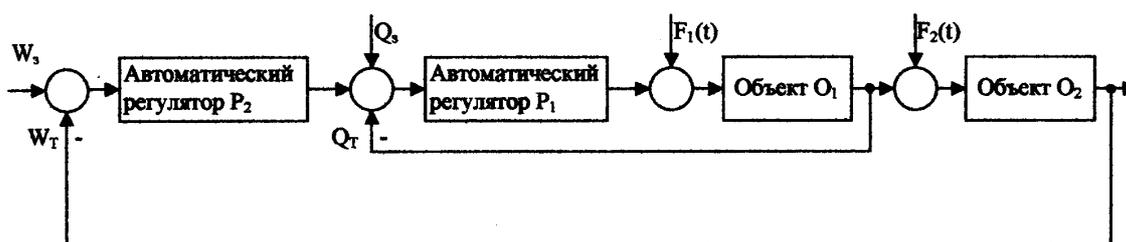


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического регулирования расхода воды в агломашину с коррекцией по влажности шихты:

W_3 – влажность шихты заданная; W_T – влажность шихты текущая; Q_T – текущее значение расхода воды; Q_3 – заданное значение расхода воды; $F_1(t)$, $F_2(t)$ – возмущающие воздействия

В дальнейшем было проанализировано, от каких параметров зависит влажность шихты. При этом в качестве принципа измерения влажности шихты был выбран кондуктометрический способ измерения. Этот способ основан на измерении электрической проводимости материала, зависящей от влажности, на постоян-

ном или переменном токе низкой частоты. Это значит, что в кондуктометрическом методе оценка влагосодержания производится по результатам измерения электрического сопротивления участка шихты. Метод применяется для определения влажности в диапазоне от 2 до 30 %. Измерительные преобразователи влажности шихтовых материалов, работающие на кондуктометрическом методе измерения, ни отечественной промышленностью, ни за рубежом серийно не выпускаются, поэтому датчик был изготовлен сотрудниками КИПиА комбината. Внешний вид кондуктометрического датчика представлен на рис. 2. Датчик был установлен после агломашин.

Была выявлена зависимость влажности шихты:

- от сопротивление шихты R , Ом;
- расхода воды Q , м³/ч;
- температуры шихты T , °С.

На основании этой зависимости было составлено аналитическое уравнение

$$W(R, Q, T) = k_1 \cdot R + k_2 \cdot Q - k_3 \cdot T + k_4,$$

где k_1 , k_2 , k_3 , k_4 – коэффициенты, определяемые в процессе тарировки при обработке статистического материала.

Для измерения сопротивления шихты, которое колеблется от 400 Ом до 1 кОм, датчик был включён в мостовую схему, на которую подаётся напряжение постоянного тока 24 В, а снимается постоянный ток 4–20 мА.

Также необходимо было знать текущие значения расхода воды в агломашину и температуры шихты. Для измерения расхода на трубопровод был поставлен индукционный расходомер ПИР-1, выходной сигнал у него 0–5 мА, а для измерения температуры шихты – термопара.

В качестве исполнительного устройства для регулирования расхода воды принят двухходовой регулирующий клапан с электрическим исполнительным механизмом МЭО.

Оба автоматических регулятора реализованы на одном контроллере немецкой фирмы «Siemens» модели SIMATIC S7-200. У контроллера есть лишь дискретные входы и выходы, то есть сигнал есть или нет. А в нашей системе все сигналы непрерывно изменяющиеся. Поэтому были приобретены аналоговые модули ввода / вывода (4 входа / 1 выход) также фирмы «Siemens».

Для того чтобы обезопасить входные цепи этих модулей от возможных скачков напряжения, пробова выходных цепей датчиков (измерительных преобразователей), все сигналы с датчиков были гальванически развязаны с помощью модулей гальванической развязки ADAM-3014 фирмы «Advantech». К тому же они обеспечивают не только гальваническую развязку, но и преобразование токового сигнала в напряжения или наоборот.

Для изменения задания необходимого расхода воды, а также влажности шихты были применены внешние задающие устройства ЗУ-05 с выходным сигналом 0–5 мА, небольшие по габаритам и простые в обращении (задание меняется поворотом ручки резистора). Они были вынесены на переднюю панель щита управления.

В процессе работы агломератчику необходимо знать текущее значение влажности шихты и расхода воды, поэтому на переднюю панель был также вынесен показывающий многоканальный цифровой прибор ТРМ.

Для удобства работы с контроллером используется текстовый дисплей TD-200 фирмы «Siemens». Он даёт возможность:

- индикации результатов измерений;
- оказания корректирующих воздействий на систему управления;
- установки требуемых значений входных и выходных сигналов.

Причём есть возможность отображения кириллицы, что делает его простым в эксплуатации.

После того как была рассмотрена аппаратная часть этого проекта, необходимо затронуть программную часть.

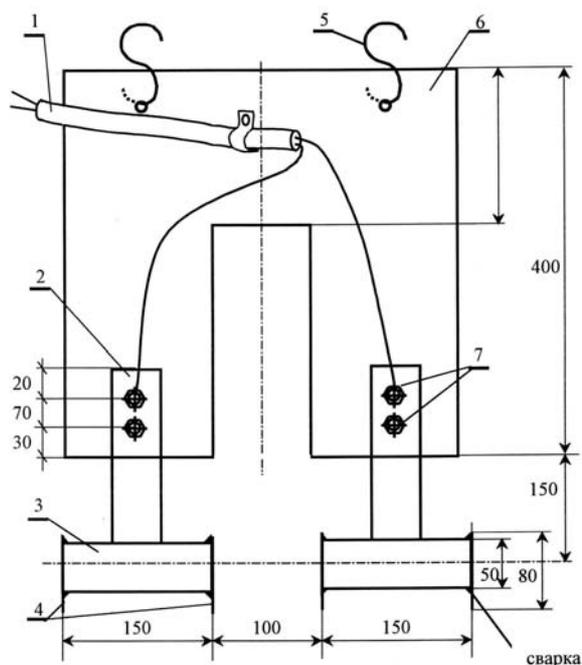


Рис. 2. Кондуктометрический датчик влажности:
 1 – кабель контрольный; 2 – металлическая полоса 245x40x4 мм; 3 – металлическая трубка ф 50 мм;
 4 – ограничительные полозья из нержавеющей стали; 5 – крючки крепления (свободной подвески) датчика;
 6 – транспортная лента (b=12 мм); 7 – болты крепления полосы М8х2х40

Программирование контроллеров SIMATIC S7-200, а также конфигурирование текстовых дисплеев SIMATIC TD 200 выполняется с помощью пакета STEP 7-Micro / WIN при подключении контроллера к компьютеру, на котором установлена эта программа. Я затрону лишь те алгоритмы (законы) управления, которые были заложены в контроллер для рассматриваемой системы.

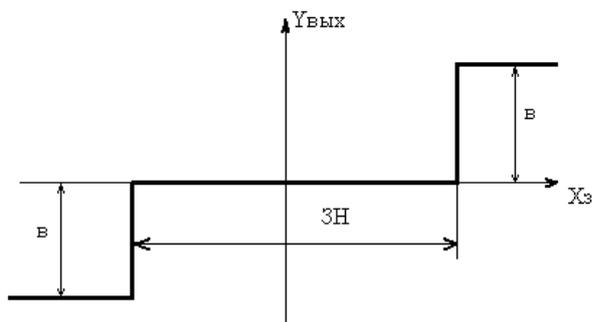


Рис. 3. Трехпозиционный закон управления:
 $X_з$ — управляющий (входной для регулятора) сигнал;
 $Y_{вых}$ — выходной сигнал; ЗН — зона нечувствительности;
 v — величина выходного сигнала

Так, для основного контура управления (стабилизации расхода воды в агломашину) в качестве опытного запрограммирован трехпозиционный закон регулирования (рис. 3), который было легко реализовать, но в дальнейшем будет заложен другой алгоритм, ПИ-закон управления. Для корректирующего контура заложен ПИ-закон управления.

