

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Неежмаков Сергей Владимирович

УДК 622.48

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
КОТЛОАГРЕГАТОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ
ШАХТНОГО АВТОНОМНОГО ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ

05.13.07 - Автоматизация процессов управления

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Донецк – 2009

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена в ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» Министерства образования и науки Украины

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Гавриленко Борис Владимирович,
ГВУЗ «Донецкий национальный
технический университет» ,
доцент кафедры «Горная
электротехника и автоматика
им. Р. М. Лейбова», г. Донецк

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Силаев Виктор Иванович,
Донецкий государственный университет
управления, профессор кафедры
«Менеджмент в производственной
сфере», г. Донецк

доктор технических наук, профессор
Ульшин Виталий Александрович,
Восточно-украинский национальный
университет им. Владимира Даля,
заведующий кафедрой «Системная
инженерия», г. Луганск

Защита состоится " 15 " октября 2009 г. в 14.00 часов на заседании специализированного совета Д11.052.03 Донецкого национального технического университета по адресу: 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58, корп. 8, ауд. 704.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» по адресу 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58, корп. 2.

Автореферат разослан " ____ " сентября 2009 г.

Ученый секретарь специализированного
ученого совета Д11.052.03
кандидат технических наук, доцент



Г. В. Мокрый

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. Состояние экономики Украины в настоящее время неразрывно связано с функционированием и развитием угольной промышленности. Для деятельности каждой шахты актуальной проблемой является снижение себестоимости продукции. К одной из статей затрат относится потребление энергоносителей для подогрева подаваемого в выработки воздуха в зимний период времени. Вместе с тем традиционные технологии либо снижают эффективность сжигания собственного топлива, либо вынуждают использовать привозное топливо, в том числе импортируемые газ или нефтепродукты.

Необходимо отметить следующие тенденции в данном вопросе: во-первых, наблюдается общемировое повышение цен на нефтепродукты и газ, во-вторых, качество выдаваемой на поверхность горной массы либо находится на низком уровне, либо продолжает снижаться. При сложившемся положении одним из возможных решений является применение энергосберегающей технологии кипящего слоя для получения тепла, что позволяет использовать низкокачественное топливо зольностью до 75-80% с невысокими затратами на его подготовку. Также к достоинствам данного технического решения относится повышение надежности функционирования системы обогрева выработок за счет отсутствия в схеме автономного газоздушного воздухоподогревателя с топкой низкотемпературного кипящего слоя (НТКС) промежуточного теплоносителя – пара или воды, что исключает возможность замерзания и выхода из строя калориферной установки.

Одним из сдерживающих факторов при внедрении технологии кипящего слоя является несовершенство имеющейся в настоящее время системы управления топкой, при разработке которой проигнорирован ряд особенностей объекта по сравнению с обычной котельной установкой. Наиболее существенными недостатками системы является наличие обособленных контуров управления и невозможность осуществлять рециркуляцию дымовых газов и тепла, что снижает качество управления и экономическую эффективность установки.

Этим обуславливается актуальность создания системы автоматического управления тепловой производительностью котлоагрегата НТКС шахтного автономного газоздушного воздухоподогревателя. Разработка и реализация данной системы позволит повысить эффективность функционирования установки, что даст экономический эффект.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в соответствии с тематическим планом Донецкого национального технического университета по гостемам НИР: Н-21-2000 "Исследование шахтных теплоэнергетических процессов и создание систем управления" и Н-20-05 "Разработка системы автоматического управления комплексом теплоснабжения с котлоагрегатами низкотемпературного кипящего слоя в условиях переменного расхода теплоносителя".

Целью работы является повышение эффективности работы шахтного автономного газоздушного воздухоподогревателя путем синтеза системы

автоматического управления, которая обеспечивает производство требуемого количества теплоносителя в котлоагрегате НТКС при поддержании технологических параметров процесса на заданном уровне.

Для достижения цели в работе решаются **следующие задачи**:

- анализ технологических особенностей и уровня автоматизации шахтного автономного газовоздушного воздухоподогревателя с топкой НТКС;
- разработка математической модели процесса получения теплоносителя в котлоагрегате НТКС с оценкой ее адекватности реальным топочным процессам для анализа динамических свойств объекта при основных управляющих и возмущающих воздействиях;
- формулировка цели управления и обоснование задающих воздействий верхнего уровня при используемых технологических режимах работы с возможностью рециркуляции дымовых газов для экономии твердого топлива;
- разработка структуры двухуровневой системы автоматического управления технологической установкой «котел-калорифер» и исследование качественных характеристик существующей и предложенной систем автоматизации при нестационарных условиях;
- разработка структуры технической реализации САУ;
- технико-экономическое обоснование эффективности разработанной системы управления котлоагрегатом НТКС.

Объект исследований – котлоагрегат низкотемпературного кипящего слоя шахтного автономного газовоздушного воздухоподогревателя.

Предметом исследований является двухуровневая многосвязная система автоматического управления тепловой производительностью котлоагрегата низкотемпературного кипящего слоя.

Методы исследования. В работе применены методы современной теории автоматического управления, декомпозиции и агрегатирования, теории горения твердого топлива, теории тепло- и массообмена в топочном пространстве, математической статистики, теории планирования и обработки результатов экспериментов, математического моделирования, координирующего управления.

Научная новизна полученных результатов.

1. Разработана математическая модель котельной установки кипящего слоя, отличающаяся от известных тем, что представление топочного пространства рядом взаимосвязанных ячеек с последовательным и параллельным перемещением твердых частиц позволяет исследовать динамические характеристики котлоагрегата при комбинированном варьировании в возможном диапазоне существования основных параметров топлива без изменения структуры модели.

2. Впервые разработана двухуровневая многосвязная система автоматического управления тепловой производительностью котлоагрегата НТКС на основе регулируемых соотношений, что позволило повысить качество управления технологическим объектом и обеспечило возможность работы в условиях рециркуляции отработанного теплоносителя.

3. Получил дальнейшее развитие способ управления тепловой производительностью топки НТКС, основанный на реализации двух параллельных процессов – формирования задающих воздействий верхнего уровня и их согласования в переходных режимах в координирующей матрице, что позволило стабилизировать работу котлоагрегата при расширении допустимого диапазона изменений характеристик твердого топлива.

Практическое значение полученных результатов:

1. Разработанный программный комплекс и методика моделирования котлоагрегата позволяют исследовать динамические процессы в котельной установке по различным каналам управления и возмущений, а также выполнить формализацию математической модели для задач автоматического управления.

2. Предложенная структура построения системы автоматического управления котлоагрегатом исключает необходимость ручной настройки локальных регуляторов в условиях переменного расхода теплоносителя и обеспечивает непрерывный расчет задающих воздействий верхнего уровня и коэффициентов координирующей матрицы.

3. За счет совершенствования структуры обратных связей в системе управления котлоагрегатом удалось снизить инерционность по каналу управления подачей твердого топлива и перерегулирование по температуре кипящего слоя в переходных процессах.

4. Усовершенствована система автоматического управления топкой НТКС, предложен типовой комплекс технических средств для реализации системы управления объектами данного класса и рекомендации по оценке ее экономической эффективности.

5. Результаты теоретических исследований диссертационной работы использованы при выполнении гостемы № Н-21-2000 «Исследования шахтных теплоэнергетических процессов и создание систем управления» и Н-20-05 «Разработка системы автоматического управления комплексом теплоснабжения с котлоагрегатами низкотемпературного кипящего слоя в условиях переменного расхода теплоносителя», а также использованы в учебном процессе кафедры «Горная электротехника и автоматика им Р. М. Лейбова» в курсах «Технологические измерения и приборы в горной промышленности», «Технические средства автоматизации» и «Автоматизация производственных процессов».

6. Результаты научных и практических исследований диссертационной работы использовано при проведении монтажно-наладочных и модернизационных Донецким спецналадочным управлением «Теплоэнергоавтоматика» и Государственной акционерной компанией «Донбассуглеавтоматика», а также приняты для использования Государственным предприятием «ИНСТИТУТ «УКРНИИПРОЕКТ»» при исполнении НИОКР проектов строительно-монтажных и модернизации действующих шахт.

Личный вклад соискателя. Все основные положения и результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, получены автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационных исследований сообщены, обсуждены и получили одобрение: на кафедре «Горная электротехника и автоматика» Донецкого национального технического университета (2006, 2007 гг.); на семинаре ОАО «Научно-исследовательский институт горной механики имени М.М.Федорова» (2007 г.); на научно-техническом совете ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова» (2007 г.); на научно-техническом совете государственного предприятия «Государственный научно-исследовательский проектно-конструкторский и проектный институт угольной промышленности «УКРНИИПРОЕКТ»» (2008 г.); на кафедре «Автоматизация производственных процессов» Национальной металлургической академии Украины (2008 г.); на кафедре «Автоматизации и компьютерных систем» Национального горного университета (2008 г.); на II, IV, V Міжнародних науково-технічних конференціях аспірантів і студентів в м. Донецьку «Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих» (ДонНТУ, 2002, 2004, 2005 гг.); на Міжнародній конференції з управління «Автоматика 2002», 16-20 вересня 2002 р., м. Донецьк, Україна (ДонНТУ); на Международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2004». 17-19 марта 2004 г. Ухта, РФ.

