

На правах рукописи

Япрынцева Илона Алексеевна

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ПОТРЕБЛЕНИЕМ ТОПЛИВНЫХ ГАЗОВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ
ПРЕДПРИЯТИИ**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск

2007

Работа выполнена в Южно-Уральском государственном университете.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Казаринов Лев Сергеевич.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор	Волович Георгий Иосифович;
доктор технических наук, профессор	Голяк Сергей Алексеевич.

Ведущее предприятие – ОАО «Уралэнергочермет», г. Екатеринбург.

Защита состоится 28 февраля 2007г. на заседании диссертационного совета Д 212.298.03 при Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ауд.1001/главный корпус.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Автореферат разослан 24 января 2007г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.М. Коровин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Потребление топливных газов на металлургических предприятиях составляет существенную долю себестоимости производимой продукции, поэтому на предприятиях большое внимание уделяется снижению объема потребления топливных газов. Среди топливных газов особо следует выделить природный газ, так как он представляет собой покупной строго лимитированный ресурс. Вследствие этого для металлургического производства наряду с задачей снижения объемов потребления природного газа, является актуальной задача мониторинга и прогнозирования объемов потребляемого газа. Ошибки в прогнозе потребления природного газа приводят к недостоверным заявкам предприятия на объемы поставок газа и, как следствие, к большим штрафам за невыполнение лимитов, определенных в договорах на поставку. Повысить достоверность оценок, как текущего потребления природного газа, так и его прогноза можно на основе автоматизированных систем мониторинга и прогнозирования потребления газа.

В силу коммерческой важности рассматриваемой задачи в настоящее время на металлургических предприятиях разрабатываются специализированные АСУ, осуществляющие мониторинг и управление потреблением топливных газов (АСУ ГАЗ). При этом задача мониторинга в настоящее время достаточно разработана и по данному вопросу имеются многочисленные публикации. Однако задача прогнозирования и управления потреблением топливных газов особенно в системном плане в масштабе металлургического производства еще решена недостаточно.

Базовыми работами по энергосбережению и прогнозированию, содержащими глубокие исследования по данному вопросу, являются работы член-корреспондента АЭН РФ, д.т.н. Никифорова Г.В., к.т.н., проф. Олейникова В.К., проф. Заславца Б.И. Работы указанных авторов в сфере энергосбережения и управления энергопотреблением в металлургическом

производстве удостоены в 2003 году премии Правительства РФ в области науки и технике.

Научный подход большинства работ основан на статистическом анализе данных с использованием тех или иных модификаций метода наименьших квадратов при построении прогностических моделей. Однако задача прогнозирования потребления газа имеет ярко выраженный системный технико-экономический характер. Эффективное решение задачи возможно лишь при системном рассмотрении металлургического производства как единого технологического целого. При этом конечной целью является минимизация потребления объемов топливных газов, а также штрафов предприятия за нарушения лимитов потребления природного газа. Решение задач прогнозирования и управления потреблением топливных газов в подобной постановке в литературе не рассматривалось, что и определяет актуальность проводимого исследования.

Целью диссертационной работы является разработка и практическое внедрение методов, алгоритмов и моделей прогнозирования, позволяющих в рамках автоматизированной системы управления потреблением топливных газов на металлургическом предприятии минимизировать лимиты объемов потребления газов.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Проведение анализа существенных факторов металлургического производства, определяющих объемы потребления топливных газов.
2. Разработка информационной структуры АСУ ГАЗ, позволяющей осуществлять автоматизированный мониторинг и прогноз потребления топливных газов на металлургическом предприятии.
3. Создание системы типовых моделей прогнозирования потребления топливных газов, охватывающие основные цеха и участки металлургического производства.
4. Разработка алгоритма оптимального прогнозирования потребления топливных газов по технико-экономическим критериям.

5. Разработка программного обеспечения оптимального прогнозирования потребления топливных газов в рамках АСУ ГАЗ.

6. Внедрение разработанных методов прогнозирования потребления газа в практику управления технологическими процессами металлургического производства в рамках АСУ ГАЗ ОАО «ММК».

Объектом исследования являются технологические процессы металлургического производства, рассматриваемые с точки зрения потребления топливных газов на металлургическом предприятия.

Предметом исследования являются методы, алгоритмы и модели прогнозирования потребления топливных газов в рамках автоматизированных систем управления потреблением топливных газов на металлургическом предприятии.

Методика исследования

В основу методики исследования положены труды российских и зарубежных ученых по прогнозированию энергетических ресурсов, методы математической статистики, математического программирования, теоретические и методологические основы построения АСУ ТП.

Научная новизна:

1. Произведен анализ существенных факторов комплекса технологических процессов, составляющих металлургическое производство, определяющих объемы потребления топливных газов. На основе проведенного анализа предложена система прогнозирующих моделей металлургического производства, а также информационная структура АСУ ГАЗ, позволяющая осуществлять мониторинг и прогнозирование потребления топливных газов на металлургическом предприятии.

2. Разработаны модели оптимального прогнозирования потребления топливных газов по технико-экономическому критерию. Базовым технико-экономическим критерием принята величина экономических потерь, включающая величину штрафа, налагаемого на предприятие за недостоверное определение лимитов потребления природного газа в прогнозируемый период.

3. На основе метода группового учета аргументов предложена процедура построения моделей прогнозирования потребления многокомпонентных газовых смесей, позволяющая существенно повысить точность прогноза для сложных технологических процессов.

Практическая ценность:

1. Полученные научные результаты служат основой для разработки автоматизированных систем управления потреблением топливных газов на металлургическом предприятии.

2. Создано программное обеспечение для решения задачи построения оптимальной модели прогнозирования потребления топливных газов в технологических процессах по данным эксплуатации. Программное обеспечение ориентировано на использование в составе АРМ технолога в АСУ ГАЗ.

Реализация работы

Разработанное методическое и программное обеспечение мониторинга и прогнозирования потребления топливных газов внедрено в подсистему АСУ ГАЗ в составе АСУ «ЭНЕРГО» ОАО «ММК» и используется для составления прогнозов потребления природного газа цехами и подразделениями ОАО «ММК» с целью минимизации штрафов.

Экономический эффект от внедрения диссертационной работы на ОАО «ММК» составляет более 60 млн. руб. в год. Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено соответствующим актом.