Для расчёта текущего значения влажности в контроллер запрограммировано уравнение, связывающее значение влажности с сопротивлением шихты, расходом воды и температурой шихты. Так как коэффициенты этого уравнения были рассчитаны для определённого сорта шихты, а комбинат работает с различными поставщиками сырья, то была предусмотрена возможность при пересчете этих коэффициентов, для нового сорта шихты, вводить их значения с текстового дисплея TD-200. Также с текстового дисплея можно менять настройки регуляторов, отключить корректирующий контур и посмотреть значения всех текущих значений сигналов с датчиков и с задатчиков, причём в соответствующих единицах измерения ($\text{м}^3/\text{ч}$, %).

Кратко работу рассматриваемой системы автоматической стабилизации расхода воды с коррекцией по влажности шихты можно описать следующим образом:

Значение расхода воды в агломашину подаётся на модуль гальванической развязки ADAM. Контроллер считывает с модуля гальванической развязки мгновенные значения расхода воды в смеситель и задание расхода, после чего, в случае необходимости, производит регулирование в соответствии с заложенным в него алгоритмом, подавая сигнал на увеличение или уменьшение величины расхода воды в смеситель на соответствующие дискретные выходы. Сигнал с выхода контроллера подается на исполнительный механизм МЭО через промежуточный бесконтактный тиристорный пускатель типа ПБР-2м, заставляя МЭО перемещать регулирующий клапан соответственно в сторону увеличения или уменьшения подачи воды в смеситель. Сигналы о текущем значении влажности шихты и температуры после поступления в контроллер нормируются и фильтруются, а затем по найденной зависимости рассчитывается текущее значение влажности шихты. На основании текущего значения влажности шихты и сигнала задания для влажности формируется корректирующий сигнал для основной системы регулирования, рассмотренной выше.

На Лебяжинской фабрике смонтированы и проходят испытание две такие системы: первая на первичном смесителе, а вторая на окомкователе (агломашина № 3). Мы столкнулись с рядом проблем при внедрении данного проекта на аглофабрике. Оборудование аглофабрики во многом не готово к решению задач управления. Большая протяженность поточно-транспортных линий создает неблагоприятные условия для решения задач управления. Резкое изменение температур создают дополнительные затруднения работы средств контроля и управления. Следует отметить также, что процесс шихтоподготовки характеризуется большими запаздываниями, что усложняет управление процессами. Возникают проблемы не только при управлении, но и контроле технологических параметров. Необходимы надежные датчики контроля (уровня шихтовых материалов, влажности, химического состава, металлургических свойств спеченного агломерата). Следует отметить влияние человеческого фактора, заключающегося в том, что очень часто внедрение новых систем управления тормозится именно нежеланием изменения существующих способов контроля и управления.

К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОХОДНОЙ СИСТЕМОЙ КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ

АНИКИН М. К.,

Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г. В. Плеханова
(технический университет)

Значительную проблему металлургического производства представляют газы, образующиеся при технологических операциях. Многие из них опасны для окружающей среды и здоровья людей. Для обеспечения нормальных условий труда обслуживающего персонала и соблюдения экологической безопасности производства применяют различные способы улавливания и утилизации производственных газов.

Рассмотрим путь решения этой проблемы для условий комбината «Североникель». Благодаря технологии переработки сырья и его составу на этом предприятии образуется большое количество сернистого ангидрида. Для утилизации сернистого газа металлургических цехов используется сернокислотный цех (СКЦ), задачей которого является переработка направляемого к нему газа в серную кислоту, которая может использоваться как для внутренних нужд предприятия, так и поставляться потребителям.

Производство серной кислоты может быть обеспечено при определенной концентрации сернистого ангидрида ($> 2,8 \%$). Поэтому, для того чтобы не направлять печные газы в трубу, необходимо поддерживать достаточную концентрацию SO_2 .

Основными поставщиками газа для сернокислотного цеха выступают металлургический и рафинировочный цеха.

В рафинировочном цехе перерабатывается никелевый концентрат, поступающий с флотации. Газ, поставляемый на производство серной кислоты, образуется в результате обжига концентрата в печах кипящего слоя. Эти печи относятся к агрегатам непрерывного действия, поэтому расход газа из рафинировочного цеха отличается стабильностью. Кроме того, печи кипящего слоя имеют такую конструкцию, которая позволяет избежать подсоса воздуха, благодаря чему обеспечивается достаточно высокий уровень (порядка 7-11 %) содержания SO_2 в отходящих газах. Из изложенного следует, что нет необходимости в усовершенствовании системы управления газовым потоком рафинировочного цеха.

Газ, подаваемый в сернокислотный цех из металлургического цеха, образуется при переработке медного концентрата в вертикальных кислородных конвертерах (КВК). В связи с периодичностью работы конвертеров подача газа в СКЦ не отличается стабильностью. Усугубляет положение и способ его отвода. Удаление газа из конвертера происходит при помощи водоохлаждаемого напыльника. Последний имеет фурменное окно, через которое фурм опускают в конвертер во время ведения плавки. Окно также служит для визуального контроля за ходом процесса. В напыльнике конвертера постоянно поддерживается разрежение. Между его краем и горловиной конвертера имеется зазор, через который подсасывается воздух из цеха. Подсос происходит и через фурменное окно. Достаточно большое количество подсасываемого воздуха приводит к значительному разбавлению газов. Периодичность подачи газа и малая концентрация сернистого ангидрида приводят к нестабильности технологического режима в СКЦ. Повышения концентрации SO_2 можно добиться понижением разрежения в напыльнике. Периодичность подачи газа не поддается прямому управлению, так как связана с технологическим процессом. Она может быть частично устранена при специальном графике работы конвертеров.

Таким образом, задача управления газовыми потоками, направляемыми в СКЦ, сводится к повышению качества газа, подаваемого из металлургического цеха, которую, в свою очередь, можно свести к задаче минимизации подсосов воздуха.

При решении этой задачи необходимо учитывать возможность выброса сернистого ангидрида, что приведет к недопустимому ухудшению условий труда. Необходимо учесть еще один фактор – ограничения температурного режима оборудования газохода. Газ на своем пути после эвакуации из конвертера не проходит охлаждения в котлах-утилизаторах или других охладительных установках. Его температура понижается естественным путем при разбавлении сравнительно холодным воздухом цеха, но количество подсасываемого воздуха не может быть меньше определенного, для обеспечения температурных ограничений, накладываемых на условия эксплуатации оборудования (в частности, электрофилтра).

Необходимо отметить, что газоходы металлургического цеха должны находиться под разрежением для предотвращения выбросов газов в атмосферу.

Таким образом, система управления газовыми потоками, направляемыми в сернокислотный цех, должна обеспечивать:

- отсутствие выбросов технологических газов конвертера в цех;

– максимально возможную концентрацию сернистого ангидрида в газах, направляемых на производство серной кислоты;

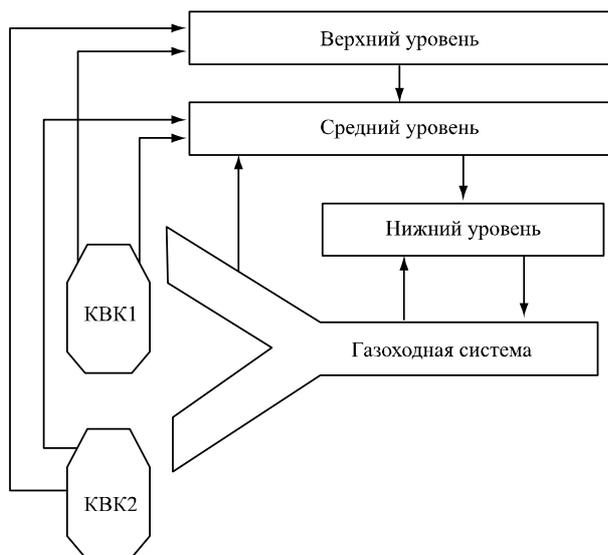


Рис. 1. Схема автоматической системы управления газоходами металлургического цеха

приведет к снижению подсосов холодного воздуха и, следовательно, разбавления конвертерных газов.