Публикации. По результатам диссертации опубликованы 11 печатных работ, в том числе 6 в научных изданиях, рекомендованных ВАК Украины и 5 в тезисах докладов на научно-технических конференциях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 разделов и заключения, изложенных на 126 страницах машинописного текста, иллюстрированного 37 рисунками. Работа содержит 9 таблиц, список использованной литературы из 107 наименований и 10 приложений на 97 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Состояние вопроса. Цель и задачи исследования» посвящен анализу состояния вопроса управления топкой НТКС шахтного автономного воздухоподогревателя. Охарактеризована область применения технологии НТКС, обоснована целесообразность перехода к комбинированному управлению тепловой нагрузкой воздухоподогревателя с использованием отработанного теплоносителя. Анализ литературных источников позволил выделить два основных направления автоматизации управления топками НТКС. Первое связано с совершенствованием локальных контуров регулирования на основе ПИД-регуляторов и одновременным внедрением системы качественной подготовки твердого топлива перед сжиганием, что имеет смысл прежде всего для теплогенераторов большой мощности и получило распространение за рубежом. Второе направление связано созданием и использованием адаптивных регуляторов, обеспечивающих динамическую идентификацию характеристик топки кипящего слоя, при рассмотрении, однако, вопроса управления тепловой производительностью только по одному параметру.

Вопрос об автоматизации процесса возврата продуктов сгорания в котлоагрегат для коррекции температуры кипящего слоя рассмотрен только со

стороны возможности использования этого способа управления топкой НТКС. Сдерживающим фактором в разработке систем автоматизации топок НТКС, является также сложность разработки математических моделей, описывающих процессы тепломассообмена и химические реакции, происходящие в котлоагрегате. В разделе конкретизированы цель и задачи управления, пути их достижения и решения.

Второй раздел «Разработка и исследование математической модели процесса производства и потребления теплоносителя в системе шахтного автономного воздухоподогревателя с топкой НТКС» посвящен математическому моделированию процессов производства и потребления теплоносителя в системе шахтного автономного воздухоподогревателя с топкой НТКС. На основе методов декомпозиции и последующего агрегатирования обоснована структура математической модели производства теплоносителя в топке НТКС (рис. 1). Объемный расход твердого топлива V_{tt} с учетом текущих значений зольности A , влажности W и долей углей двух разных марок d_1 и d_2 приводится к массовым значениям расхода поступающих в кипящий слой и горючей составляющей топлива G_{tt} . Все поступающие в слой частицы имеют полидисперсный состав, который подчиняется нормальному закону распределения, переменной составляющей которого является математическое ожидание эквивалентного диаметра частиц D_{mo} . Материал распределяется по n -му числу элементарных ячеек D с одинаковыми в пределах одной ячейки геометрическими размерами частиц и константами химических реакций для соответствующих стадий конверсии твердого топлива. Структура каждой элементарной ячейки одинакова, что дает возможность в случае необходимости увеличивать число ячеек и, соответственно, точность моделирования. Частицы коксового остатка по мере выгорания и уменьшения геометрических размеров переходят в ячейки с меньшим диаметром. Выходными характеристиками являются текущая температура кипящего слоя T_{ks} и объем газовой смеси на выходе из слоя V_{ks} . Уравнение теплового баланса, описывающие процессы в топке НТКС имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dI_{cl}}{dt} M_{cl} = Q_{gt} + Q_v + (Q_{T1} + Q_{T2})(1 - q_3 - q_4) - Q_{Tm1} - Q_{Tm2} - \\ - Q_{Tm1} - Q_{Tm2} - Q_{H2O} - Q_{d1} - Q_{d2} - Q_{dgt} - Q_{vo} \end{aligned} \quad (1)$$

где I_{cl} – удельная энтальпия инертного материала слоя (зависимости $I_{cl} = f(T_{cl})$ и $T_{cl} = f(I_{cl})$ при моделировании задаются массивом данных),

Q_{gt} – количество теплоты в единицу времени, получаемое от сгорания жидкого топлива при розжиге,

Q_v – количество теплоты в единицу времени, вносимое в топку дутьевым воздухом,

Q_{Tm1} и Q_{Tm2} – количество теплоты в единицу времени, отбираемое из топки на прогрев породы,

Q_{H2O} – количество теплоты в единицу времени, отбираемое из топки на испарение и прогрев до температуры слоя содержащейся в топливе влаги,

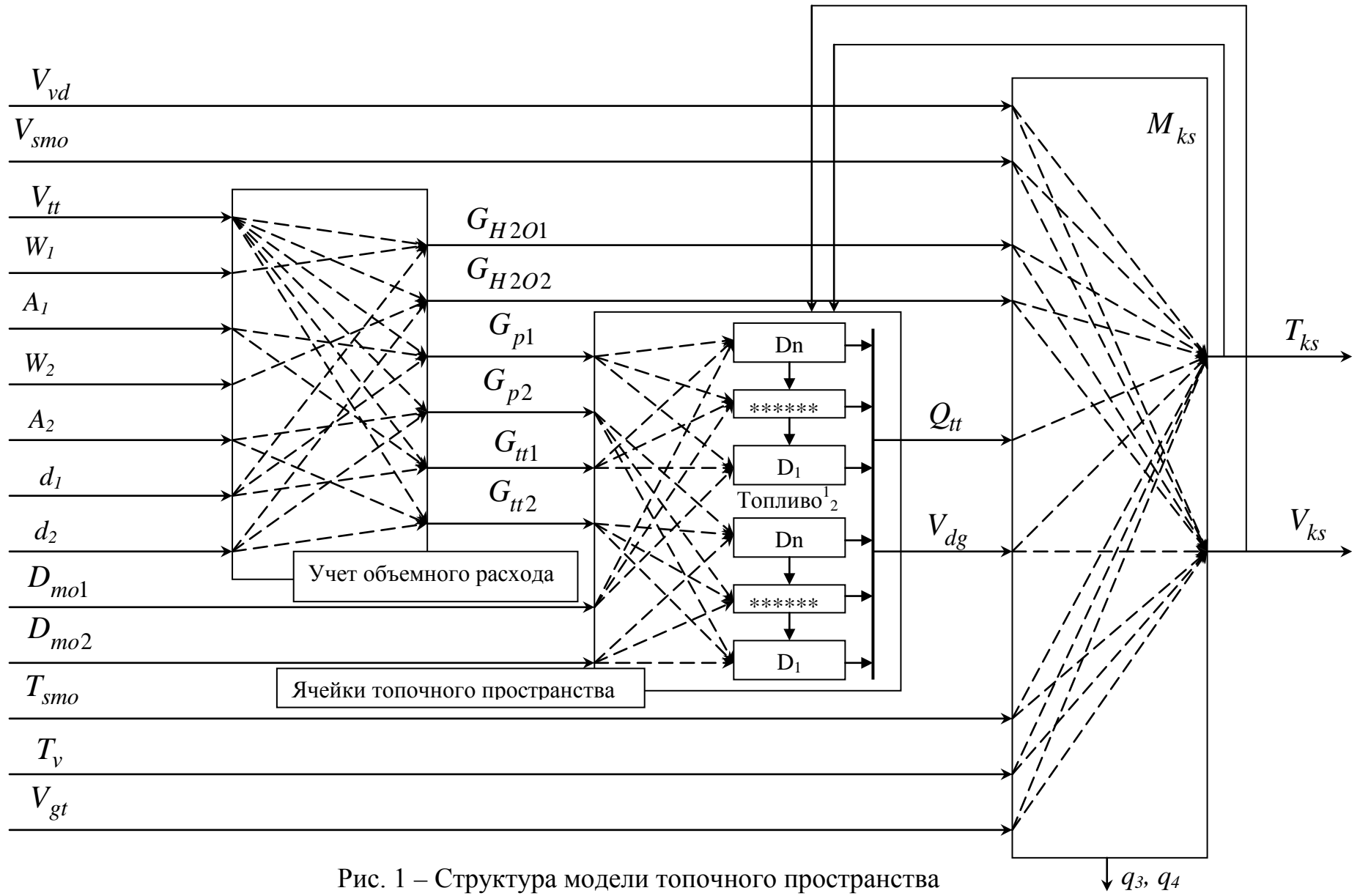


Рис. 1 – Структура модели топочного пространства

$Q_{d1}, Q_{d2}, Q_{dgt}, Q_{vo}$ – количество теплоты в единицу времени, отбираемое из топки продуктами горения твердых и жидкого топлив, а также непрореагировавшим остатком дутьевого воздуха, соответственно,

Q_{H_2O} – количество теплоты в единицу времени, отбираемое из топки на испарение и прогрев до температуры слоя содержащейся в топливе влаги,

$Q_{d1}, Q_{d2}, Q_{dgt}, Q_{vo}$ – количество теплоты в единицу времени, отбираемое из топки продуктами горения твердых и жидкого топлив, а также не прореагировавшим остатком дутьевого воздуха, соответственно,

Q_{T1}, Q_{T2} и Q_{Tn1}, Q_{Tn2} – количество теплоты в единицу времени, вносимое в топку при сгорании сухой горючей массы топлив 1 и 2, и забираемое при нагреве этих масс до температуры слоя (приводятся в дальнейшем без индексов 1 и 2 для всех переменных, кроме объемных долей соответствующих топлив в производительности забрасывателя d_{t1} и d_{t2}). Величина массового расхода сухой горючей составляющей топлива:

$$G_{tt} = \rho_u \cdot k_{nr} \cdot V_{tt} \cdot d_{t1} \cdot \left(1 - \frac{0,01 \cdot A_p \cdot \rho_u}{\rho_p - 0,01 \cdot A_p \cdot \rho_p + 0,01 \cdot A_p \cdot \rho_u} \right), \quad (2)$$

где ρ_u - плотность сухой горючей массы;

ρ_p - плотность породы;

k_{nr} - коэффициент пористости;

V_{tt} - объемная производительность забрасывателя;

A_p - зольность топлива.