Апробация работы

Основные результаты исследования, изложенные в диссертации, докладывались на 1-й Международной научно-технической конференции молодых специалистов предприятий и учебных заведений металлургической промышленности, г. Магнитогорск, 28 марта 2001год; на 5-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России», г. Магнитогорск, 20-21 мая 2004г.; на Всероссийской научно-технической конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых по проблемам промышленной теплоэнергетики, г. Челябинск, 4 мая 2006год; на 7-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России», г. Магнитогорск, 24-26 мая 2006года.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 3 работы в ведущих рецензируемых научных журналах ВАК.

Положения выносимые на защиту:

1. Система моделей прогнозирования потребления топливных газов в технологических процессах, составляющих металлургическое производство.
2. Метод и алгоритм оптимального построения прогнозирующих моделей по технико-экономическому критерию.
3. Процедура построения моделей потребления многокомпонентных газовых смесей для сложных технологических процессов.
4. Информационная структура АСУ ГАЗ, осуществляющая мониторинг и прогнозирование потребление топливных газов на металлургическом предприятии.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В работе на материалах ОАО «ММК» проводится анализ задач, возникающих в связи с необходимостью потребления топливных газов в технологических процессах и задач минимизации объемов потребления покупного природного газа на основе прогнозирования на регулируемый период.

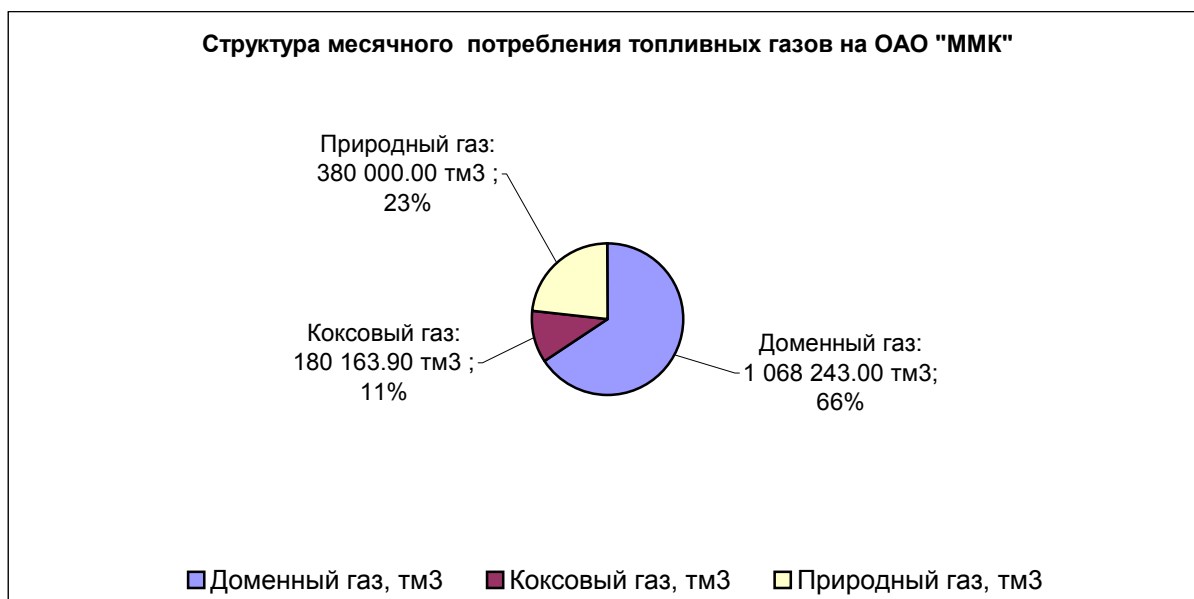


Рис. 1. Структура потребления топливных газов на ОАО «ММК»

Общая структура АСУ ГАЗ, являющаяся подсистемой АСУ «ЭНЕРГО» ОАО «ММК» приведена на рисунке 2.

Автоматизированная система учета ТЭР на ОАО «ММК» разработана для 146 узлов учета топливных газов: природный газ – 71 узел учета; коксовый газ – 45 узлов учета; доменный газ – 30 узлов учета. На ОАО «ММК» идет процесс оборудования первичных средств измерения корректорами СПГ-762, которые обеспечивают формирование в цифровом виде значений телеизмерений и предоставляют специальный протокол доступа к этим данным. Сервера узлов сбора данных обеспечивают сбор измеренных и сформированных данных со счетчиков, предварительную их обработку, приведение к нормальному виду и передачу далее.