В соответствии с выбранной структурой верхний уровень управления связан информационными каналами с конвертерным переделом и со средним уровнем управления.

На рис. 2 представлена схема расположения датчиков на вертикальном конвертере, по которым можно судить о виде технологической операции. Здесь обозначены следующие датчики: а – поворота конвертера; б – положения кислородной фурмы (К); в – положения мазутно-кислородной фурмы; г – режима работы питателя. В таблице представлен алгоритм действия системы верхнего уровня управления (режимы поддержания разрежения в напыльнике конвертера в зависимости от технологической операции).

Заметим, что система управления верхнего уровня учитывает особенности одновременной работы двух конвертеров в различных режимах, при формировании задания среднему уровню.

В последнее время все большее применение в процессах управления производством находят системы, использующие звенья, в основе функционирования которых лежат нечеткие алгоритмы управления. Достоинства таких систем заключается в возможности управления процессами, которые трудно поддаются строгому математическому описанию. Особенно актуальным представляется применение нечетких систем при управлении металлургическим производством, в частности газовыми потоками.

Перспективы применения нечеткой логики для рассматриваемой системы управления заключаются в использовании нечеткого алгоритма на среднем уровне иерархии для выработки задания на разрежение в газоходе нижнему уровню автоматике. Свод правил при этом содержит в себе информацию для оценки параметров объекта при всех возможных ситуациях. Путем нечетких выводов с учетом режима заданного верхним уровнем иерархии средний уровень на основе поступающей информации от датчиков газохода и конвертера оценивает содержание сернистого ангидрида в печных газах и формирует задание на разрежение для дымососов конвертеров.

Применение нечеткой логики обусловлено сложным характером процесса для создания четкой модели и отсутствием необходимой информации.

Применение систем, использующих нечеткие алгоритмы, позволит облегчить труд оператора, избавив его от обязанности установки заданий системам нижнего уровня автоматизации. Вместе с тем такой подход позволяет человеку участвовать в управлении путем корректировки функций принадлежности, что повысит качество функционирования автоматической системы управления и позволит улучшить условия труда персонала цеха за счет минимизации выбросов вредных веществ.

– допустимый температурный режим электрофильтра;

– функционирование газоходов металлургического цеха под разрежением.

Для решения поставленной задачи предложена схема автоматической системы управления (рис. 1.) Подобная структура имеет большие возможности и способна обеспечить решение поставленной задачи при параллельной работе двух конвертеров в разных режимах.

Конвертирование представляет собой периодический процесс. С точки зрения управления газоходной системой этот передел характеризуется различным количеством технологических газов и концентраций в них сернистого ангидрида при различных операциях. В связи с этим применяется иерархическая система управления, уровни которой выполняют определенные функции. Верхний уровень управления выбирает режим функционирования газоходной системы (или ее частей) в зависимости от операций, проводимых с конвертером, и формирует задание для среднего уровня иерархии. Применение подобного подхода

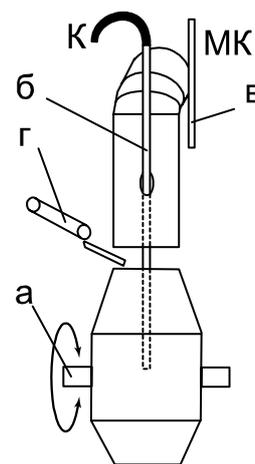


Рис. 2. Датчики для выбора режима разрежения

Помимо описанного в систему управления среднего уровня входит алгоритм формирования задания на разрежение для дымососа электрофильтра исходя из температурного режима газохода.

Значения сигналов и соответствующих им заданий на разрежение при различных операциях

№ п/п	Операция	Значения датчиков				Режим разрежения
		а	б	в	г	
1	Заливка штейна	1	0	0	0	P_1
2	Разогрев массы	0	1	0	0	$P_2 > P_1$
3	Продувка штейна	0	1	0	0	$P_{\text{опт}}$
4	Выдержка	0	0	0	0	$P_3 > P_1$
5	Слив черновой меди	3	0	0	0	$P_4 < P_3$
6	Продувка шлака	0	0	1	0	$P_{\text{опт}}$
7	Вывалка шлака	2	0	0	0	Отсутствует
8	Загрузка холодных материалов	1	0	0	0	$P_5 > P_4$
9	Загрузка цементной меди	1	0	0	1	$P_6 > P_5$
10	Отбор пробы	2	0	0	0	$P_6 < P_5$

Примечание. Здесь P_i ($i=1,6$) – режимы разрежения; $P_{\text{опт}}$ – режим оптимизации разрежения.

Нижний уровень управления включает систему стабилизации параметров газохода, при этом задание (P_1^* , P_2^* , P_3^*) вырабатывается на более высоком уровне иерархии.

Структура нижнего уровня иерархии автоматической системы управления представлена на рис. 3. Схема составлена с учетом конфигурации газоходной системы металлургического цеха. В цехе находятся четыре вертикальных конвертера. Из них в работе участвуют только два, поэтому схема управления составлена для одновременной работы двух конвертеров.

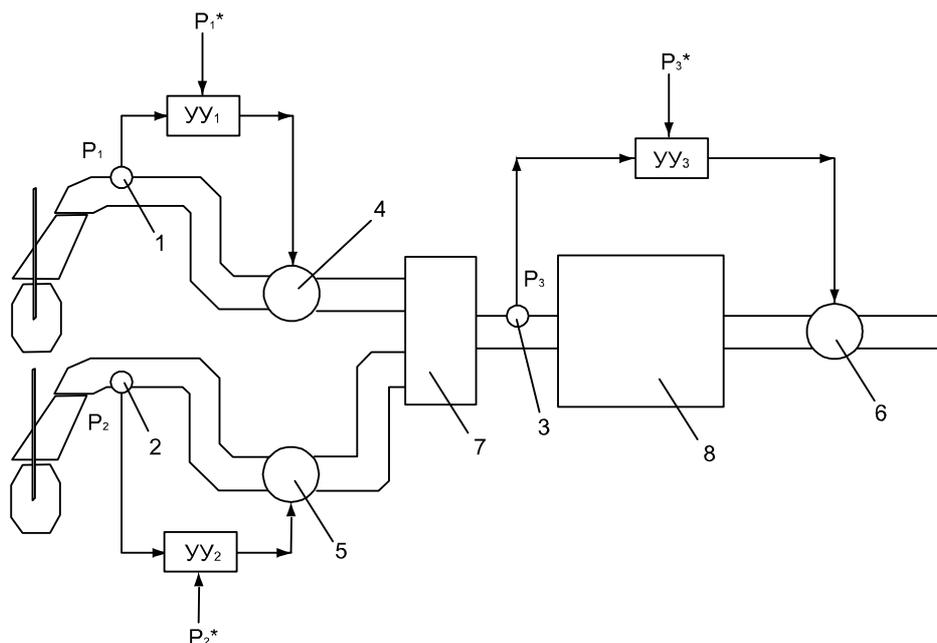


Рис. 3. Схема нижнего уровня иерархии автоматической системы управления газоходами металлургического цеха: 1 – датчик разрежения в напыльнике первого конвертера; 2 – датчик разрежения в напыльнике второго конвертера; 3 – датчик разрежения перед электрофильтром; 4, 5 – дымососы первого и второго конвертеров соответственно; 6 – дымосос электрофильтра; 7 – коллектор грязных газов; 8 – электрофильтр

Управление газоходной системой может осуществляться при помощи дымососов и заслонок. Использование заслонок в качестве регулирующих органов нецелесообразно в связи с тем, что при этом идет перерасход электроэнергии, потребляемой дымососами. В последние годы на комбинате «Североникель» стали применять частотное управление дымососами. Оно осуществляется мощными преобразователями частоты. Такой способ управления частотой вращения двигателя дымососа позволяет сэкономить до 50 % электроэнергии. В металлургическом цехе все дымососы оборудованы частотными преобразователями. Этот факт

позволяет отказаться от регулирования при помощи заслонок. Последние используются только для направления газа по тому или иному пути.