При моделировании сухая горючая масса распределяется по ряду ячеек, в диапазоне диаметров частиц $D_{max}, \dots, D_j, \dots, D_{min}$. Нумерация ячеек начинается с минимального диаметра, а текущий массовый расход в ячейке определяется из выражения:

$$G_{ij} = G_{tt} \frac{\int_{D_j}^{D_{j+1}} F(D, D_{mo}) dD}{\int_{D_{min}}^{D_{max}} F(D, D_{mo}) dD}, \quad (3)$$

где $F(D, D_{mo})$ - функция распределения гранулометрического состава частиц в зависимости от текущего значения математического ожидания.

Предполагается, что частицы j -ой ячейки имеют одинаковый расчетный диаметр D_{rj} и последовательно проходят стадии прогрева до температуры слоя, выхода и горения летучих, выгорания коксового остатка до D_{rj-1} , после чего происходит переход коксового остатка в ячейку $j-1$. Отбор теплоты на прогрев горючей массы в одной ячейке и получение теплоты от горения летучих и коксового остатка определяются как:

$$Q_{Tnj} = \frac{\int_{t-\tau_{rj}}^t G_{Tj}(t) dt}{\tau_{rj}} \cdot I_m, \quad (4)$$

$$Q_{Tj} = \left(\int_{t-\tau_{lj}}^t \frac{k_{vl} \cdot G_{Tj}(t-\tau_{rj})}{\tau_{lj}} dt + \left[\begin{aligned} & G_{Tj}(t-\tau_{rj}-\tau_{lj}-\tau_{gj}) \cdot \\ & \cdot (1-d_{tr}(j)) \cdot (1-d_i(j)) \end{aligned} \right] + \left[\begin{aligned} & \left(\sum_{j_{\max}}^{b=j+1} \left(G_{Tb}(t-\tau_{rb}-\tau_{lb}-\tau_{gj}) \cdot \right. \right. \\ & \left. \left. \cdot d_{tr}(b) \right) \right) \cdot \\ & \cdot d_r(j) \end{aligned} \right] + \left[\begin{aligned} & \sum_{j_{\max}}^{b=j+1} \left(G_{Tb}(t-\tau_{rb}-\tau_{lb}-\sum_b^{c=j+1} \tau_{gb}) \cdot \right. \\ & \cdot (1-d_{tr}(b)) \cdot \\ & \left. \cdot \prod_b^{c=j+1} ((1-d_i(c)) \cdot kum(c)) \right) \end{aligned} \right] + \left[\begin{aligned} & \sum_{j_{\max}}^{b=j+2} \left(G_{Tb}(t-\tau_{rb}-\tau_{lb}-\sum_b^{c=j+2} \tau_{gb}) \cdot \right. \\ & \cdot (1-d_{tr}(b)) \cdot d_i(c) \cdot \\ & \left. \cdot \prod_b^{c=j+2} (d_i(c) \cdot kum(c)) \right) \end{aligned} \right] \right) \cdot \frac{[(1-k_{vl}) \cdot (d_i(j)) \cdot kum(j)]}{\tau_{gj}} dt \cdot Q_{ng}, \quad (5)$$

где $\tau_{rj}, \tau_{lj}, \tau_{gj}$ - время пребывания частиц в соответствующей стадии;

Q_n - низшая теплота сгорания в пересчете на сухую горючую массу;

k_{vl} - коэффициент выхода летучих;

d_{tr} и d_i , - доли частиц, подвергнувшихся терморазложению и механическому излому (истиранию);

d_r - доля поступивших в ячейку измельченных частиц.

Далее по алгоритму определяется $Q_T = \sum Q_{Tj}$, аналогично Q_{T2} , Q_{Tn1} и

Q_{Tn2} .

Адекватность разработанной модели топки НТКС подтверждена экспериментальными исследованиями переходных процессов в условиях шахтного автономного воздухоподогревателя шахты 4-21 ГП «Шахтоуправление «Южнодонецкое» №1» с использованием методов математической статистики, теории планирования и обработки результатов экспериментов.

Полученные результаты позволили обосновать динамические характеристики объекта управления со следующими характеристиками угля:

- рабочие (используемые для проведения теплотехнических расчетов установки) $A=40\%$, $W=6,5\%$, $d_{mo}=6\text{мм}$;

- предельно допустимые по условиям сжигания в НТКС, для низших показателей качества $A^{max}=80\%$, $W^{max}=9\%$, $d_{mo}=1\text{мм}$, для высших – $A^{min}=20\%$,

$W^{min}=4\%$, $dmo=13\text{мм}$.

Полученные передаточные функции топки НТКС при переменных параметрах твердого топлива и режиме рекуперации дымовых газов, позволили представить котельную установку как многомерный многосвязный объект. Выполнено обоснование и выбраны передаточные функции воздухоподогревателя, газоходов, исполнительных механизмов.

Третий раздел «Синтез системы управления процессом получения теплоносителя и исследование динамических характеристик» посвящен анализу динамических характеристик и синтезу системы управления тепловой производительностью котлоагрегата НТКС. Обобщенная структурная схема системы управления воздухоподогревателем (рис 2) включает внутренний $W_{p2}(p)$ и внешний $W_{p1}(p)$ регуляторы, соединенные последовательно. Для внешнего и внутреннего регуляторов задающими воздействиями являются соответственно температура поступающего в ствол воздуха T_{pv}^{zad} и требуемый объем теплоносителя – газозвоздушной смеси (ГВС) V_{sm}^{zad} . Блоки $W_{os1}(p)$ и $W_{os2}(p)$ характеризуют динамические свойства средств измерения.

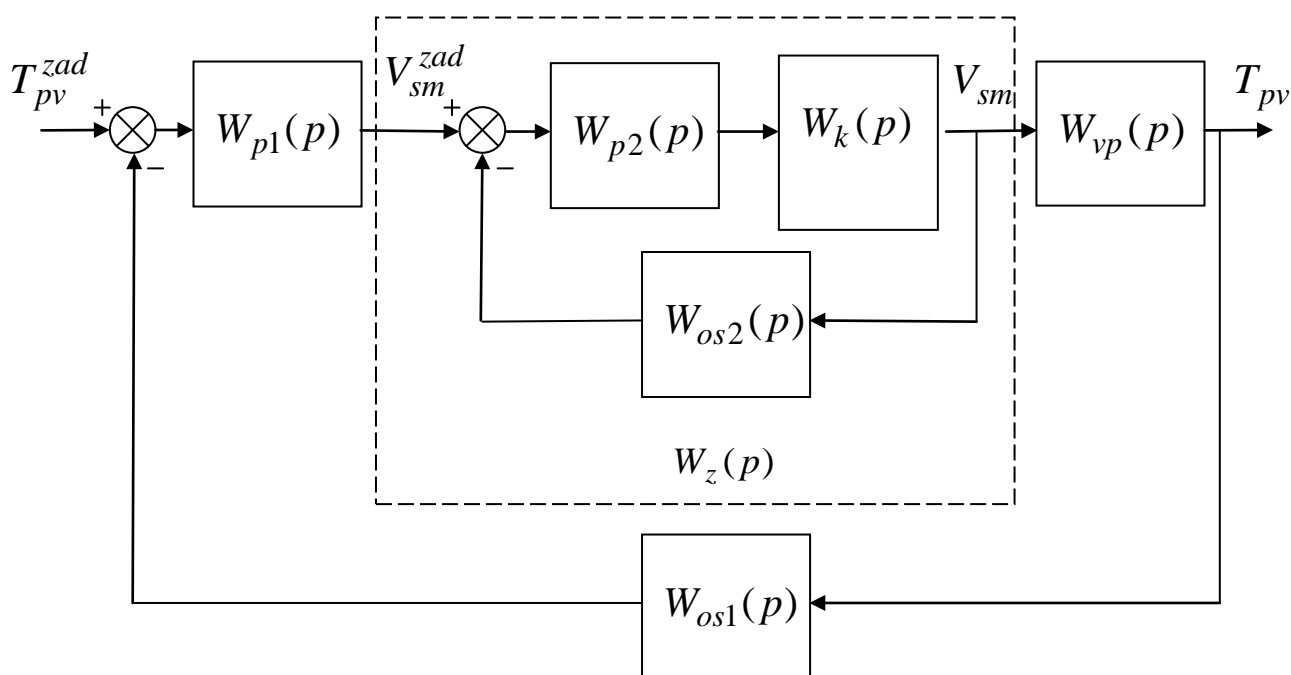


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема системы управления воздухоподогревателем

Задача синтеза каскада управления воздухоподогревателем $W_z(p)$, сводится к обеспечению подачи требуемого объема ГВС V_{sm}^{zad} при устойчивой работе котлоагрегата. Частичное сохранение существующей структуры управления в виде автономных контуров для поддержания высоты НТКС и регулирования производительности дымососа и вентилятора разбавочного

воздуха обосновано постоянством задающих воздействий и возможностью устойчивого регулирования одним ПИД-регулятором в каждом контуре, т.к. возможные возмущающие (V_{tt}, T_v, V_{ks}) воздействия имеют значительно большую инерционность, чем управляющие.