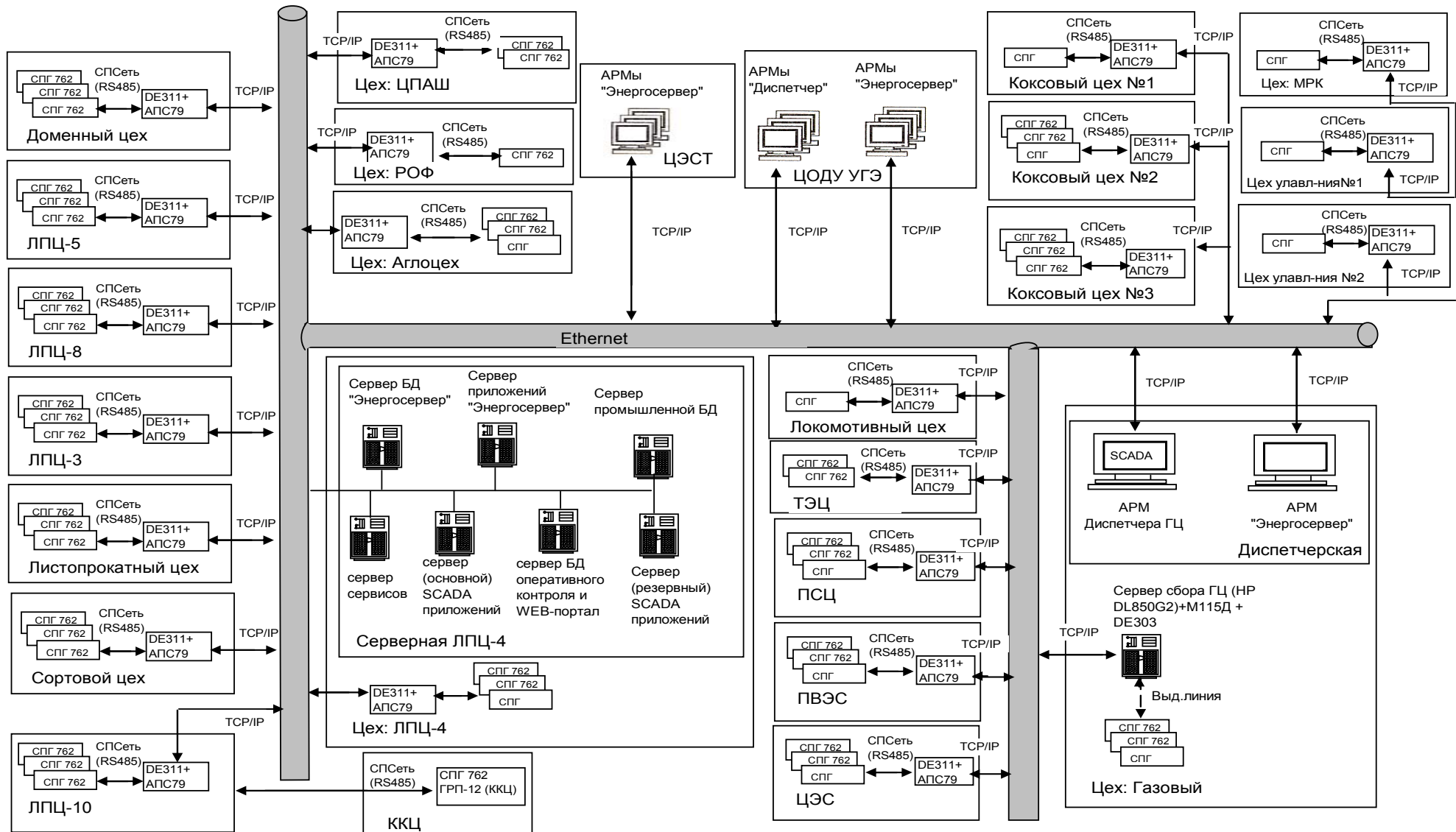


Рис. 2. Автоматизированная система учета, контроля, управления потреблением топливных газов на ОАО «ММК»

Автоматизированная система учета на ОАО «ММК» имеет четко выраженную многоуровневую организацию. Система состоит из трех уровней. Схема функциональной структуры АСУ «ГАЗ» на ОАО «ММК» приведена на рисунке 3.

Уровень I (нижний)

Данный уровень представлен подсистемой «ПТК сбора данных нижнего уровня» и обеспечивает измерение требуемых технологических параметров, формирование на основе измерений первичных данных в цифровом виде и предоставление сформированной информации на следующий уровень. Подсистема включает в себя следующие компоненты:

- датчики и преобразователи;
- корректоры-вычислители;
- технологическая сеть сбора данных.

Уровень II - уровень сбора, предварительной обработки данных и распределения данных телеметрии

Назначение уровня – сбор информации с нижнего уровня, распределение собранной информации по различным потребителям, обеспечение записи собранной информации в базу данных, предоставление собранной информации персоналу в оперативном режиме.

Уровень III - уровень использования данных и взаимодействия с системами управления производственными ресурсами

Назначение уровня – обработка и хранение информации, поступающей из различных источников. Позволяет делать различную обработку поступающей с нижнего уровня информации и ее представление.

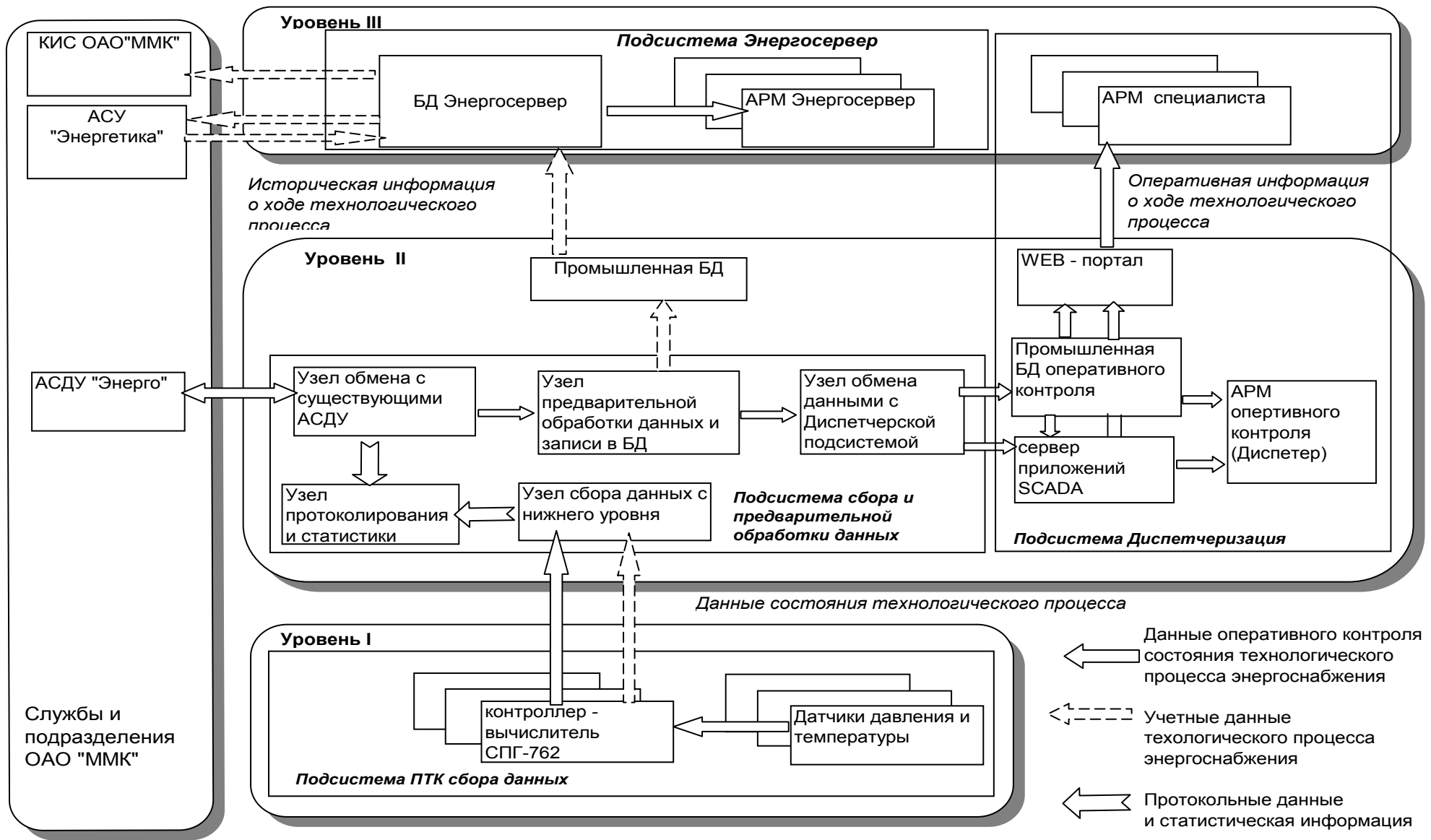


Рис. 3. Схема функциональной структуры «АСУ ГАЗ» на ОАО «ММК»

Структура энергетических потоков металлургического предприятия представлена на рис.4.