Таким образом, отсутствие выбросов обеспечивается контуром, связывающим разрежение в напыльнике и обороты соответствующего ему дымососа; максимальная концентрация SO_2 в газах и допустимый температурный режим электрофильтров реализуются системой второго уровня при выборе заданий для соответствующих контуров управления; функционирование газоходной системы под разрежением обеспечивается системой управления разрежением перед электрофильтром.

Для отыскания оптимальных настроек регуляторов была составлена математическая модель газоходной системы металлургического цеха.

Нам представляется, что описанная система автоматического управления газоходной системой конвертерного передела, благодаря иерархической структуре и применению различных алгоритмов управления, способна обеспечить решение поставленной задачи управления при выполнении всех технологических операций. В частности, применение подобной системы позволит уменьшить выбросы печных газов в цех и повысить эффективность утилизации диоксида серы. В итоге снижаются вредные выбросы в атмосферу и улучшает экологическая ситуация.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ В ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРАХ ФИРМЫ «SIEMENS»

*КОНОВАЛОВ Е. А., науч. руководитель проф. ЛАПИИ Э. С.,
Уральская государственная горно-геологическая академия*

Данная тема – часть одного большого проекта «Разработка, исследование и промышленная эксплуатация систем автоматического контроля и регулирования влажности шихты перед агломерацией» и еще два доклада на данную тему прозвучат чуть позже.

Процесс агломерации является подготовительным этапом, на котором измельченная шихта спекается в агломерат, пригодный для выплавления из него металла в доменном производстве. Поэтому от качества процесса агломерации зависит и дальнейшее производство металла.

Системы автоматизации почти всегда создаются для выполнения двух основных целей: повышение качества производимой продукции и облегчение физического и механического (механизированного) труда технологического персонала. Так, и в данном проекте требовалось облегчить труд технологического персонала и повысить качество агломерата путем стабилизации влажности шихты, подаваемой на агломерационные машины (автоматизация первичного смесителя), и управление влажностью непосредственно перед процессом «спекания» агломерата, то есть на агломерационной машине (агломерационная машина № 3).

Стабилизация влажности шихты необходима потому, что этот параметр играет огромную роль в процессе спекания, наиболее благоприятными условиями считаются те, при которых влажность после смесителя составляет 3,5 %, а после окомкователя 6-7 %.

Одной из задач проекта было выяснение возможности работы программируемого логического контроллера (ПЛК) в качестве средства измерения влажности при работе с грубым, но простым в разработке и изготовлении, кондуктометрическим датчиком влажности. Надо отметить, что с этой задачей удалось сравнительно неплохо справиться.

ПЛК фирмы SIEMENS, выбранный для реализации системы, оказался очень хорошим решением для построения системы. Его характеристики позволили создать систему автоматического контроля и регулирования, позволяющую с достаточной степенью точности измерять текущую влажность шихты и регулировать ее, изменяя основное управляющее воздействие – расход воды.

Главной особенностью программирования ПЛК SIEMENS S7-200 является возможность программировать в трех различных системах команд и двух технических стандартах.

Первая система команд «Редактор списка команд (Statement List)» по своим характеристикам более всего напоминает язык ассемблер. Подобие тем более очевидно, что при программировании используется так называемый логический стек. При написании программного кода в данном редакторе необходимо контролировать данную структуру самостоятельно, в то время как при использовании графических систем команд компилятор встраивает средства контроля стека самостоятельно. Однако при всей сложности (а изготовитель – фирма «SIEMENS» настоятельно рекомендует использовать данный редактор только людям, имеющим большой опыт в программировании ПЛК) «Редактор списка команд» позволяет создавать наибо-

лее эффективные программы, при минимальном потреблении ресурсов контроллера, в связи с использованием прямых директив управления процессором ПЛК.

Вторая система команд «Редактор контактного плана (Ladder Logic)» представляет собой графическую оболочку, где сформированная программа имеет сходство с электрической монтажной схемой. Эта система команд и была использована мной для программирования ПЛК, потому, что позволяет быстро и наглядно создать программу управления, а также быстро и, главное, правильно определить ошибку в коде.

Третьей системой команд является «Редактор функционального плана (Function Block Diagram)», которая позволяет представить программу в виде логических блоков, состояние которых («Истина» или «Ложь») управляет выполнением последующих процедур.

Программное обеспечение, необходимое для программирования ПЛК, пакет STEP7, имеет встроенные возможности перевода программ из одной системы команд в другие. Что открывает широкие возможности по созданию управляющих программ в коллективе, где программисты работают в различных системах команд. Единственным ограничением может служить тот факт, что редактор списка команд позволяет реализовать очень сложную логику управления, транслировать которую в другие системы команд встроенными средствами компилятора не получится.

Кроме этого при программировании контроллеров SIEMENS можно использовать как систему команд, разработанную программистами и инженерами фирмы «SIEMENS» – систему команд «SIMATIC» и использующую в большинстве случаев специфические для данного контроллера команды, что, однако, позволяет достичь максимальной скорости выполнения программы на контроллере, так и систему команд IEC 1131-3, являющуюся стандартом для программирования всех современных контроллеров. Это позволяет создать программу, которую при необходимости можно перенести на другой контроллер, но применяемые в данной системе команды строятся на основе команд «SIMATIC» (преобразование выполняется программным обеспечением при компиляции проекта) и за одной командой стандарта IEC 1131-3 может быть выполнено несколько команд SIMATIC, что означает меньшую скорость выполнения программы в целом.

При выполнении сложных математических расчетов в программе могут понадобиться математические операции высокого уровня, поэтому в состав команд систем программирования включены такие операции, как: вычисление тригонометрических величин, логарифмирование, операции с таблицами и многое другое.

Использование операций с таблицами было вполне успешно применено мной для организации программного сглаживания входного сигнала по методу нахождения средней. Для сигналов с малой зашумленностью были организованы таблицы, содержащие по 20 элементов. В каждом цикле программы выполняется считывание и добавление в таблицу текущего значения входного сигнала, самые старые данные при этом затираются, и вычисление среднего значения по всей таблице. Для сильно зашумленного сигнала с датчика влажности количество элементов таблицы составляет 100 ячеек, при этом получаем фильтрацию сигнала с постоянной времени демпфирования примерно 5 с.

Также в состав математических операций контроллера серии S7-200 входит встроенная процедура формирования ПИД-закона регулирования, позволяющая путем подстановки соответствующих коэффициентов получить любой из составляющих ее законов регулирования. Данная процедура в настоящее время используется для формирования сигнала коррекции основному контуру регулирования расхода воды по величине влажности, рассчитанной в соответствующей процедуре, заложенной в контроллер. Далее планируется использовать данную процедуру для формирования соответствующих законов регулирования и по основному контуру (регулирование расхода воды), но это возможно:

- 1) либо при наличии сигнала обратной связи по положению исполнительного механизма, что в текущий момент времени технически нереализуемо;
- 2) либо при наличии модели исполнительного механизма в контроллере, что подразумевает необходимость коррекции модели по срабатыванию конечных выключателей в текущий момент времени технически нереализуемо;
- 3) либо выполнить математические преобразования с применением методов дисциплины «Цифровые системы управления».

Было решено на данном этапе остановиться на реализации трехпозиционного регулятора в основном регулирующем контуре, но при появлении технической возможности реализовать обратную связь по положению исполнительного механизма, вернуться к идее реализации ПИ-закона регулирования.