При задании требуемого объема теплоносителя V_{sm}^{zad} перемещением рабочей точки вдоль ломаной ABCD (рис. 3) по настроечным характеристикам топки НТКС регулируется тепловая производительность котлоагрегата. Участок АВ определяется границей существования НТКС, запас температуры на участке ВС до верхней границы T_{ks}^{max} учитывает технологические особенности котлоагрегата. Повышенная величина T_{ks} обеспечивает при том же объеме теплоносителя (кривые V_{sm1} и V_{sm2}) пониженный объем продуваемой через НТКС ГВС. Это улучшает экономические и экологические показатели всей установки. Участок CD также расположен на естественной границе существования НТКС и характеризует предаварийное состояние котлоагрегата.

При управлении тепловой производительностью топки НТКС вектор перехода из рабочей точки R_1 в точку R_2 представлен суммой двух векторов с изменением подачи дутьевой смеси и твердого топлива:

$$\overline{R_1 R_2} = \overline{R_1 V} + \overline{R_1 T} \quad (6)$$

При управлении поддерживается баланс тепловых напоров потоков, поступающих в топочное пространство и покидающих его (и, как следствие, постоянную температуру слоя), с обеспечением требуемых коэффициента избытка воздуха на выходе из топки α и объемного расхода ГВС.

Т.к. величина T_{pv} регулируется только изменением объема теплоносителя V_{sm} , является рациональным в качестве цели управления тепловой производительностью топки НТКС использовать зависимость:

$$J = \int_0^{\infty} |V_{sm} - V_{sm}^{zad}| dt \rightarrow \min, \quad (7)$$

с технологическими ограничениями:

$$V^{\min} \leq V_{smo} + V_{vd} \leq V^{\max}; \quad (8)$$

$$T_{ks}^{\min} \leq T_{ks} \leq T_{ks}^{\max}; \quad (9)$$

$$\alpha \geq \alpha_{\min}; \quad (10)$$

Для оценки динамических характеристик системы управления котлоагрегатом на основании полученных в разделе 2 передаточных функций элементов технологического объекта разработана структурная схема (рис. 4).

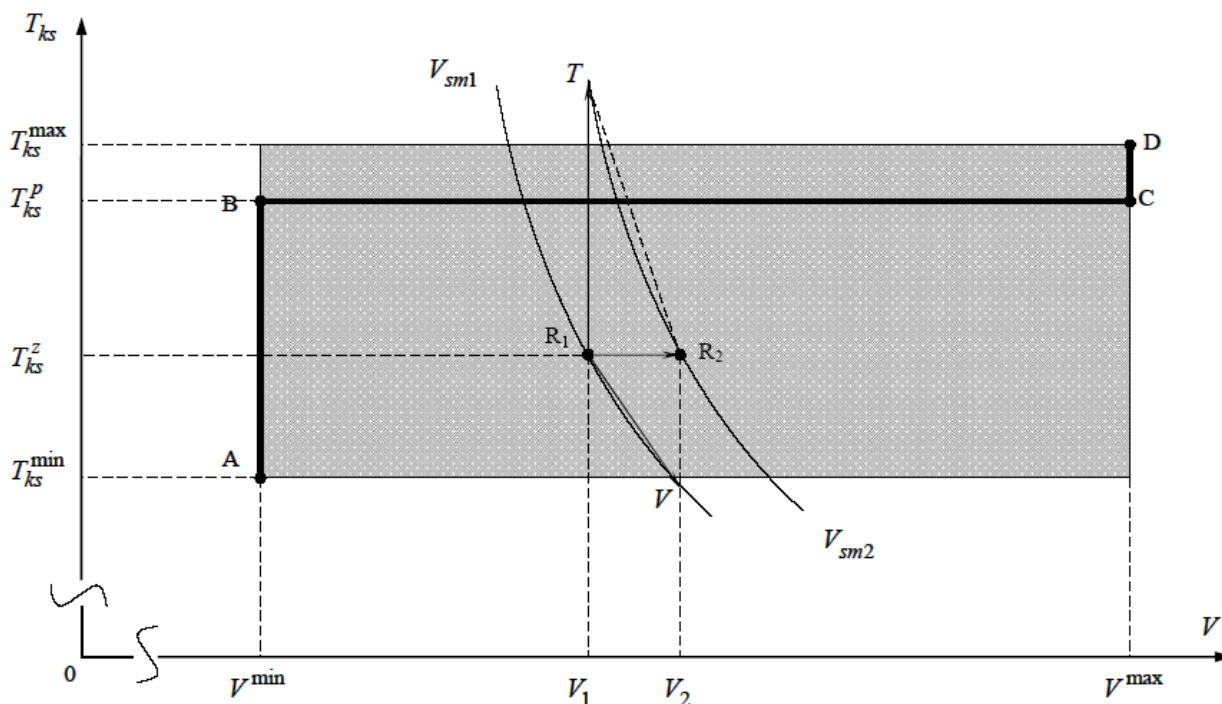


Рисунок 3 – Настроечные характеристики топки НТКС.

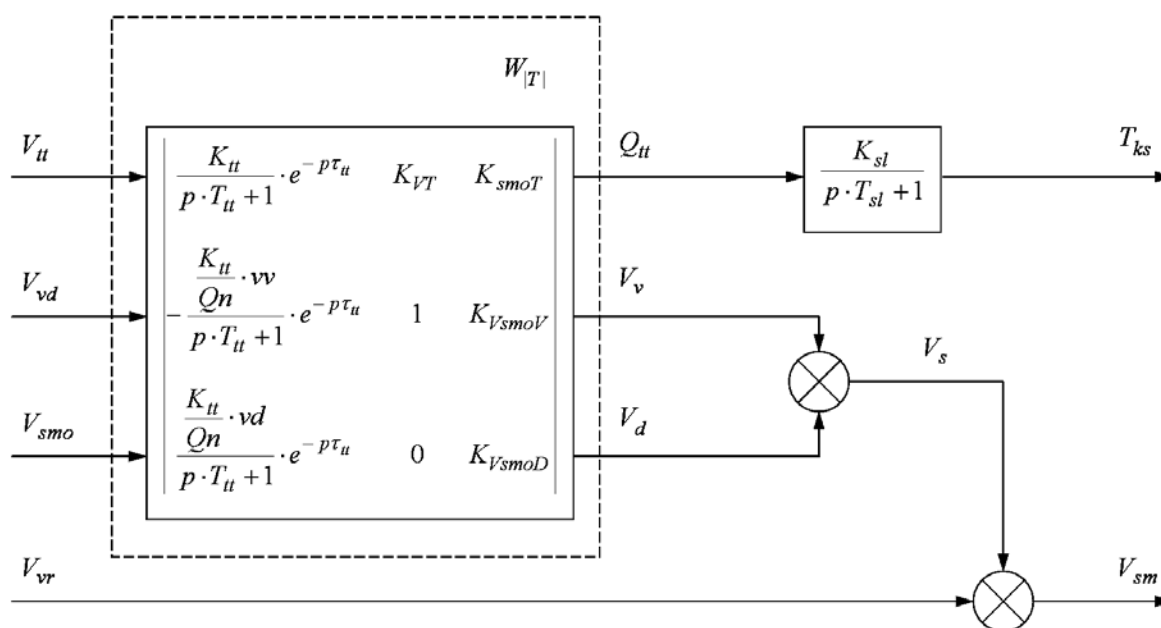


Рисунок 4 – Упрощенная структура технологического объекта

Модифицированная структура многомерной двухуровневой иерархической системы управления котлоагрегатом приведена на рис 5. Координирующий блок H преобразует апробированный ПИД-закон управления переменными v_i в соответствии с регулируемыми соотношениями, обеспечивающими минимизацию невязок управляющих воздействий u_i в переходных режимах. Координатор верхнего уровня (ВУ) по задающим воздействиям $\bar{\psi}$ и текущему состоянию котлоагрегата \bar{X} формирует задание

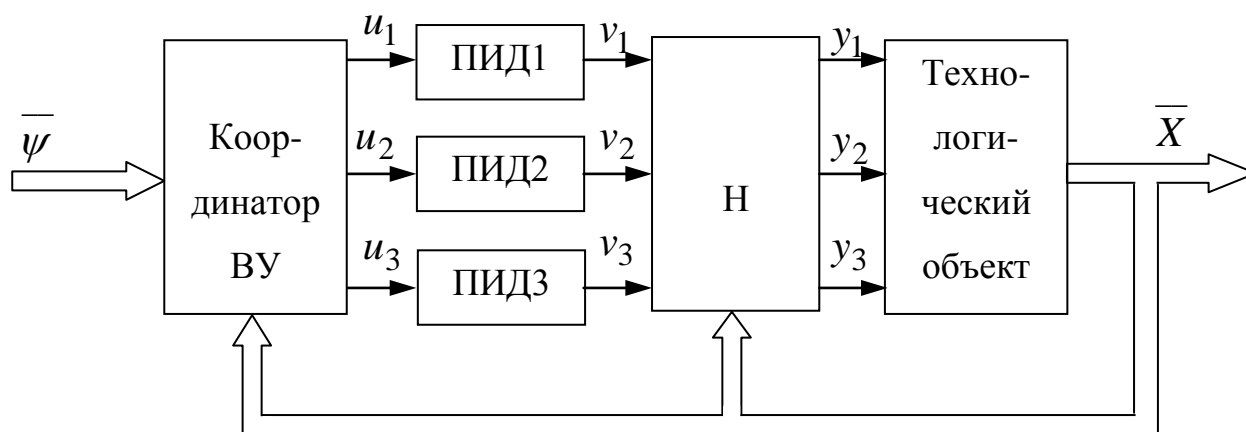


Рисунок 5 – Модифицированная многомерная иерархическая система управления

u_i для локальных регуляторов ПИД, каждый из которых, стабилизирует переменную v_i . Синтез системы управления котлоагрегатом сводится к решению задач:

- выбор измеряемых величин;
- выбор задающих воздействий u_i .
- получение математических зависимостей, определяющих связь между V_{sm}^{zad} и задающими воздействиями u_i ;
- настройка параметров ПИД регуляторов;
- определение конфигурации и параметров координирующего блока H .