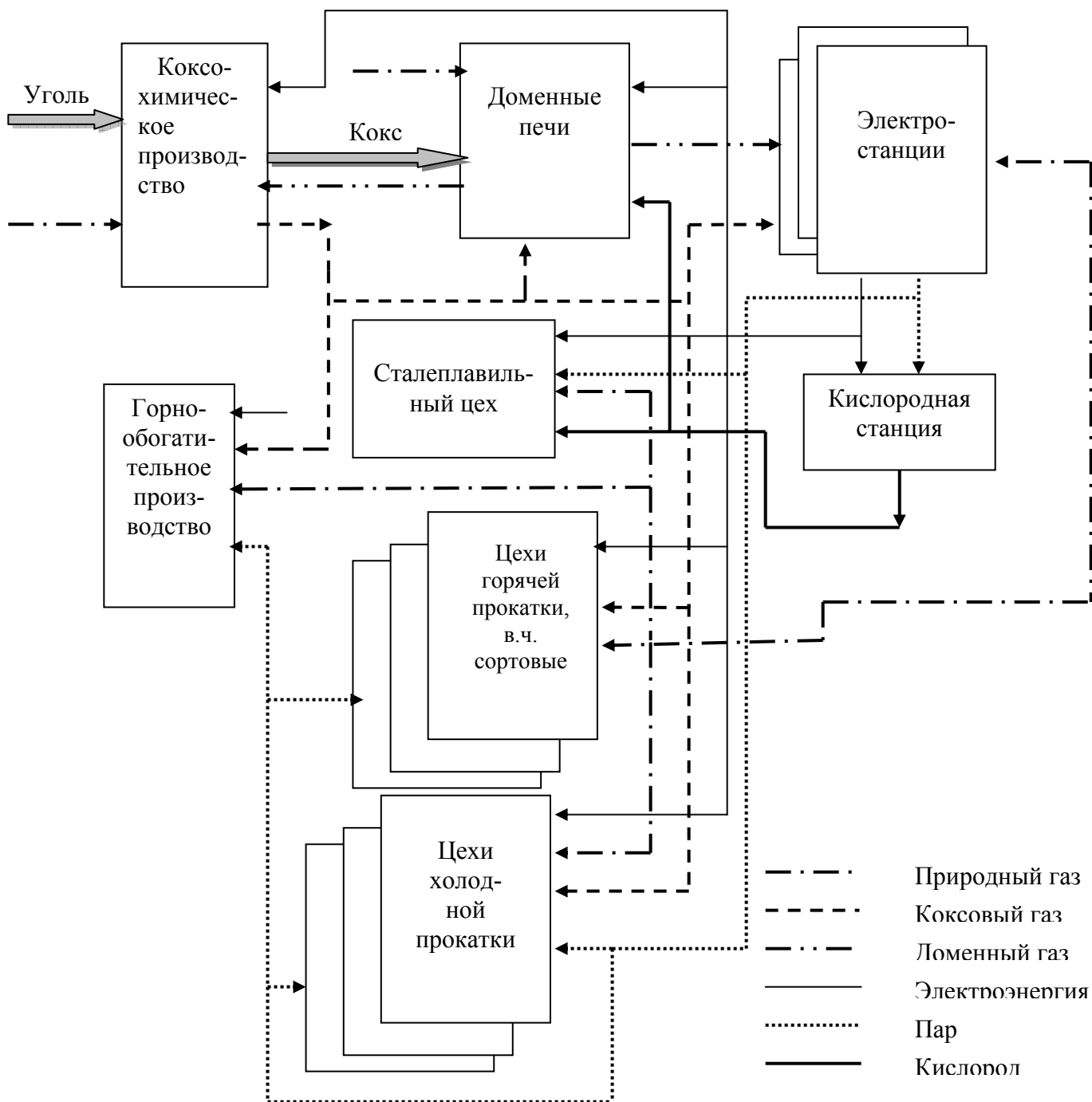


Рис. 4. Структура энергетических потоков металлургического предприятия

Со стороны закупается природный газ, а также коксующийся и энергетический уголь. Вырабатывается – доменный и коксовый газы. Крупнейшими потребителями топливных газов на ОАО «ММК» являются доменный цех и электрические станции комбината – ТЭЦ, ЦЭС, ПВЭС. На

долю электростанций комбината приходится природного газа – 47,5%, коксового газа – 27,53%, доменного газа – 47,17%. Доменный цех потребляет природного газа – 26%, коксового – 5%, доменного газа – 34%.

На основе методов факторного и регрессионного анализа в работе был проведен анализ взаимосвязей потребления топливных газов и технологических показателей для основных цехов ОАО «ММК». Формированию структуры регрессионной модели предшествовали следующие стадии анализа:

1. Предварительный анализ факторов, характеризующих работу цеха, с изучением парных корреляций между потреблением топлива и технологическими параметрами.

2. Оценка значимости влияния выделенных факторов с помощью частного коэффициента корреляции в уравнениях регрессии, полученных в результате пошаговой и множественной регрессии.

В таблице 1 приведены полученные статистические модели потребления топливных газов обследованных цехов ОАО «ММК». Доля потребления топливных газов цехами и подразделениями комбината, рассчитанная по модели потребления топлива, составила (100% по доменному газу, 95% по коксовому газу и 95 % по природному газу). При этом доля природного газа в совокупности потребления Доменным цехом, ТЭЦ, ЦЭС и ПВЭС составляет в среднем 75% от всего потребления природного газа цехами и подразделениями ОАО «ММК».

Все представленные модели адекватно отражают реальный процесс потребления топливных газов на ОАО «ММК», расчетные значения F-критерия значительно превышают табличные, найденные для уровня значимости $\alpha = 0,05$.

