

ОТЗЫВ

официального оппонента

Султангузина Ильдара Айдаровича

о диссертационной работе Барбасовой Татьяны Александровны
«Методы и модели автоматизированного ресурсосберегающего
управления энергометаллургическим технологическим комплексом)»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность)»

Актуальность темы диссертации

Данная работа выполнялась в соответствии с директивными документами развития черной металлургии России «Стратегии развития цветной металлургии России на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2030 года» (Приказ Минпромторга России от 05.05.2014 N 839). В настоящее время удельная энергоемкость производства стали в России выше аналогичных показателей зарубежных стран, таких как ЕС, США, Япония, на 30%. При этом за счет реализации внедрения энергосберегающих технологий и мероприятий планируется к 2030 г. по сравнению с 2012 г. снизить удельный расход кокса на 35% и расход природного газа на 35%.

Для снижения удельных показателей энергоемкости металлургического производства необходимо внедрение программно-информационных систем с блоком моделирующих программ предназначенных для выбора оптимальных схемных, параметрических и конструктивных решений.

В диссертационной работе рассматривается научно-техническая проблема повышения энергетической эффективности энергометаллургических комплексов в связи со все более широким использованием цифровых технологий и развитием компьютеризации. В этой связи **актуальным** научно-техническим направлением исследований является разработка систем интегрированного планирования и автоматизированного управления процессами энергосбережения в энерготехнологических системах металлургического производства.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность полученных Барбасовой Т.А. научных результатов, выводов обеспечивается корректным использованием применяемого математического аппарата, теории автоматического управления и методов математического моделирования исследуемых объектов и систем

управления. Справедливость выводов, работоспособность предложенных алгоритмов управления подтверждена результатами компьютерного моделирования, а также результатами натурных испытаний на реальных объектах металлургического комплекса ПАО «ММК», подтверждается актами внедрения.

Новизной исследования являются:

1) метод системного анализа целей и задач интегрированного планирования процессами энергосбережения в металлургических производственных комплексах на основе концепции потоков сбереженных ресурсов;

2) способ повышения энергетической эффективности металлургического производственного комплекса за счет сведения всех локальных эффектов в ресурсосберегающую станцию и системной оптимизации по критерию минимума потребления природного газа на основе оптимизации текущего КПД станции и максимизации потребления вторичных энергетических ресурсов металлургического производства, оптимизации нагрузки теплоэнергетических агрегатов;

3) процедуры и алгоритмы, реализующие комплексную оптимизацию эффективности ресурсосберегающей станции в рамках автоматизированной системы управления режимами станции;

4) сигнально-ориентированные модели теплоэнергетических процессов, позволяющие осуществлять оперативное макро моделирование динамики сложных энергетических систем в задачах управления в режиме реального времени;

5) для доменного производства – методическое, алгоритмическое и программное обеспечение экспертной системы, реализующей поддержку принятия решений по управлению технологическими процессами на основе выделения целевых областей значений режимных параметров, позволяющих повысить эффективность доменного процесса: повышения производительности и снижения потребления кокса в рамках ограничений технологического регламента;

6) для осуществления интегрированного контроля энергоемкости технологических процессов металлургического производственного комплекса предложено использовать методическое, математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для нормирования энергоемкости технологических процессов на основе системного интеллектуального анализа данных текущей эксплуатации и технологических испытаний.

В ходе выполнения научной работы автор опирался на достоверные данные приборов коммерческого учета и данных лабораторных исследований. Сделанные в работе теоретические заключения обладают логикой и последовательностью изложения.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Разработано новое методическое, алгоритмическое и программное обеспечение для конкретных металлургических производств, которое может быть использовано при построении АСУ ТП металлургических производственных комплексов, с целью реализации интегрированного планирования и управления процессами энергосбережения по критерию снижения энергетических издержек.

Разработана и внедрена на ЦЭС ПАО «ММК» новая автоматизированная система мониторинга и регулирования экономичности использования топлива в паровых котлах с оптимальной коррекцией подачи общего воздуха по критерию достижения максимального КПД брутто котла на основе использования методов оптимальной цифровой фильтрации.

Разработана новая макро модель системы паро- и теплоснабжения металлургического комбината, осуществлен расчет и выбор вариантов оптимальных режимов теплоснабжения потребителей с точки зрения максимума выработки электроэнергии на электрических станциях и снижения потребления природного газа на источниках тепла.

Разработано новое методическое, алгоритмическое и программное обеспечение многоуровневого нормирования и прогнозирования электропотребления ПАО «ММК», предназначенное для построения оптимальных сбалансированных оценок электропотребления по уровням производственных участков и комбинатом в целом. При этом на уровне производственных подразделений прогноз объемов потребления электроэнергии осуществляется на основе полученных эмпирических зависимостей. На уровне комбината в целом решение задачи минимизации общей ошибки прогноза потребления электроэнергии основано на корректировке значений фактического общего потребления электроэнергии комбинатом, определяемого по показаниям прибора учета, и расчетного суммарного расхода электроэнергии отдельных производственных подразделений ПАО «ММК».

Создано новое методическое, алгоритмическое и программное обеспечение нормирования удельного расхода и прогнозирования расхода электроэнергии ПАО «ММК», с использованием которого на основе реальных

данных по выработке продукции и электропотреблению производственными подразделениями ПАО «ММК», проведены опытные расчеты. Расчеты показали, что при использовании разработанных алгоритмов возможно снижение общей ошибки прогнозирования потребления электроэнергии на величину не менее 0,5%.