На основании модифицированной структуры системы (рис. 5) и технологических особенностей котлоагрегата (рис. 3) синтезирована структура каскада управления $W_z(p)$ (рис 2). Регулятор ПИД1 подачей твердого топлива обеспечивает требуемый тепловой напор Q_{tt} , величина которого определяется положением рабочей точки (рис 3). Это позволяет исключить из контура управления с наиболее нестабильными параметрами одно из двух апериодических звеньев. Оценка текущего значения Q_{tt} осуществляется по косвенным показателям с использованием температурных датчиков в газоходах (T_{sm}, T_{smo}, T_v) с меньшей инерционностью.

Для упрощения выкладок и удобства использования табличных данных все объемные расходы при синтезе и моделировании системы управления котлоагрегатом считаются приведенными к 0°C . Сумма вносимого и удаляемого газообразными реагентами количества тепла определяется на основе информации от технологических датчиков:

$$Q_{sm} = V_{vr} \cdot (I_v(T_{sm}) - I_v(T_v)) + (V_{sm} - V_{vr}) \cdot I_{dg}(T_{sm}) - \\ - V_{vd} \cdot I_v(T_v) - V_{smo} \cdot \left(\frac{V_{vr}}{V_{sm}} \cdot I_v(T_{sm}) + \frac{V_{sm} - V_{vr}}{V_{sm}} \cdot I_{dg}(T_{sm}) \right). \quad (11)$$

При любых изменениях Q_{tt} происходит нагрев материала НТКС и исходящих из топки реагентов в долях, пропорциональных произведению массы НТКС и, соответственно, расхода газообразных реагентов на их теплоемкость:

$$Q_{tt} = Q_{sm} + \frac{dQ_{sm}}{dt} \cdot \frac{M_{ks} \cdot c_{ks}}{V_{vr} \cdot c_v + (V_{sm} - V_{vr}) \cdot c_{dg}}, \quad (12)$$

где c_{dg} – теплоемкость дымовых газов. Расчетные величины V_{vr} , V_{vd} , V_{smo} записываются с индексом P . Настраиваемое значение Q_{tt}^{zad} определяется для стационарного режима работы котлоагрегата ($dQ_{sm}/dt = 0$) в соответствии с выражением (7) и ограничениями (8 и 9) для заданных значений расхода и температуры ГВС:

$$Q_{tt}^{zad} = V_{vr}^P \cdot (I_v(T_{sm}^{zad}) - I_v(T_v)) + \\ + (V_{sm}^{zad} - V_{vr}^P) \cdot I_{dg}(T_{sm}^{zad}) - V_{vd} \cdot I_v(T_v) - \\ - V_{smo}^P \cdot \left(\frac{V_{vr}^P}{V_{sm}^{zad}} \cdot I_v(T_{smo}) + \frac{V_{sm}^{zad} - V_{vr}^P}{V_{sm}^{zad}} \cdot I_{dg}(T_{smo}) \right) \quad (13)$$

Ограничение (10) определяет соотношение расхода дутьевого воздуха к отработанной смеси:

$$\left(V_{vd}^P + V_{smo}^P \cdot \frac{V_{vr}^P}{V_{sm}^{zad}} \right) \cdot \frac{1}{v_v} = \frac{Q_{tt}^{zad}}{Q_n^{min}} \cdot \alpha, \quad (14)$$

Изменение объема ГВС при сгорании твердого топлива составляет:

$$V_{sm}^{zad} - V_{vr}^P = \left(V_{vd}^P + V_{smo}^P \cdot \frac{V_{vr}^P}{V_{sm}^{zad}} \right) \cdot \frac{v_g}{v_v} + V_{smo}^P \cdot \frac{V_{sm}^{zad} - V_{vr}^P}{V_{sm}^{zad}}. \quad (15)$$

Дополнительным условием управления является нахождение рабочей точки на ломаной ABCD (рис. 3). Для участка BC с температурой НТКС T_{ks}^P :

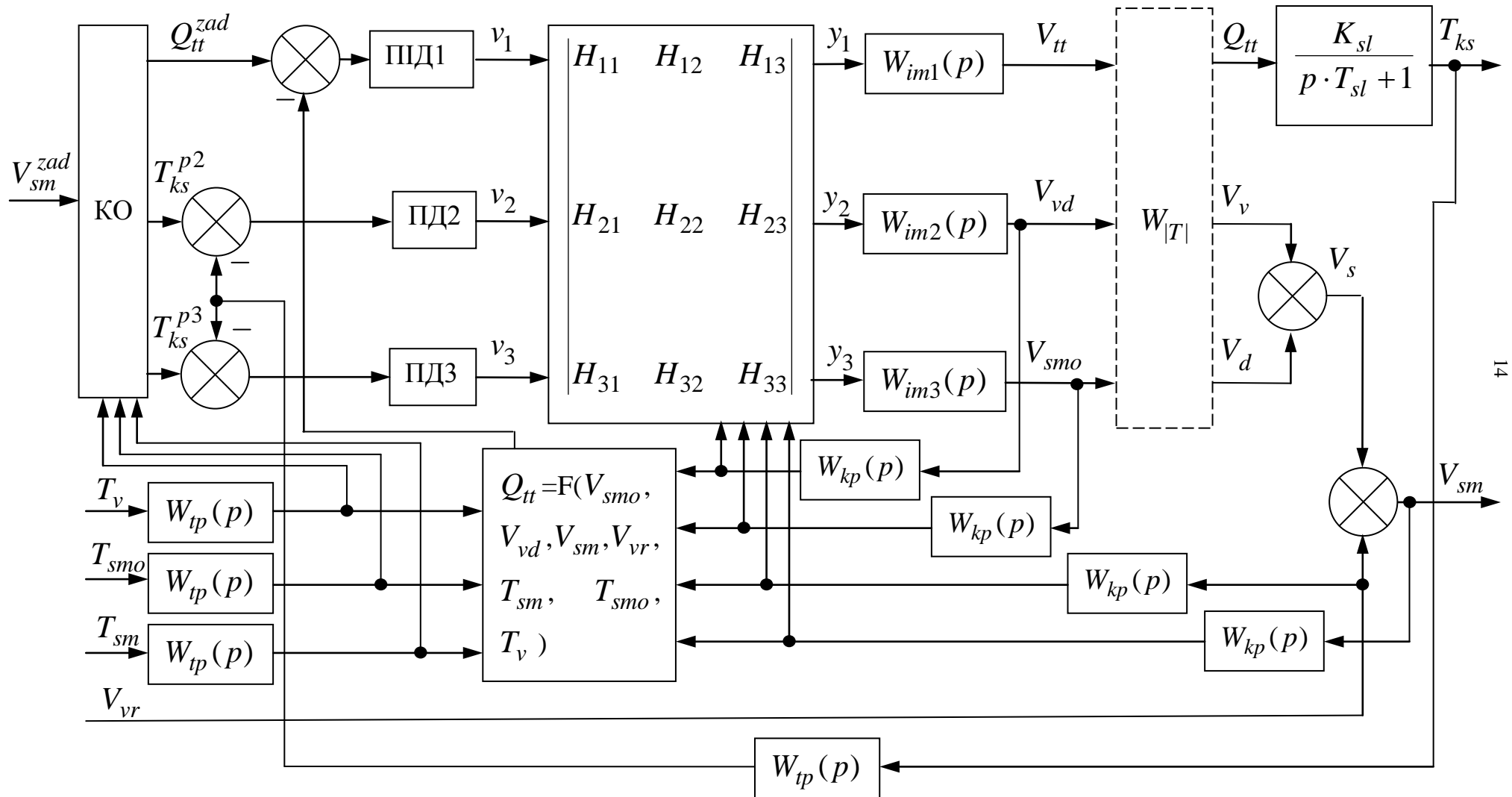


Рисунок 6 – Структурная схема автоматического управления котлоагрегатом

$$Q_{tt}^{zad} = \frac{V_{vr}^p \cdot \left(I_v(T_{sm}^{zad}) - I_{dg}(T_{sm}^{zad}) - I_v(T_{smo}) + I_{dg}(T_{smo}) \right) + V_{sm}^{zad} \cdot \left(I_{dg}(T_{sm}^{zad}) - I_{dg}(T_{smo}) \right)}{1 + \frac{\alpha}{Q_n^{\min} (V_{sm}^{zad} - V_{vr}^p)} \cdot \left(V_{vr}^p \cdot \left(I_v(T_v) \cdot (vg - vv) \right) + vg \cdot \left(I_{dg}(T_{smo}) - I_v(T_{smo}) \right) + V_{sm}^{zad} \cdot \left(vv \cdot I_v(T_v) - vg \cdot I_{dg}(T_{smo}) \right) \right)}, \quad (16)$$