Контроллеры серии S7-200 не имеют встроенных средств отображения информации, но зато совместно с ними поставляются пульты операторов различных серий от простого типа TD-200 до сложной панели с 15 дюймовым цветным сенсорным монитором типа TP-070. В текущем проекте используется самый простой пульт оператора, но, несмотря на это, дающий широкие возможности для создания диалога пользователя с контроллером, на данном простейшем пульте можно отразить любые переменные, значения которых необходимо наблюдать в ходе выполнения программы контроллера. И, при необходимости, изменять значения тех переменных, для которых эти изменения разрешены, причем некоторые переменные или даже все могут быть защищены паролем. Еще одним достоинством используемого пульта оператора является то, что он не нуждается в отдельном программировании. Все необходимые данные заносятся в так называемую DATA-

область памяти контроллера, при этом выставляется специальный маркер о необходимости пульта считать эти данные, и являются исполнимыми для пульта оператора.

Таким образом, для облегчения задач использования контроллера было спроектировано меню, состоящее из четырех пунктов, каждый из которых несет собственную смысловую нагрузку и закреплен за соответствующей функциональной клавишей пульта оператора.

1. Первый пункт объединяет параметры, контролируемые контроллером, и данные значения можно только просматривать:

- а) влажность шихты;
- б) расход воды в окомкователь;
- в) показания датчиков расхода и влажности.

2. Второй пункт меню – это настроечные данные регуляторов, реализованных в контроллере:

- а) зона регулирования;
- б) коэффициенты настройки ПИД-регулятора влажности.

3. Третий – коэффициенты расчетной формулы влажности.

4. Четвертый – некоторые технические параметры, необходимые на этапе отладки.

Параметры второго и третьего пунктов могут быть отредактированы оператором. Некоторые параметры четвертого пункта также можно редактировать, а часть лишь просматривать, но при этом их планируется в будущем, по завершению процесса отладки, защитить паролем.

Все элементы каждого пункта меню могут быть сформированы как с помощью специального Wizard (Мастера), встроенного в оболочку программирования, так и вручную, занесением необходимых данных в DATA-область памяти контроллера. При этом запись данных возможна лишь с применением редактора «редактор списка команд».

Особенностью применения пульта оператора TD-200 является еще то, что он поддерживает кириллицу в надписях, только если загружен профиль кириллических языков, в противном случае (при загрузке профиля по умолчанию) приходилось использовать транслитерацию выводимых сообщений.

Интересной особенностью контроллеров фирмы «SIEMENS» является то, что заложенную в контроллер программу можно дизассемблировать, то есть получить текст программы в любой системе команд, а не коды команд ассемблера. Таким образом, имеется возможность проверить правильность загрузки программы в контроллер или восстановить утерянные данные. Так же можно проверить выполнение программы с помощью программного обеспечения, при условии, что контроллер подключен к персональному компьютеру.

Таким образом, из основных особенностей следует отметить возможность разработки универсальных программ, способных работать не только на контроллерах SIEMENS, но и на ПЛК других производителей, возможность даже при использовании технических средств нижнего уровня (а значит, без привлечения значительных инвестиций) организовать высококачественную и удобную в эксплуатации систему автоматизации.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОВЕТРИВАНИЯ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК

ШИБАНОВ Е. А.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

Известно, что для обеспечения нормального проветривания призабойного пространства тупиковых выработок необходимо, чтобы к забою подавалось достаточно воздуха для разбавления и выноса выделяющегося в забое метана. Контроль расхода воздуха непосредственно у груди забоя в настоящее время невозможно реализовать технически, так как это предполагает использование дорогостоящих методов и средств дистанционного измерения в очень специфических условиях. Поэтому расход воздуха у груди забоя можно контролировать косвенно на основе данных о скорости движения воздуха на выходе из вентиляционного трубопровода и расстоянии между вентиляционным трубопроводом и забоем, которое должно быть меньше дальности воздушной струи. Таким образом, основными факторами, определяющими качество проветривания призабойного пространства, являются: количество подаваемого воздуха; метанообильность выработки; загроможденность призабойного пространства; размеры сечений выработки; размеры сечений вентиляционного трубопровода.

Анализ причин газозаваний подготовительных выработок показывает, что их подавляющее большинство произошло из-за отсутствия надежного контроля за расстоянием между трубопроводом и забоем и за расходом воздуха на выходе из вентиляционного трубопровода. В настоящее время средства дистанционного автоматизированного контроля за отставанием вентиляционного трубопровода от забоя серийно не выпуска-

каются, а контроль расстояния осуществляется вручную. Отсутствие средств дистанционного контроля приводит к несоблюдению положений Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах, касающихся проветривания тупиковых выработок, которое, в частности, требует, чтобы расстояние от конца вентиляционных труб до забоя в газовых шахтах не должно превышать 8 м, а в негазовых – 12 м. Кроме этого, выполнение измерений вручную не позволяет избежать «человеческого фактора», т. е. не является независимым и объективным, в результате чего требования по поддержанию расстояния между вентиляционным трубопроводом и плоскостью забоя в заданных пределах могут не выполняться, а это, в свою очередь, приводит к возможности возникновения в призабойном пространстве аварийных ситуаций.

Итак, для обеспечения качественного проветривания тупиковой выработки необходимо контролировать количество подаваемого воздуха и расстояние от вентиляционного трубопровода до груди забоя. При этом качество проветривания оценивается по содержанию метана в атмосфере.

В настоящее время объективному автоматическому контролю подвергаются только количество воздуха, подаваемого по вентиляционному трубопроводу, и текущая концентрация метана в различных точках выработки.

Для контроля отставания вентиляционного трубопровода могут использоваться различные промышленные измерители расстояния. Автором были проведены испытания серийно выпускаемого ультразвукового дальномера DUS20 фирмы «Bosch» в реальных условиях подготовительного забоя угольной шахты. Результаты испытаний приведены в работе [3]. На основе результатов испытаний можно сделать вывод, что ультразвуковые дальномеры с простой обработкой сигнала не могут быть использованы для контроля отставания вентиляционного трубопровода от груди забоя. По существу, для выполнения требований контроля отставания с помощью ультразвуковых измерителей необходимо проводить ультразвуковую локацию забоя, что неприемлемо из-за значительной технической сложности и стоимости такой аппаратуры.

Высокая запыленность в тупиковом забое также делает невозможным использование лазерных дальномеров.

Таким образом, основной причиной загазований подготовительных выработок является отсутствие надежного контроля за расстоянием между трубопроводом и забоем. Для создания средств объективного контроля этого расстояния необходимо разработать эффективные способы исследований процесса распространения воздуха из вентиляционного трубопровода.

Традиционными методами исследования в этой области являются физические модели или натурные эксперименты, проводимые непосредственно в горных выработках. Эти методы имеют свои преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести: полное соответствие условий проведения эксперимента натуральным условиям выработки (температура среды, влажность, плотность, давление); возможность многократного проведения эксперимента; получение реальных достоверных результатов, а к недостаткам: невозможность изучения влияния формы и протяженности выработки на процесс распространения воздушной среды из-за того, что физические модели имеют определенные размеры и конфигурацию; невозможность получения требуемого характера распространения воздушной среды; трудности с измерением параметров атмосферы тупиковой выработки в необходимых точках, а как следствие трудности с получением необходимых данных.

Многие трудности, возникающие при проведении таких экспериментов, могут быть преодолены с помощью компьютерного моделирования с использованием специализированных программных средств, например ANSYS, Femlab. С помощью этих программных пакетов могут быть проведены исследования процессов проветривания тупикового забоя и, в частности, оценка дальности воздушной струи и характера ее движения в околозабойном пространстве, обоснование мест установки датчиков скорости воздушного потока, т. е. исследование возможностей более качественного проветривания призабойного пространства и контроля такого проветривания.