Таблица 1

Модели потребления топливных газов на ОАО «ММК»

№	Цех	Модель потребления топлива	Расшифровка факторов	R
1	Доменный цех	$V_{\text{топл}} = 0,5306 \cdot \text{Чугун} + 4571 \cdot \text{M10} + 91810 \cdot \text{Сера} + 6786 \cdot \text{Летучие} - 65250$	Чугун – производства чугуна доменным цехом, тонн; M10 – кокс фракции 10 мм (качество кокса), %; Сера – содержание серы в коксе, % ; Летучие – содержание летучих в коксе, %; $V_{\text{топл}}$ - объем потребления топлива (кокса и природного газа), т.у.т;	0,9908
		$\text{ПГ д} = 0,2559 \cdot \text{M25} - 0,4897 \cdot \text{Зола} - 0,00002644 - \text{Выход КГ} + 10,6$	M25 – доля производства кокса фракции 25мм, характеризует качество кокса, %; Зола – содержание золы в коксе, характеризует качество кокса, %;	0,9338
		$V_{\text{дг+кг}} = 0,1139 \cdot \text{Выход ДГ} + 7654 \cdot \text{Летучие} - 0,2103 \cdot \text{Кокс} + 2350 \cdot \text{Зола} - 368,1 \cdot \text{M25} + 15070 \cdot \text{Сера} - 2778$	Выход КГ – выход коксового газа при производстве кокса, тм3; ПГ д – доля потребления природного газа доменным цехом, %; Выход ДГ – выход доменного газа при производстве чугуна доменным цехом, тм3;	0,9601
		$V_{\text{дг}} = 0,6228 \cdot V_{\text{дг+кг}} + 0,02507 \cdot \text{ВыхДГ} - 397,8 \cdot \text{M25} - 1736 \cdot \text{Зола} - 0,04262 \cdot \text{ВыхКГ} + 51570$	Летучие – содержание летучих веществ в коксе, характеризуют его качество, %; Кокс – потребление цехом сухого скипового кокса, т; $V_{\text{дг+кг}}$ – потребление топлива (коксового и доменного газа) на воздухонагреватели доменного цеха, т.у.т;	0,9906
2	ЛПЦ-4	$V_{\text{топл}} = 0,059924 \cdot \text{Производство} + 11 \cdot \text{ППР} - 25,4 \cdot \text{Простои} + 13880$	Производство – объем прокатанного металла, тонн; ППР – планово-предупредительные ремонты стана, час; Простои – текущие простои стана, час; $V_{\text{топл}}$ – объем потребления топлива (природного и коксового газов) цехом, тут;	0,9629

		$V_{\text{ПГД}} = -0,002365 \cdot T + 0,00002126 \cdot T_{\text{топл}} - 0,0007722 \cdot \text{ППР} - 0,000001267 \cdot \text{Производство} + 1,139$ $V_{\text{ПГ}} = V_{\text{ПГД}} \cdot V_{\text{топл}}$ $V_{\text{кг}} = V_{\text{топл}} - V_{\text{ПГ}}$	<p>T – температура наружного атмосферного воздуха, Кельвин;</p> <p>Топл – объем потребления топлива (природного и коксового газов) цехом, т;</p> <p>ППР – планово-предупредительные ремонты, час;</p> <p>Производство – объем прокатанного металла, тонн;</p> <p>ПГД – доля потребления природного газа цехом, %;</p>	0,92
3	КХП	$V_{\text{топл}} = +0,09621 \cdot \text{Кокс} - 733,4 \cdot \text{оборот} - 20270 \cdot \text{Сера} + 1279 \cdot \text{Влага} + 30420$ $V_{\text{кг}} = 8977 + 0,07476 \cdot \text{Кокс/кг} + 0,3084 \cdot \text{Топл} + 1707 \cdot \text{Летучие} - 8149 \cdot \text{Сера} + 55,9 \cdot \text{M25}$ $V_{\text{дг}} = V_{\text{топл}} - V_{\text{кг}}$	<p>Кокс – производство металлургического кокса сухого, т;</p> <p>Оборот – обороты коксовых батарей средние, об/час;</p> <p>Сера – содержание серы в коксе, характеризующая его качество, %;</p> <p>Влага – содержание влаги в коксе, характеризует качество кокса, %;</p> <p>$V_{\text{топл}}$ – объем потребления топлива (коковского и доменного газа) на обогрев коксовых батарей, т.у.т;</p> <p>Кокс/кг – выработка валового кокса 6% влажности на доле потребления коксового газа, т;</p> <p>Топливо – потребление всего топлива (коковского и доменного газа), т.у.т;</p> <p>Летучие – содержание летучих веществ в коксе, характеризуют его качество, %;</p> <p>M25 – доля производства кокса фракции 25 мм, характеризует качество кокса, %;</p> <p>$V_{\text{кг}}$ – объем потребления коксового газа, т.у.т;</p>	0,9642 0,9943
4	ЛПЦ-10	$V_{\text{ПГ}} = 0,05708 \cdot \text{Производство} - 50,92 \cdot \text{Доля ГП} + 7,549 \cdot \text{ППР} + 2492$	<p>Производство – объем производства, тонн;</p> <p>ППР – плановые простои стана, час;</p> <p>Доля – доля горячего посада, %;</p> <p>$V_{\text{ПГ}}$ – потребление природного газа цехом, т.у.т;</p>	0,9781

Полученные модели потребления топливных газов были оптимизированы на основе использования технико-экономического критерия, отражающего экономические потери предприятия за счет неточности прогноза потребления топливных газов.

Методика построения оптимальной модели прогнозирования

Общий вид прогнозной модели:

$$y = f[\mathbf{a}](\mathbf{x}), \quad (1)$$

где y – объем потребления газа,

\mathbf{x} – вектор технологических факторов,

\mathbf{a} – вектор структурных параметров прогнозирующих моделей

Ошибка прогнозирования:

$$e_u = y_u - f[\mathbf{a}](\mathbf{x}), \quad u \in U, \quad (2)$$

где u – индекс статистического наблюдения, принимающий значение из индексного множества U .

На рис. 5 представлена зависимость штрафа налагаемого на предприятие в зависимости от цены ошибки прогнозирования потребления газа.