а для участка АВ (CD) соответственно:

$$Q_{tt}^{zad} = \frac{V_{sm}^{zad} \cdot \left(I_v(T_{sm}^{zad}) - I_v(T_v) + \frac{I_v(T_v) - I_v(T_{smo})}{\alpha} \right) + V^{\min(\max)} \cdot \left(I_{dg}(T_{sm}^{zad}) - I_v(T_{sm}^{zad}) - I_{dg}(T_{smo}) + I_v(T_{smo}) \right)}{1 + \frac{1}{Q_n^{\min}} \cdot \left(\alpha \cdot (vg - vv) \cdot \left(I_v(T_{sm}^{zad}) - I_v(T_v) - I_{dg}(T_{sm}^{zad}) \right) + \frac{vv \cdot V_{sm}^{zad}}{V^{\min(\max)}} \cdot \left(I_v(T_v) - I_v(T_{smo}) \right) + vv \cdot \alpha \cdot \left(I_{dg}(T_{smo}) - I_v(T_{smo}) \right) \right)}. \quad (17)$$

Для выполнения ограничения (8) в качестве задающих воздействий регуляторов ПД2 и ПД3 (рис. 6) предложено использовать температуру НТКС T_{ks}^p . На участке характеристики ВС (рис 3) стабилизация T_{ks} осуществляется обоими регуляторами, а в случае перехода на участок АВ задающим воздействием для регулятора ПД2 будет текущее значение T_{ks} , что совместно с исключением из закона регулирования интегрирующей составляющей обеспечивает постоянную величину v_2 . Соответственно при нахождении рабочей точки на участке CD задающим воздействием уже для регулятора ПД3 является текущее значение T_{ks} . Выполнение условия (8) обеспечивается блокировкой цепей управления исполнительных механизмов ИМ2 и ИМ3 на увеличение (уменьшение) производительности на участках CD (AB). С учетом того, что переменная v_1 является ведущей величиной, однозначно зависящей от V_{sm}^{zad} , координация осуществляется только для управляющих воздействий y_2 и y_3 . Соответственно в координирующей матрице коэффициент $H_{11}=1$, а

величины H_{21}, H_{31}, H_{12} и H_{13} равны нулю. Коэффициенты H_{22} и H_{33} определяются условием (10):

$$H_{22} = \frac{V_{vd}^p}{V_{vd} + V_{smo}} = \frac{\frac{Q_{tt} \cdot \alpha \cdot vv}{Q_n^{\min}} - V_{smo} \cdot \frac{V_{vr}}{V_{sm}}}{V_{vd} + V_{smo}}, \quad (18)$$

$$H_{33} = \frac{V_{smo}^p}{V_{vd} + V_{smo}} = \frac{\left(\frac{Q_{tt} \cdot \alpha \cdot vv}{Q_n^{\min}} - V_{vd} \right) \cdot \frac{V_{sm}}{V_{vr}}}{V_{vd} + V_{smo}}. \quad (19)$$

Переменная структура коэффициентов H_{32} и H_{23} определяется положением рабочей точки и направлением ее перемещения. На участке ВС координация управляющих воздействий y_2 и y_3 обеспечивается коэффициентами H_{22} и H_{33} , что позволяет приравнять H_{32} и H_{23} к нулю. На участке CD (AB) ведущей величиной становится y_2 (y_3), с соответствующей корректировкой:

$$H_{32} = \begin{cases} 0 & \text{для } - \\ & \text{AB, BC} \\ -\frac{K_{ns}}{v_2} \cdot \left(V_{vd} - v_2 \cdot \frac{\frac{Q_{tt} \cdot \alpha \cdot vv}{Q_n^{\min}} - V_{smo} \cdot \frac{V_{vr}}{V_{sm}}}{V_{vd} + V_{smo}} \right) & \text{для } - CD \end{cases}, \quad (20)$$

$$H_{23} = \begin{cases} 0 & \text{для } - BC, \\ & CD \\ -\frac{K_{ns}}{v_3} \cdot \left(V_{smo} - v_3 \cdot \frac{\left(\frac{Q_{tt} \cdot \alpha \cdot vv}{Q_n^{\min}} - V_{vd} \right) \cdot \frac{V_{sm}}{V_{vr}}}{V_{vd} + V_{smo}} \right) & \text{для } - AB \end{cases}, \quad (21)$$

где K_{ns} – коэффициент, учитывающий несоответствие характеристик при одновременной работе в сети двух дутьевых машин.

При исследовании (рис 7) работы существующей и разработанной систем управления котлоагрегатом на самом неблагоприятном участке CD получены переходные характеристики (кривые 1,2,3 и 4,5 соответственно) по температуре НТКС при предельных параметрах твердого топлива. Кривая 6 характеризует

характер переходного процесса при смене сорта твердого топлива. Анализ результатов моделирования показывает значительное улучшение показателей качества переходных процессов по всем регулируемым координатам.

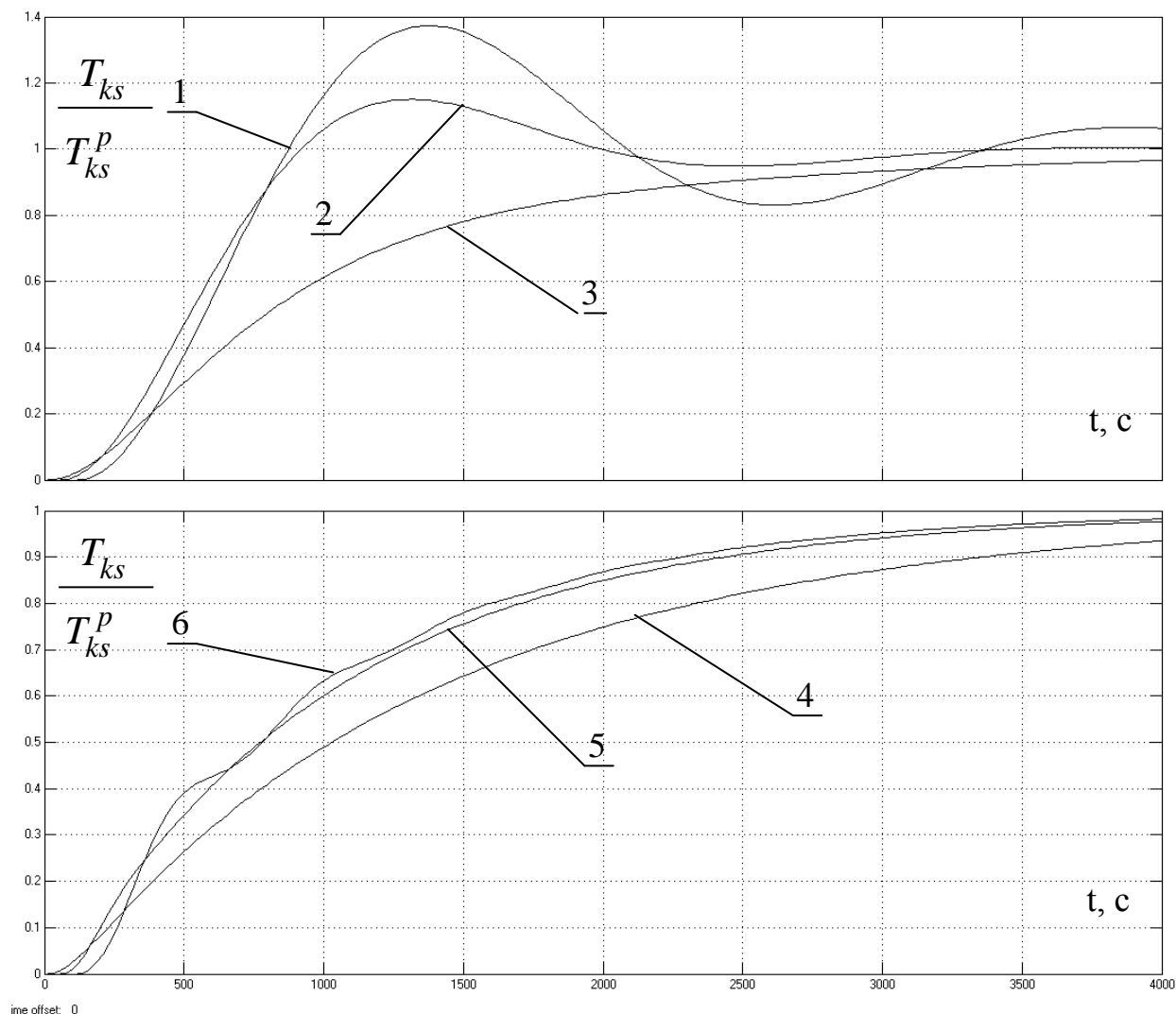


Рисунок 7 – Сравнительное моделирование работы системы управления котлоагрегатом

Применение алгоритма координирующего управления позволило исключить перерегулирование и получить по всем координатам выхода монотонные переходные процессы. При смене сорта твердого топлива исходная САУ котлоагрегата теряет устойчивость, в то время, как разработанная – сохраняет работоспособность при наличии колебательных процессов.

Исходя из анализа технологических особенностей топки НТКС обоснована целесообразность использования координирующего алгоритма управления. В результате решения задачи синтеза получен алгоритм управления с обратной связью по состоянию объекта.

Разработана структура двухуровневой системы автоматического управления, сформулирована задача управления объектом как совокупностью подсистем. Обоснован порядок расчета задающих воздействий верхнего уровня и коэффициентов координирующей матрицы.

Для оценки показателей качества в замкнутой системе управления разработаны алгоритм и программа исследований, реализованная в пакете MATLAB.