Ниже приведены некоторые результаты моделирования процесса проветривания тупикового забоя. Исходные данные представлены ниже:

Длина выработки, м	20
Ширина выработки, м	5
Диаметр вентиляционного трубопровода, м	0,8
Скорость воздушной струи на срезе вентиляционного трубопровода (u), м/с	17,35
Плотность воздуха (ρ), кг/м ³	1,18
Динамическая вязкость воздуха (η), Па·с	0,1

При моделировании принято, что плотность газовой смеси постоянна, поэтому мы можем говорить о протекании несжимаемой среды. Для моделирования процесса распространения данной среды (воздуха) в зависимости от времени используется уравнение Навье-Стокса [1]

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial u}{\partial t} - \nabla \cdot \eta (\nabla u + (\nabla u)^T) + \rho (u \cdot \nabla) u + \nabla p = F, \\ \nabla \cdot u = 0 \end{cases}$$

где ρ – давление воздуха, кг/м²; F – результирующая сила, Н; ∇ – оператор дифференцирования.

В данной системе уравнений возможно изменение значения динамической вязкости. Для ньютоновской среды, где динамическая вязкость является постоянной величиной, верхнее выражение сократится на величину $\eta \nabla^2 u$. Для неизменяющегося состояния уравнение можно переписать в следующем виде:

$$\begin{cases} -\nabla \cdot \eta (\nabla u + (\nabla u)^T) + \rho (u \cdot \nabla) u + \nabla p = F; \\ \nabla \cdot u = 0. \end{cases}$$

Для решения данной системы уравнений используется метод конечных элементов (МКЭ). Метод конечных элементов основан на идее аппроксимации непрерывной функции (в физической интерпретации – температуры, давления, перемещения и т. д.) дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей, называемых конечными элементами. Исследуемая геометрическая область разбивается на элементы таким образом, чтобы на каждом из них неизвестная функция аппроксимировалась пробной функцией (как правило, полиномом), причем эти пробные функции должны удовлетворять граничным условиям непрерывности, совпадающим с граничными условиями, налагаемыми самой задачей.

Результаты моделирования распределения воздушной среды из вентиляционного трубопровода представлены ниже. Результаты показаны в горизонтальной плоскости, проходящей через осевую линию трубопровода. Вентиляционный трубопровод располагается по центру тупиковой выработки.

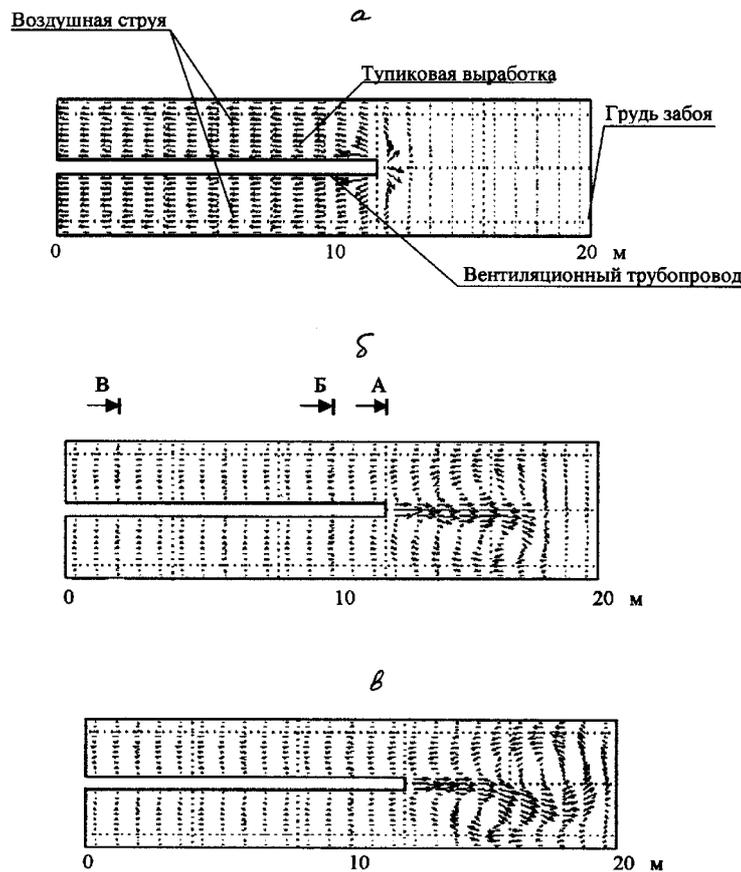


Рис. 1. Процесс распространения воздушной струи:
 $a - t = 0$ с; $б - t = 2$ с; $в - t = 5$ с

На рис. 1 и 2 показан характер распространения воздушной струи из вентиляционного трубопровода в выработке. На рис. 1 показан процесс распространения воздушной струи в выработке длиной 8 м, а на рис.

2 – 20 м. Из рисунков видно, что с максимальной скоростью воздушная струя распространяется по центру вентиляционного трубопровода, следовательно, для обеспечения максимально качественного проветривания трубопровод должен подвешиваться к кровле выработки в том месте, где предполагается наибольшее выделение метана.

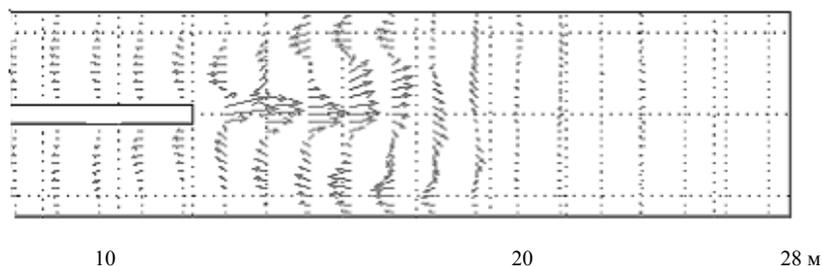


Рис. 2. Состояние воздушной струи, $t = 5$ с

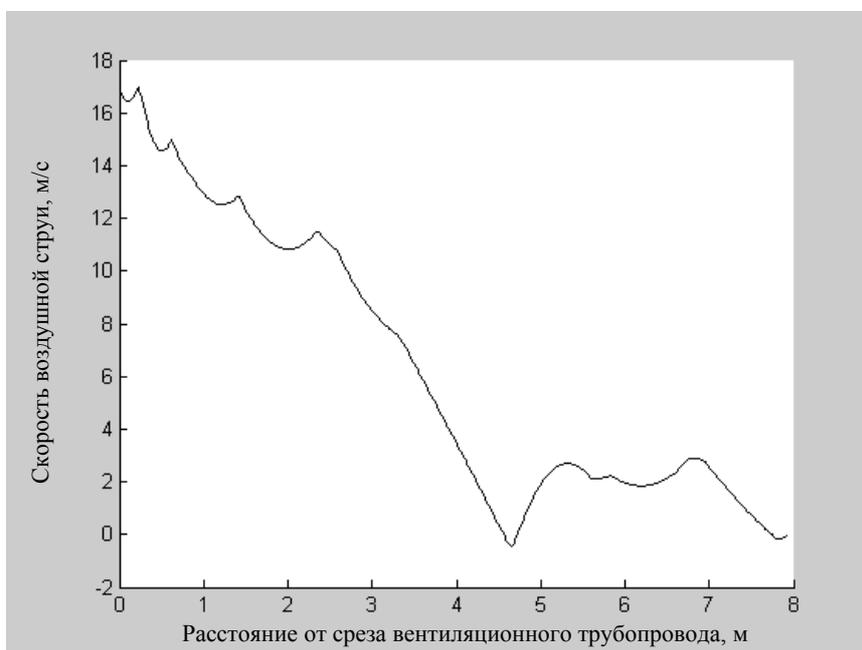


Рис. 3. Влияние расстояния от среза вентиляционного трубопровода на скорость движения воздушной струи

Разворот воздушной струи завершается примерно через 8 м от среза вентиляционного трубопровода при данной скорости, что соответствует требованиям Правил безопасности на угольных и сланцевых шахтах и подтверждает необходимость автоматического контроля отставания вентиляционного трубопровода от плоскости забоя.