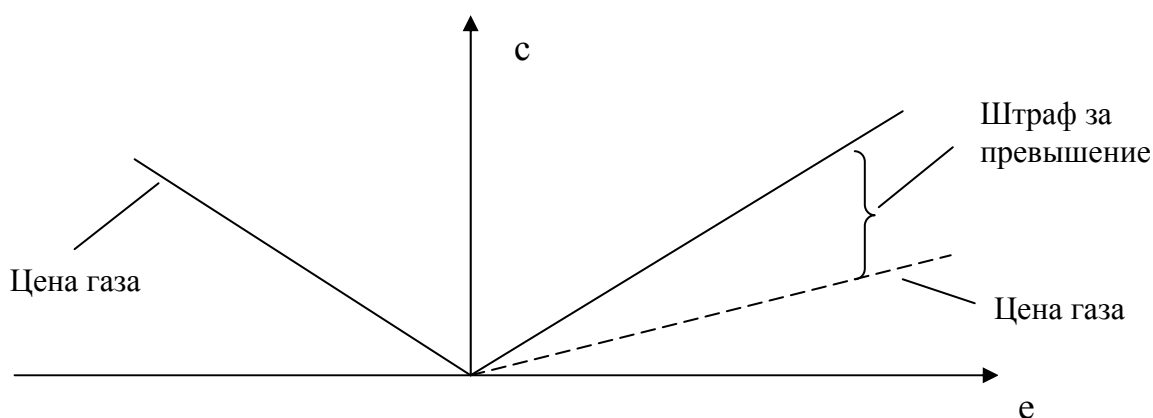


Рис. 5. Цена ошибки

Суммарный штраф за неточный прогноз

$$C = \sum_u S_{\Gamma}^2 |e_u^-|^2 + \sum_u S_{\Pi}^2 |e_u^+|^2 ; \quad (3)$$

где e_u^- , e_u^+ – отрицательные и положительные значения ошибки соответственно,

$$e_u = y_u - \sum_{j=0}^n a_j x_{ju} . \quad (4)$$

Условие минимума суммарного штрафа

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial a_i} = & -2S_{\Gamma}^2 \sum_u 1(|e_u^-|) \left(y_u - \sum_{j=0}^n a_j x_{ju} \right) x_{iu} - \\ & -2S_{\Pi}^2 \sum_u 1(|e_u^+|) \left(y_u - \sum_{j=0}^n a_j x_{ju} \right) x_{iu} = 0, \end{aligned} \quad (5)$$

где $1(|e_u^-|)$, $1(|e_u^+|)$ – единичная функция.

Решение линейного алгебраического уравнения

$$\begin{aligned} \sum_{j=0}^n g_{ij} a_j = d_i ; \quad i=0 \dots n; \quad (6) \\ g_{ij} = S_{\Gamma}^2 \sum_u 1(|e_u^-|) x_{iu} x_{ju} + S_{\Pi}^2 \sum_u 1(|e_u^+|) x_{iu} x_{ju} ; \\ d_i = S_{\Gamma}^2 \sum_u 1(|e_u^-|) y_u y_{iu} + S_{\Pi}^2 \sum_u 1(|e_u^+|) y_u x_{iu} . \end{aligned}$$

Окончательное решение нелинейной задачи осуществляется итерационно на основе последовательных решений системы линейных алгебраических уравнений (6), определяющих минимизацию целевой функции (5) методом наискорейшего спуска.

Процедура построения моделей прогнозирования потребления многокомпонентных газовых смесей на основе метода группового учета аргументов

Применение классического метода регрессионного анализа для построения моделей потребления многокомпонентных газовых смесей для сложных технологических процессов в общем случае встречает большие затруднения, так как для сложных систем задача построения точной модели становится некорректной по своей постановке вследствие практической невозможности учета взаимного влияния множества факторов. Для преодоления указанной сложности в работе предложено использовать модификацию метода группового учета аргументов, применительно к задаче, решаемой в работе. Процедура использования метода группового учета аргументов здесь состоит из следующих этапов:

- построение агрегированной модели с представлением объемов многокомпонентных газовых смесей в тоннах условного топлива;
- построение частных моделей по отдельным компонентам с представлением объемов газовых компонент в натуральных показателях;
- построение комплексной модели, включающей как агрегированные объемы газовых смесей, так и частные факторы по отдельным газовым компонентам.

С использованием указанных выше подходов была разработана уточненная система моделей прогнозирования потребления топливных газов в технологических процессах металлургического производства ОАО «ММК». Примеры построенных моделей приведены ниже.

Применение предложенной системы моделей прогнозирования потребления топливных газов для металлургического производства ОАО «ММК» позволило получить предприятию годовой экономический эффект более 60 млн. рублей.