Выполнено моделирование динамических процессов в замкнутой системе управления с использованием предложенной методики синтеза и результатов исследований. Применение алгоритма координирующего управления позволяет существенно улучшить показатели качества по управляемым координатам по отношению к локальным системам управления котлоагрегатом. Реализация управления рекуперацией отработанной газовой смеси позволяет предотвращать возникновение аварийных ситуаций при изменениях параметров твердого топлива или смене его сортамента.

Четвертый раздел «Практическая реализация системы автоматического управления топкой НТКС» посвящен практической реализации системы автоматического управления топкой НТКС.

Система автоматического управления технологической установкой «котел-калорифер» должна иметь следующие функции:

- обеспечивать запуск, останов и вывод в «горячий резерв» котлоагрегата;
- выполнять измерение и поддержку в заданных пределах основных технологических параметров – T_{ks} , T_{sm} , T_{smo} , T_v , V_{sm} , V_{vd} , V_{smo} и V_{vr} ;
- реализовывать согласование входных и выходных сигналов средств измерения и контроля, системы управления и исполнительных механизмов;
- обеспечивать исключение погасания и шлакования топки.

Учитывая то, что все оборудование (исполнительные механизмы, электропривод, измерительные средства, система управления и рабочее место оператора) располагается в сравнительно компактном помещении 12x15x14 м, за исключением датчика температуры воздуха, подаваемого в ствол, целесообразно применение централизованной системы управления. Перечисленные особенности обуславливают выбор структуры системы управления технологическим объектом, приведенной на рис. 8.

Вся информация поступает в систему управления через блоки согласования выходных сигналов от технологических датчиков по току и напряжению БСТ и БСН соответственно. В блоке верхнего уровня управления БВУУ осуществляется размножение информационных сигналов, выработка управляющих воздействий и координация выходных сигналов части локальных ПИД-регуляторов (блок ПИДк). Автономные регуляторы – блок ПИД – обеспечивает управление дымососом и разбавочным вентилятором. Управление исполнительными механизмами осуществляется через блок БУИМ.

В качестве БВУУ применяется PC-контроллер visiCON I-7188 – устройство, работающее под управлением компактного процессорного модуля с низким энергопотреблением, совместимого по архитектуре с компьютером IBM PC на базе процессора 386SX-40. Это дает возможность использования существующих операционных систем для платформы IBM PC/AT (DOS, Windows, Linux, QNX). Написание, отладка и компиляция программного обеспечения для PC-контроллера visiCON производится на персональном PC/AT совместимом компьютере, с помощью языка программирования C++.

В качестве внешних устройств используются модули сбора данных семейства I-7000. Это дает возможность увеличить общее число каналов цифрового и аналогового ввода/вывода, а также добавить функциональные возможности, которые отсутствуют в стандартных моделях контроллеров.

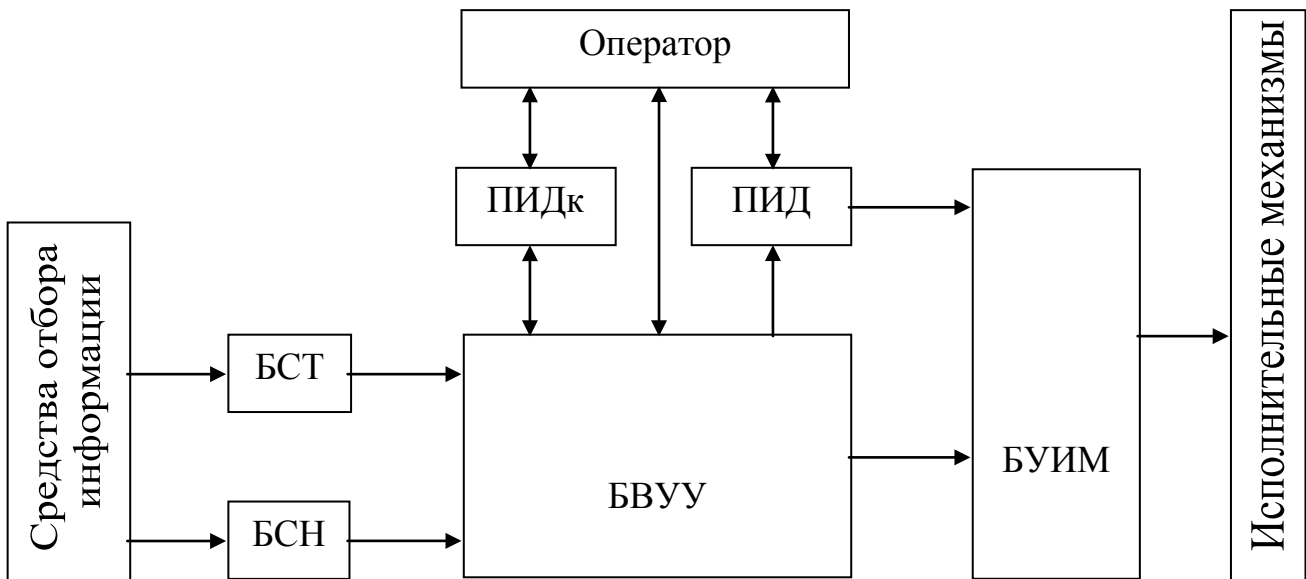


Рисунок 8 – Структура системы управления котлоагрегатом

Для согласования БВУУ с исполнительными механизмами предложен модуль TCON-DAC I-7024, предназначенный для применения в распределенных системах управления, контроля и автоматизации, для ввода/вывода дискретных сигналов и вывода аналоговых сигналов.

Для согласования БВУУ со средствами измерения предложен модуль TCON-ADC I-7017, предназначенный для применения в распределенных системах управления, контроля и автоматизации, для ввода аналоговых и ввода/вывода дискретных сигналов. Вывод данных производится через последовательный порт RS485 в полудуплексном режиме, скорость обмена устанавливается в пределах от 300 до 115200 бод, обмен данными производится в ASCII кодах.

В качестве локальных ПИД-регуляторов в замен Р-25 предложены приборы ТРМ101, предназначенные для измерения физического параметра контролируемого объекта, отображения измеренного параметра на встроенном цифровом индикаторе; а также для формирования сигналов управления встроенными выходными устройствами, которые осуществляют регулирование измеряемого параметра.

Блок управления электроприводом БУЭП-1, выполненный на основе микроконтроллеров, предназначен для регулирования степени открытия направляющих аппаратов, снабженных одно- и трехфазными исполнительными электроприводными механизмами.

Техническая реализация системы управления установкой «котел-калорифер» выполнена с учетом технологических особенностей объекта управления. Предложенная структура позволяет осуществлять индивидуальную настройку локальных регуляторов и управление по автономным контурам при

выходе из строя блока верхнего уровня управления. Выбор комплекса технических средств для реализации системы автоматического управления осуществлен с учетом обеспечения совместимости входных и выходных характеристик отдельных элементов разных фирм-производителей. Разработанное программное обеспечение позволяет реализовывать предложенный алгоритм управления.

ВЫВОДЫ. В диссертационной работе дано новое решение актуальной научной задачи, заключающееся в синтезе системы автоматического управления топкой НТКС шахтного автономного газоздушного воздухоподогревателя, позволяющей повысить эффективность технологического процесса за счет снижения непроизводительных затрат времени, удельного расхода твердого топлива, аварийности оборудования.

Основные научные выводы и результаты работы заключаются в следующем:

1. Одним из основных факторов, влияющих на эффективность работы топки НТКС, является значительное колебание характеристик твердого топлива. Установлено, что работа в данных условиях сопровождается снижением КПД топки и повышением вероятности возникновения аварийных ситуаций. Эффективным направлением для устранения этих недостатков является синтез системы автоматического управления, адаптированной для топки НТКС.

2. Анализ существующих средств автоматизации котельных установок показал, что они не позволяют решить задачу обеспечения стабильной работы топки на всем диапазоне изменения тепловой производительности. По этой причине, на практике котельная установка работает с пониженным КПД, что приводит к периодическому ее погасанию или шлакованию. Возобновление работы котлоагрегата после аварийной остановки требует навыков и профессионализма обслуживающего персонала и связано со значительными затратами рабочего времени.

3. Обоснована и разработана структура математической модели процесса получения теплоносителя в топке НТКС, отличающаяся от известных тем, что топочное пространство представлено в виде ряда взаимосвязанных ячеек с последовательным и параллельным перемещением твердых частиц. Это позволяет получать переходные характеристики топки при варьировании параметров топлива без изменения структуры модели. Адекватность математической модели доказана с применением критерия Фишера на основе использования экспериментальных данных. Разработан программный комплекс и методика моделирования, позволяющие исследовать динамические процессы в котельной установке по различным каналам управления и возмущений, а также выполнить формализацию математической модели для задач автоматического управления. Котельная установка представлена как многомерный многосвязный объект в виде передаточной матрицы, позволяющей осуществлять анализ динамических характеристик топки кипящего слоя.

4. Обоснована целесообразность использования координирующего

метода при синтезе алгоритма управления топкой НТКС с обратной связью по состоянию объекта. Разработана структура двухуровневой системы автоматического управления, сформулирована задача управления объектом как совокупностью подсистем на основе регулируемых соотношений. Впервые разработан способ реализации системы автоматического управления объектами данного класса, являющийся дальнейшим развитием методики построения координирующих систем управления. Для предотвращения аварийных ситуаций при изменениях параметров твердого топлива или смене его сортности обоснован порядок расчета задающих воздействий верхнего уровня и коэффициентов координирующей матрицы в управлении рекуперацией отработанной газовой смеси.