На рис. 3 показано влияние расстояния от среза вентиляционного трубопровода на скорость движения воздушной струи по оси выработки в установившемся режиме проветривания. Видно, что скорость уменьшается с увеличением расстояния от среза вентиляционного трубопровода до плоскости забоя. На расстоянии 8 м от среза трубопровода скорость распространения воздушной струи становится равной нулю, начинается разворот струи при данной начальной скорости на выходе из трубопровода.

На рис. 4 показаны графики скоростей воздушной струи в плоскости среза вентиляционного трубопровода, на расстояниях 2 и 10 м от среза (см. рис. 1, б). Как видно из графиков, воздушная струя имеет наибольшую скорость сбоку от трубопровода ближе к его оси при движении воздуха от груди забоя к устью. Можно утверждать, что датчик скорости воздуха, обеспечивающий контроль расхода воздуха, можно располагать не только в вентиляционном трубопроводе, как это реализовано в аппаратуре «Ветер», но и вне вентиляционно-

го трубопровода, что значительно упрощает конструкцию датчика и облегчает его монтаж и обслуживание в выработке.

Так как результаты проведенных исследований соответствуют ожидаемым и результатам, полученным другими авторами на физических моделях [5], можно сделать вывод о том, что рассмотренная методика позволяет выполнять: исследование распространения воздушных потоков в выработках различной формы и размеров; рассчитывать параметры распространения воздушной среды в требуемых точках пространства;

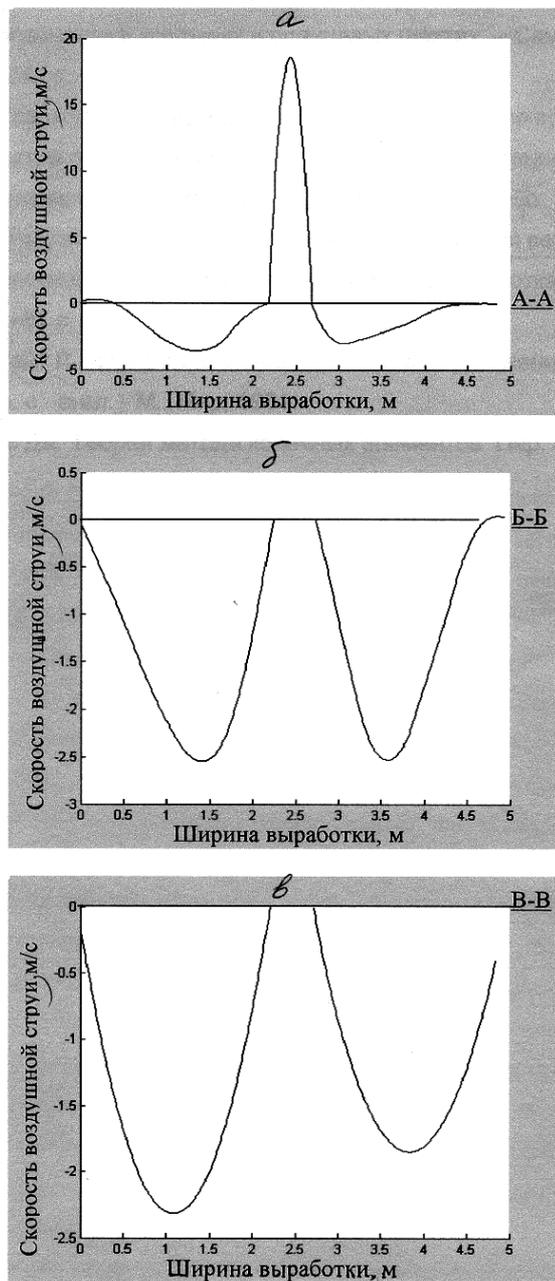


Рис. 4. Скорость воздушной струи:
а – на выходе из вентиляционного трубопровода;
б – на расстоянии 2 м от среза; в – на расстоянии 10 м от среза

странства; использовать данные моделирования при проектировании тупиковых выработок, при выборе технологического оборудования и оборудования для проветривания выработок; отказаться от проведения дорогостоящих и затратных по времени экспериментов на физических моделях и в натуральных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митчелл Э., Уэйт Р. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными: Пер. с англ. М.: Мир, 1981.
2. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Самара: Самар. Дом печати, 1995. 242 с.
3. Разработка аппаратуры контроля отставания вентиляционных трубопроводов от плоскости забоев в подготовительных выработках: Отчет о НИР. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 81 с.
4. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов: Пер. с англ. М.: Мир, 1977.
5. Фотиев А. А. Разработка метода диагностического контроля вентиляции призабойного пространства подготовительных выработок: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1986. 215 с.

СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ 8-КАНАЛЬНОГО АЦП

САХАРОВ И. В., науч. руководитель доц. САДОВНИКОВ М. Е.,
Уральская государственная горно-геологическая академия

Введение

Для визуализации процессов, протекающих в электрических цепях, и получения информации об изменении физических параметров (которые могут быть преобразованы в электрическую форму) требуется иметь некоторый инструмент. Этот инструмент должен фиксировать исследуемые параметры, передавать полученные данные на ЭВМ в формате, доступном для последующей обработки и анализа их в стандартных программах, таких, как MS Excel, Matlab, Statistica и др.

Этот инструмент должен отвечать следующим требованиям:

- быть многоканальным (для наблюдения и снятия нескольких процессов, протекающих одновременно);
- иметь достаточное быстродействие (для регистрации быстро изменяющихся величин);
- иметь простой и доступный интерфейс;
- при необходимости иметь пакет собственных программ, предназначенных для проработки задач, не решаемых при помощи стандартных пакетов обработки данных;
- иметь низкую цену.

Ранее для регистрации экспериментальных данных широко использовались светолучевые осциллографы, быстродействующие самописцы и обычные осциллографы. Сейчас их использование не позволяет решать поставленные задачи.

Самописец записывает полученные данные на бумажную ленту в виде непрерывной кривой, и скорость записи – протяжки ленты под пером самописца может достигать 250 мм/с и выше.

На сходном принципе работает и светолучевой осциллограф.

Современные электронные осциллографы хоть и имеют функцию запоминания (запоминающие осциллографы), а также интерфейс подключения к ЭВМ и встроенную память, всё равно зачастую не удобны, так как время запоминания картинки у них слишком мало, например, при наблюдении за каким-то процессом в течение нескольких часов.

Как уже упоминалось ранее, невозможно представить себе современный прибор для записи экспериментальных данных без возможности обработки полученных данных при помощи ЭВМ. Ни один из выше упомянутых приборов (за исключением современных электронных осциллографов) полностью не решает этой задачи.

На сегодняшний день на рынке имеется широкий выбор приборов, предназначенных для записи данных, полученных с первичных преобразователей, которые условно можно разделить на две большие группы:

- специализированные устройства;
- универсальные устройства,

которые, однако, не удовлетворяют должным образом запросам экспериментальных исследований.

Целью настоящей разработки является попытка создать удобный в использовании и адаптированный под конкретные цели комплекс программ и устройств, который был бы доступен по цене и обладал возможностями развития (адаптации) под различные области применения.