Пример уточненных моделей для ПВЭС

$V_{\text{топл}} = 0,1534 \cdot \text{Выработка пара} + 1,32 \cdot \text{Часы работы котлов среднего давления} - 7029$	<p>Выработка пара – выработка пара на паровоздуходувной электростанции, Гкал;</p> <p>Часы работы котлов среднего давления – часы фактической работы котлов среднего давления за месяц, час;</p>	0,9857
$V_{\text{дг}} = 36,78 \cdot \text{Кв.д.} + 971,9 \cdot \text{Т} - 13,83 \cdot \text{Кср.д.} + 0,1732 \cdot \text{Выход ДГ} - 183800$	<p>$V_{\text{топл}}$ – потребление топлива ПВЭС (природного, коксового и доменного газов), т.у.т;</p> <p>Кв.д. – часы фактической работы котлов высокого давления, час;</p>	0,99
$V_{\text{кг зима}} = 1,634 \cdot V_{\text{топл}} + 0,1782 \cdot \text{Выход КГ} - 0,06511 \cdot \text{Вых ДГ} + 0,0289 \cdot \text{Wэ.э} - 0,3698 \cdot \text{Пар} + 0,07717 \cdot \text{Дутье} - 0,1626 \cdot \text{Кс.д.} + 2,477 \cdot \text{Кв.д.} + 0,07103 \cdot \text{ДГ} + 51720$	<p>Т – температура наружного атмосферного воздуха, Кельвин;</p> <p>Кср.д. – часы фактической работы котлов среднего давления, час;</p> <p>Выход ДГ – выход доменного газа при производстве чугуна доменным цехом, тм3;</p>	0,99
$V_{\text{пг зима}} = 0,1193 \cdot \text{Пар} - 0,03697 \cdot \text{Дутье} + 2,179 \cdot \text{Кв.д.} + 0,04463 \cdot \text{Выход ДГ} - 0,01645 \cdot \text{Выход КГ} + 0,01795 \cdot \text{Wэ.э} - 0,08995 \cdot \text{Кс.д.} - 146,6 \cdot \text{Т} - 0,2175 \cdot \text{КГ} - 0,1676 \cdot V_{\text{дг}} + 35860$	<p>$V_{\text{дг}}$ – объем потребления доменного газа станцией,</p> <p>Выход КГ – выход коксового газа при производстве кокса, тм³;</p> <p>Wэ.э – выработка электроэнергии станцией, тыс.кВт час;</p> <p>Пар – выработка пара станцией, Гкал;</p> <p>Дутье – выработка дутья ПВЭС, тм3;</p>	0,99
$V_{\text{пг лето}} = -0,03979 \cdot \text{ДГ} - 0,05821 \cdot \text{Дутье} + 0,5388 \cdot \text{Wэ.э} + 0,02371 \cdot \text{Выход ДГ} - 0,01177 \cdot \text{Пар} + 2,364 \cdot \text{Кср.д.} + 1,407 \cdot \text{Кв.д.} - 0,8142 \cdot V_{\text{топл}} + 0,2708 + 46730$	<p>Кв.д. – часы фактической работы котлов высокого давления, час;</p> <p>Выход ДГ – выход доменного газа при производстве чугуна доменным цехом, тм3;</p> <p>Wэ.э – выработка электроэнергии ПВЭС, тыс.кВт час;</p>	0,99
$V_{\text{кг лето}} = -188600 + 0,1068 \cdot \text{Дутье} + 0,0572 \cdot \text{Выход ДГ} - 1,84 \cdot \text{Wэ.э} + 0,5997 \cdot \text{Пар} + 6,942 \cdot \text{Кср.д.} - 25,31 \cdot \text{Кв.д.} - 0,4585 \cdot V_{\text{топл}} - 0,5542 \cdot \text{Выход КГ} - 0,006296 \cdot \text{ДГ}$	<p>Кср.д.- часы фактической работы котлов среднего давления, час;</p> <p>Т – температура наружного атмосферного воздуха, Кельвин;</p> <p>КГ – потребление коксового газа станцией, тм3;</p> <p>ДГ – потребление доменного газа станцией, тм3;</p> <p>$V_{\text{пг зима}}$ – потребление природного газа в зимнее время, тм3;</p> <p>$V_{\text{пг лето}}$ – потребление природного газа в летнее время, тм3;</p> <p>$V_{\text{кг лето}}$ – потребление коксового газа в летнее время, тм3.</p>	0,98

Динамика расчетных и фактических значений расхода газа по цехам и подразделениям ОАО «ММК» приведена на рисунках 6 – 7. Представленные графики показывают, что рассчитанные модели не только с высокой точностью воспроизводят фактические показатели, но и хорошо отслеживают резкие колебания расхода топлива.