5. Выполненное моделирование динамических процессов в замкнутой системе управления с использованием предложенной методики синтеза показало существенное улучшение показателей качества по управляемым координатам по отношению к локальным системам управления котлоагрегатом со снижением потребления твердого топлива до 12%.

6. Обоснованы принцип функционирования и структурная схема системы автоматического управления котлоагрегатом. Техническая реализация системы управления установкой «котел-калорифер» выполнена с учетом технологических особенностей объекта управления с использованием современной аппаратной базы.

7. Выполненное технико-экономическое обоснование эффективности разработанной системы управления котлоагрегатом НТКС в условиях шахтного автономного воздухоподогревателя шахты 4-21 ГП «Шахтоуправление «Южнодонецкое» №1» подтвердило целесообразность проведенных исследований. Годовой экономический эффект составил более 80 тыс. грн. со сроком окупаемости менее 18 месяцев.

8. Результаты теоретических исследований диссертационной работы использованы при выполнении гостемы № Н-21-2000 «Исследования шахтных теплоэнергетических процессов и создание систем управления» и Н-20-05 «Разработка системы автоматического управления комплексом теплоснабжения с котлоагрегатами низкотемпературного кипящего слоя в условиях переменного расхода теплоносителя», а также использованы в учебном процессе кафедры «Горная электротехника и автоматика им Р. М. Лейбова» в курсах «Технологические измерения и приборы в горной промышленности», «Технические средства автоматизации» и «Автоматизация производственных процессов».

9. Результаты научных и практических исследований диссертационной работы использовано при проведении монтажно-наладочных и модернизационных Донецким спецналадочным управлением «Теплоэнергоавтоматика» и Государственной акционерной компанией «Донецкгазавтоматика», а также приняты для использования Государственным предприятием «ИНСТИТУТ «УКРНИИПРОЕКТ»» при исполнении НИОКР проектов строительства новых и модернизации действующих шахт.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих изданиях:

1. Гавриленко Б. В. Повышение эффективности работы шахтных котельных установок с топками кипящего слоя / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Известия горного института. - 2000. - № 2. – С. 104-107.

2. Гавриленко Б. В. Получение параметров кипящего слоя при регулировании тепловой производительности топки / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Гірничо-електромеханічна". Випуск 27. - Донецьк: ДонГТУ, 2001. – С. 106 – 108.

3. Гавриленко Б. В. Математическая модель топки кипящего слоя шахтного автономного воздухоподогревателя в нестационарных условиях / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Проблеми експлуатації обладнання шахтних установок: Збірник наукових праць. – Донецьк: ВАТ «НДІГМ імені М.М. Федорова», 2005. – С. 297 – 304.

4. Гавриленко Б. В. Совершенствование системы автоматизированного управления топкой низкотемпературного кипящего слоя / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Гірничо-електромеханічна". Випуск 104. - Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С. 36 – 41.

5. Гавриленко Б. В. Синтез системы управления тепловой производительностью котлоагрегата низкотемпературного кипящего слоя / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Гірничо-електромеханічна". Випуск №14(127). - Донецьк: ДонНТУ, 2007. – С. 52 – 60.

6. Неежмаков С. В. Исследование математической модели топки кипящего слоя шахтного автономного воздухоподогревателя / С. В. Неежмаков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Вип. 8. Т. 10. - Мелітополь: ТДАТУ, 2008. - С. 173 – 180.

7. Гавриленко Б. В. Управление производительностью топки кипящего слоя в условиях рекуперации теплоносителя / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць. II Міжнародна науково-технічна конференція аспірантів і студентів в м. Донецьку 25-16 квітня 2002 р. – С. 39 – 41.

8. Гавриленко Б. В. Регулирование тепловой производительности котлоагрегата с топкой кипящего слоя в условиях рециркуляции дымовых газов / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Матеріали Міжнародної конференції з управління «Автоматика 2002», 16-20 вересня 2002 р., м. Донецьк, Україна: в 2-х т. – Донецьк, 2002. – том 1. – С. 190.

9. Гавриленко Б. В. Критерии управления тепловой производительностью котлоагрегата с топкой кипящего слоя при рециркуляции дымовых газов / Б. В. Гавриленко, С. В. Неежмаков // Международная молодежная научная конференция «Севергеоэкотех-2004». Ч. 2.: Материалы конференции. 17-19 марта 2004. – Ухта: УГТУ, 2005.– С. 83 – 85.

10. Неежмаков С. В. Динамические характеристики средств контроля температуры кипящего слоя / С. В. Неежмаков, Б. В. Гавриленко // Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць. IV Міжнародна науково-технічна конференція аспірантів і студентів в м. Донецьку 11-14 травня 2004 р. – С. 402 – 405.

11. Неежмаков С. В. Моделирование процесса сжигания твердого топлива в кипящем слое в нестационарных условиях / С. В. Неежмаков, Б. В. Гавриленко // Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць. V Міжнародна науково-технічна конференція аспірантів і студентів в м. Донецьку 16-19 травня 2005 р. – С. 29 – 32.

АННОТАЦИЯ

Неежмаков Сергей Владимирович. Система автоматического управления котлоагрегатом низкотемпературного кипящего слоя шахтного автономного воздухоподогревателя. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - «Автоматизация процессов управления». - ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, 2009.

1 В диссертационной работе предложено новое решение актуальной научной задачи по созданию системы автоматического управления тепловой производительностью котлоагрегата НТКС шахтного автономного воздухоподогревателя. Обоснована и разработана структура математической модели процесса получения теплоносителя в топке НТКС, отличающаяся от известных тем, что топочное пространство представлено в виде ряда взаимосвязанных ячеек с последовательным и параллельным перемещением частиц, что позволяет получать переходные характеристики топки при варьировании параметров топлива без изменения структуры модели. Котельная установка представлена как многомерный многосвязный объект в виде передаточной матрицы, позволяющей осуществлять анализ динамических характеристик топки кипящего слоя.

2 Использован координирующий метод при синтезе алгоритма управления топкой НТКС с обратной связью по состоянию объекта. Разработана структура двухуровневой системы автоматического управления, сформулирована задача управления объектом как совокупностью подсистем на основе регулируемых соотношений. Обоснован порядок расчета задающих воздействий верхнего уровня и коэффициентов координирующей матрицы при управлении рекуперацией отработанной смеси для предотвращения возникновения аварийных ситуаций при изменениях параметров твердого топлива или смене его сортности. Обоснованы принцип функционирования и структурная схема системы автоматического управления котлоагрегатом.

АНОТАЦІЯ

Неежмаков Сергій Володимирович. Система автоматичного управління котлоагрегатом низькотемпературного киплячого шару шахтного автономного повітряпідігрівача. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 - «Автоматизація процесів керування». – ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, 2009.

У дисертаційній роботі запропоновано нове вирішення актуального наукового завдання зі створення системи автоматичного управління тепловою продуктивністю котлоагрегату НТКШ шахтного автономного повітряпідігрівача. Обґрунтовано й розроблено структуру математичної моделі процесу одержання теплоносія в топленні НТКШ, що відрізняється від відомих тим, що топковий простір представлений у вигляді ряду взаємозалежних комірок з послідовним і паралельним переміщенням часток, що дозволяє одержувати перехідні характеристики топлення при варіюванні параметрів палива без зміни структури моделі. Котельна установка представлена як багатомірний багатозв'язковий об'єкт у вигляді передатної матриці, що дозволяє здійснювати аналіз динамічних характеристик топлення киплячого шару.

Використано координуючий метод при синтезі алгоритму управління топленням НТКШ зі зворотним зв'язком по стані об'єкта. Розроблено структуру дворівневої системи автоматичного управління, сформульовано завдання управління об'єктом як сукупністю підсистем на основі регульованих співвідношень. Обґрунтовано порядок розрахунку задаючих впливів, верхнього рівня й коефіцієнтів координуючої матриці при управлінні рекуперацією відпрацьованої суміші для запобігання виникнення аварійних ситуацій при змінах параметрів твердого палива або зміні його сортності. Обґрунтовано принцип функціонування й структурна схема системи автоматичного управління котлоагрегатом.

ABSTRACT

Neezhmakov Sergey Vladimirovich. The automatic control system of the boiler of low-temperature fluid bed of the mine self-contained preheater of air. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of Candidate of Technical Sciences on a speciality 05.13.07 «Automation of control processes». - State high education institution «Donetsk National Technical University», Donetsk, 2009.

In dissertational work the new solution of an actual scientific problem on making an automatic control system by thermal efficiency of boiler with LTFB of the mine self-contained preheater of air is offered. The structure of a mathematical model of process of deriving of the heat-transfer medium in furnace with LTFB is justified and designed. It is distinguished from known ones, that the furnace space represented as lines of interlinked meshes with serial and parallel conveyance of particles that allows to receive transient characteristics of a furnace at variation of parameters of fuel without structural change of a model. Boiler plant represented as multivariate multilinked object as the transmitting matrix, permitting to realize the analysis of dynamic characteristics of a furnace of fluid bed.

At synthesis of the control algorithm by furnace with LTFB with a feed-back on state of object the coordinating method is used. The structure of a two-level automatic control system designed, the problem of control by object as an aggregate of subsystems on the basis of adjustable correlations is formulated. The procedure of calculation of assigning top level actions and coefficients of an coordinating matrix at control of recuperation of a waste mixture for prevention of appearance of crashes at modifications of parameters of solid fuel or change of its dirt, is justified. The principle of functioning and the structure chart of an automatic control system of the boiler are grounded.