Общие сведения об изделии и программном обеспечении

Для решения практической задачи - снятия и записи экспериментальных данных по железнодорожно-му буровому станку разработки НИПИГОРМАШ был создан экспериментальный набор программ на базе платы аналогового и дискретного ввода/вывода PCL-711 фирмы «Advantech», которая имеет в своем составе 8-канальный 12-разрядный АЦП интегрирующего типа с временем преобразования 30 мкс. Плата непосред-

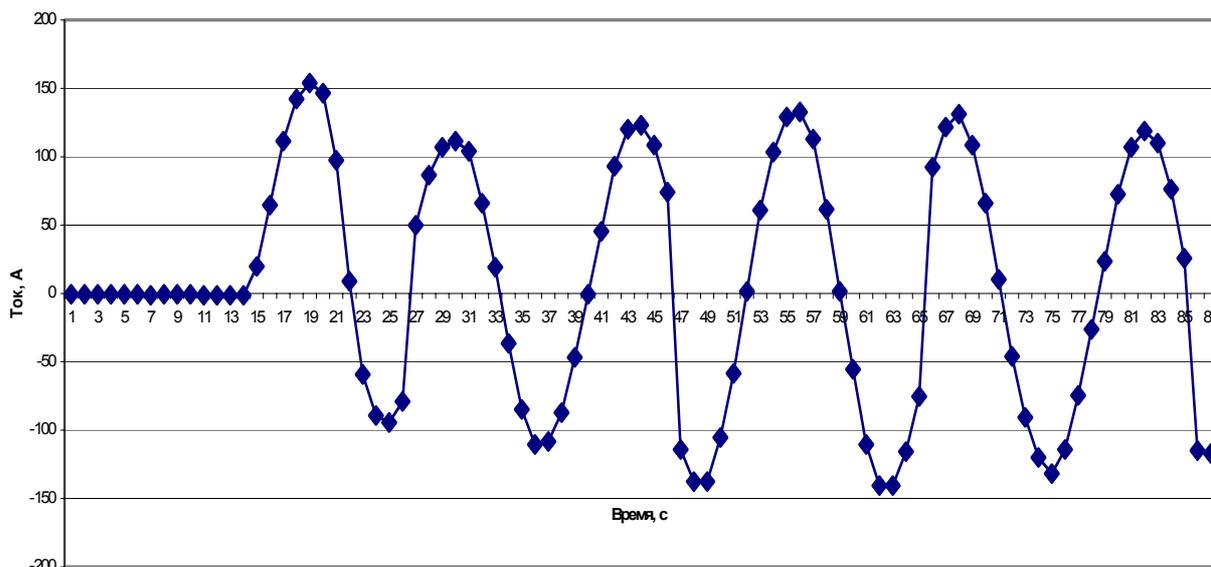


Рис. 1. Фрагмент графика тока привода хода бурового станка

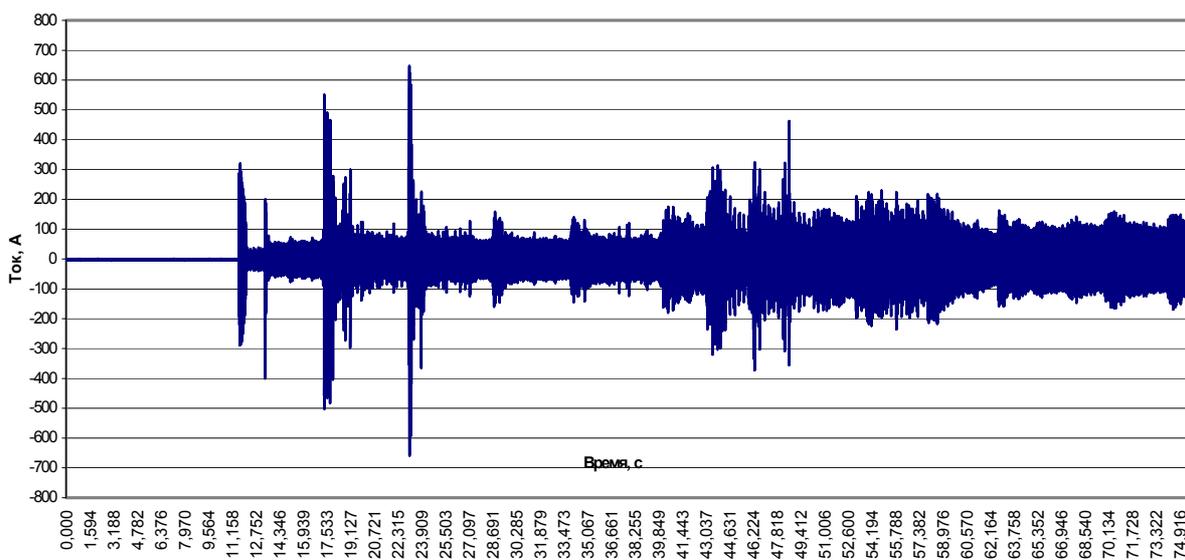


Рис. 2. Фрагмент диаграммы с записью тока вращателя бурового станка

ственно вставляется в IBM/PC, имеет в комплекте кабель и клеммную плату, к которой могут подключаться источники записываемых сигналов.

Информация, принимаемая с 8 каналов платы АЦП, при помощи созданного программного обеспечения заносится в текстовый файл, содержащий графики исследуемого процесса.

По полученным данным строятся графики, однако кроме этого зачастую требуется:

- выделить лишь отдельный участок графика для досконального его изучения (рис. 1, 2);
- суммировать данные, полученные по отдельным каналам (например, токи или мощности потребителей, подключенных к одному источнику питания) (рис. 3);
- отслеживать влияние изменения одного параметра на другие, связанные с ним;
- вычеркивать из графика ненужные участки;

- отражать график, записанный в цепи переменного тока в область только положительных значений (см. рис. 3);
- подсчитывать различные энергетические характеристики исследуемого процесса (активную, реактивную и полную мощности) и т. д.

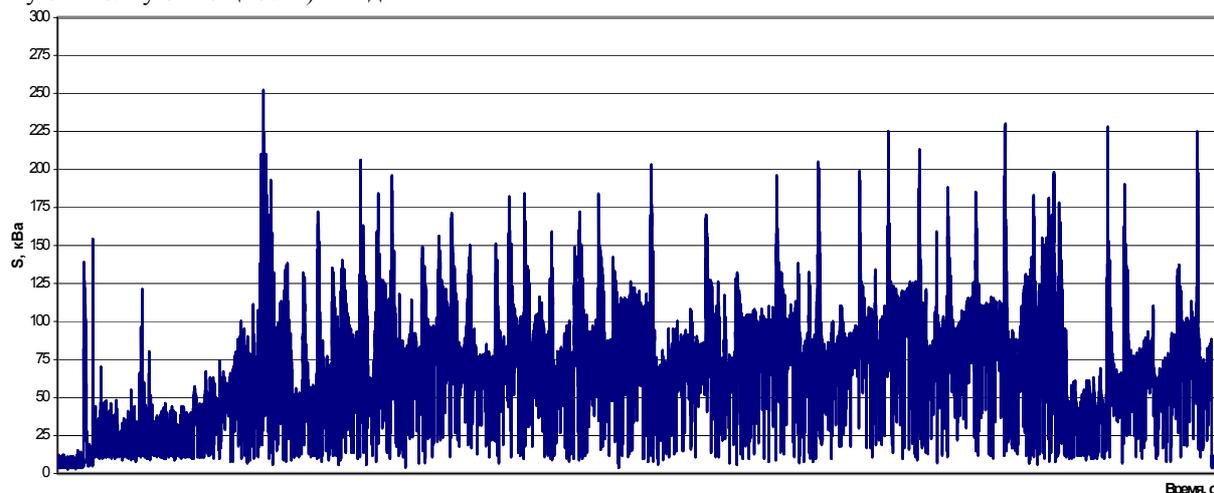


Рис. 3. Полная мощность, потребляемая двигателем маслостанции и вращателя совместно, за цикл бурения

Для достижения полученной цели был разработан комплекс программ, позволяющий достичь заданного результата.

В конечном варианте планируется, что созданный комплекс представит собой набор специализированных программ, решающих различные задачи, заключённых в единую оболочку с возможностью работы с различным исходным оборудованием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Микросхемы памяти*, ЦАП и АЦП: Справочник. 2-е изд., стереотип / О. Н. Лебедев, А-Й. К. Марцинквичюс, Э.-А. К. Багданскис и др.; М.: КУБКа, 1996. 386 с.: ил.
2. *Руководство по эксплуатации* к плате PCL-711B PC-MultiLab CARD фирмы «Advantech» Co. Part No. 2003711020 Rev. A2 Printed in Taiwan, Aug. 1993.