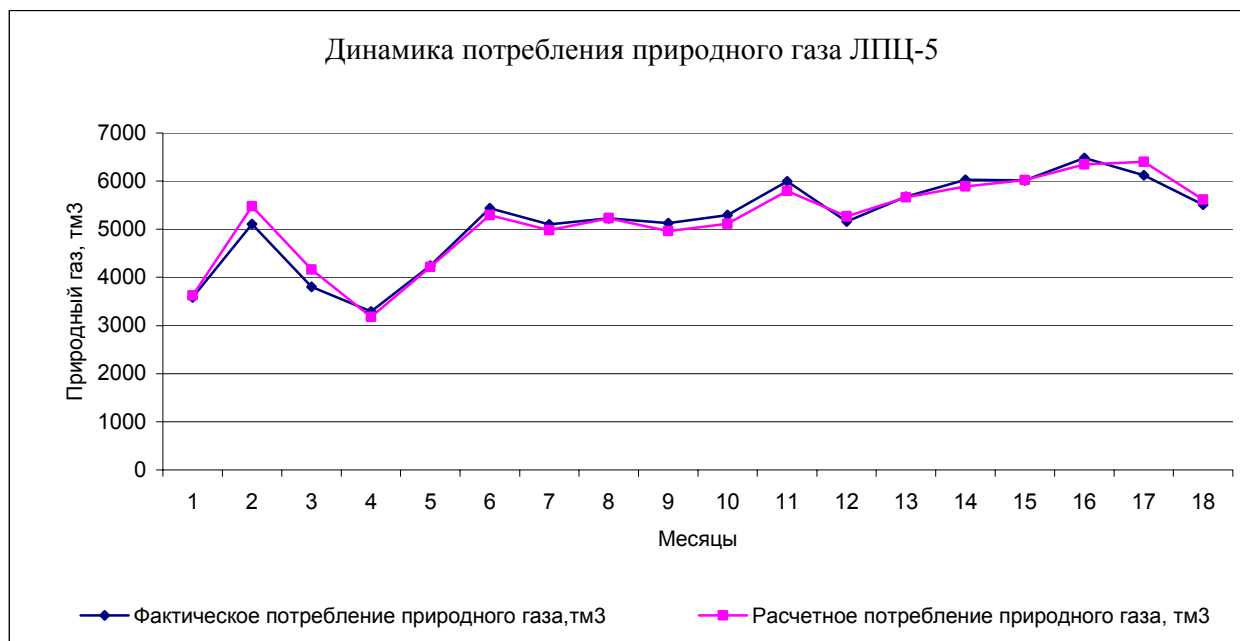


Рис. 6. Динамика потребления природного газа ЛПЦ-5

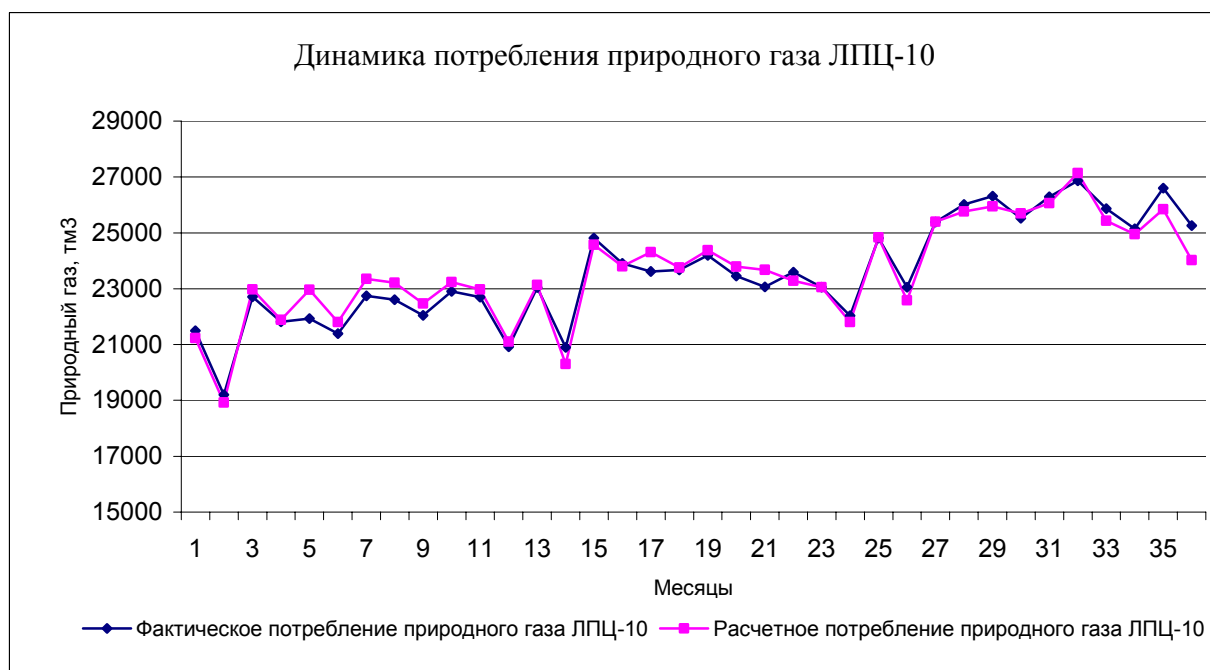


Рис. 7. Динамика потребления природного газа ЛПЦ-10

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Одним из основных мероприятий по повышению эффективности использования топливных газов на металлургических предприятиях является введение автоматизированных систем учета, мониторинга и прогнозирования потребления газа в технологических процессах (АСУ ГАЗ).

2. Произведен анализ существенных факторов технологических процессов металлургического производства для построения АСУ ГАЗ, определяющих объемы потребления топливных газов. Указанные факторы служат основой построения информационной подсистемы АСУ ГАЗ. Предложена система определяющих факторов технологических процессов металлургического производства и система прогнозирующих моделей.

3. Построена система моделей прогноза потребления топливных газов оптимальная по технико-экономическим критериям. Базовым технико-экономическим критерием является величина штрафа, налагаемого на предприятие за недостоверное определение лимитов потребления природного газа в прогнозируемый период.

4. Предложен алгоритм оптимизации для решения задачи оптимального прогноза потребления природного газа по технико-экономическим критериям. Математическая постановка задачи оптимального прогноза потребления природного газа по технико-экономическим критериям приводит к специализированной задаче математического программирования, имеющего в общем случае нелинейный характер

5. В работе предложена для построения моделей прогнозирования многокомпонентных газовых смесей модификация метода группового учета аргументов. Разработанный метод состоит из следующих этапов решения задачи:

- построение агрегированной модели с представлением объемов многокомпонентных газовых смесей в тоннах условного топлива;
- построение частных моделей по отдельным компонентам с представлением объемов газовых компонент в натуральных показателях

– построение комплексной модели, включающей как агрегированные объемы газовых смесей, так и частные факторы по отдельным газовым компонентам.

6. Создано программное обеспечение для решения задачи построения оптимальной модели прогнозирования потребления топливных газов в технологических процессах по данным эксплуатации. Программное обеспечение ориентировано на использование в составе АРМ технолога в АСУ ГАЗ.

7. Точность системы моделей по данным эксплуатации в реальном производстве показала, что погрешность составляет не более 2%.

8. Разработана методика и внедрено программное обеспечение в практику мониторинга и прогнозирования потребления топливных газов в рамках подсистемы АСУ ГАЗ в АСУ «ЭНЕРГО» ОАО «ММК».

9. Применение указанного программного обеспечения позволило повысить точность прогноза на 2%, что дает годовой экономический эффект более 60 млн. руб.

Публикации по теме диссертационной работы в ведущих рецензируемых научных журналах ВАК

1. Копцев, Л.А. Моделирование потребления топлива в ОАО «ММК» /Л.А. Копцев, И.А.Япрынцева //Промышленная энергетика. – Москва: НТФ «Прогресс». – 2004. – Вып. № 5. – С. 2 – 6.

2. Копцев, Л.А. Статистический подход к анализу и управлению технологическими процессами при выплавке чугуна в доменном цехе с целью экономии топлива / Л.А. Копцев, И.А. Япрынцева, А.В. Павлов //Промышленная энергетика. – Москва: НТФ «Прогресс». – 2006. – Вып.2. – С.2 – 5.

3. Копцев, Л.А. Повышение эффективности использования энергии при производстве, распределении и потреблении сжатого воздуха /Л.А. Копцев, В.Н. Михайловский, Д.В. Майсюков, И.А. Япрынцева //Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 2003. – Вып. 2, №.4(20) – С.126 – 128.

Другие публикации по теме диссертационной работы:

1. Япрынцева, И.А. Подготовка к управлению потреблением топлива в ОАО «ММК» на основе математических статистических зависимостей /И.А. Япрынцева //Известия Челябинского научного центра. – [http://www/sci.urfu.ac.ru/news/2004_4\(26\)/](http://www/sci.urfu.ac.ru/news/2004_4(26)/). – С.96 – 100.
2. Никифоров, Г.В. Управление использованием вторичных топливных газов на Магнитогорском металлургическом комбинате /Г.В. Никифоров, Л.А. Копцев, Д.В. Поварницын, И.А. Япрынцева //ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия». – Москва. – 2005. – Вып.№ 2. – С.79 – 83.
3. Япрынцева, И.А. Эффективные варианты управления потреблением топлива на электрических станциях ОАО «ММК» на основе математических статистических зависимостей /И.А. Япрынцева, Л.С. Казаринов //Материалы всероссийской научно-технической конференции. «Проблемы теплоэнергетики». – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 2006. – С.56 – 57.
4. Япрынцева, И.А. Эффективные варианты управления потреблением топлива на электрических станциях ОАО «ММК» на основе математических статистических зависимостей /Япрынцева И.А., Л.С. Казаринов //Энергетики и металлурги настоящему и будущему России: Тезисы докладов Всероссийской конференции. – Магнитогорск: МГТУ. – 2006. – С.40 – 42.