На верхнем уровне управления в интегрированной информационно-управляющей системе сквозного моделирования и оптимизации агло-коксо-доменного производства реализована новая автоматизированная адаптивная система формирования оптимальных режимов работы, локальных целей управления доменных печей. В функции системы входит определение коэффициентов пофакторного счета для определения влияния технологических параметров на показатели доменной плавки, которые уточняются в режиме реального времени. Формирование оптимальных технологических параметров осуществляется по критериям максимума производства чугуна, минимума удельного расхода кокса, минимума себестоимости производства чугуна, минимума себестоимости производства стали в ККЦ и ЭСПЦ. На основе работы данного модуля формируются оптимальные воздействия адаптивного управления режимом работы доменных печей по выборке управляющих факторов, задаваемой пользователем, в многомерном факторном пространстве влияющих факторов согласно заданным критериям управления и технологическим ограничениям.

В целом разработан и внедрен новый подход к интегрированному планированию и управлению энергоемкостью технологических процессов металлургического производственного комплекса внедрен в практику управления эффективностью технологических процессов ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Теоретические и практические результаты диссертационного исследования автора могут быть использованы в деятельности специалистов по автоматизации технологических процессов при разработке новых подходов и методов организационно-технического, технико-экономического управления и автоматического регулирования, при проектировании автоматизированных систем управления технологическими процессами в рамках интегрированного планирования и управления энергетическими ресурсами в рамках теплоэнергетического комплекса и доменного производства металлургического предприятия.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Текст научной работы Барбасовой Татьяны Александровны соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию диссертационной работы. Работа изложена на 255 страницах машинописного текста и включает введение, шесть глав, заключение, список литературы (148 наименований) и два приложения. Основные положения и выводы диссертации отражены в 56 печатных работах, включая 19 статей в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК, 19 статей – в зарубежных изданиях с индексацией в международных системах цитирования Scopus и Web of Science.

Во введении приводится общая характеристика диссертации, включая актуальность, цели и задачи исследования, научную новизну и практическую значимость исследования, а также положения, выносимые на защиту, и результаты апробации.

В первой главе автор рассматривает актуальные проблемы и задачи управления ресурсами в энергометаллургических технологических комплексах, приводит подробное описание рассматриваемого объекта управления, раскрывая сложность задачи интегрированного планирования и управления потоками энергосбережения, рассмотрена технологическая структура управления ресурсосбережения в рассматриваемом энергометаллургическом комплексе металлургического предприятия, в состав которой входит доменное производство и энергетическая подсистема комбината.

В работе указывается, что критическим моментом эффективности функционирования технологического комплекса металлургического производства является себестоимость производства проката, при этом себестоимость проката существенно зависит от себестоимости потребляемой электрической энергии прокатным производством, то перед металлургическим предприятием генеральной целью энергосбережения, как правило, является снижение себестоимости электрической энергии за счет использования вторичных энергетических ресурсов при максимальной выработке электрической энергии собственными станциями. Данная генеральная цель достигается за счет утилизации коксового газа, как вторичного энергетического ресурса коксохимического производства и доменного газа, как вторичного энергетического ресурса доменного производства. Указанные вторичные энергетические ресурсы реализуются на центральной электростанции и паровоздуховной электростанции. Излишки технологического пара используются на буферной электростанции для

дополнительной генерации электрической энергии, при этом для стабилизации режимов технологической паровой сети осуществляется паровыми аккумуляторами.

Обзор литературы охватывает современные и классические научные исследования, посвященные проблемам повышения энергетической эффективности в технологических комплексах.

Во второй главе приводится описание задач управления энергетической эффективностью энергометаллургических технологических комплексов с использованием концепции энергосберегающей станции. Автором описана процедура решения задачи интегрированного планирования и управления направлен от конечных потребителей энергетических ресурсов к первичным источникам ресурсов. Последовательный процесс снижения оценочных объемов потребления ресурсов рекомендуется представлять через потоки сбереженных ресурсов, которые противоположно направлены потокам сгенерированных ресурсов. Рассмотрение потоков сбереженных ресурсов позволяет проследить по всей цепочке производства системное влияние процессов энергосбережения на конечные результаты энергосберегающих мероприятий в энерготехнологическом комплексе такие, как повышение энергетической эффективности локальных производственных участков; расширение объемов производства; оптимизация энергобаланса; снижение энергетических издержек.

В третьей главе рассмотрены задача снижения потребления природного газа на ресурсосберегающей станции за счет утилизации вторичных энергетических ресурсов. Увеличение потребления вторичных энергетических ресурсов вследствие проведения энергосберегающих мероприятий приводит к изменению режимных параметров котлов. Это приводит к необходимости организации экстремального управления котлом по КПД в условиях поддержания требуемых значений разряжения в топке котла нестабильности величины калорийности потребляемого доменного газа. Программное обеспечение разработанной автоматизированной системы управления режимами котлоагрегатов основывается на основе разделения динамических свойств объектов управления, при этом общая процедура идентификации объектов управления распадается на две частные процедуры: динамическую синхронизацию процессов и идентификацию коэффициентов передачи.

В четвертой главе рассматривается задача стабилизации режимов технологической паровой сети при утилизации тепловой энергии нестабильных источников пара металлургического производства на основе оперативного управления крупномасштабными сложными сетями тепло- и пароснабжения металлургического предприятия. Оперативное управление

предлагается осуществлять на основе применения динамического макро моделирования распределенной сети пароснабжения с демпфированием резко переменных нагрузок системой управления зарядно-разрядными процессами паровых аккумуляторов.

В пятой главе рассматриваются вопросы автоматизированного управления эффективностью доменного процесса на основе использования интеллектуальных технологий анализа данных. Указывается, что в энергетическом комплексе металлургического производства процессы потребления, генерации и преобразования энергетических ресурсов характеризуются сложными взаимосвязями. Энергетическая подсистема в структуре металлургического производства хотя и является одной из главных при проведении энергосберегающих работ, однако конечный эффект энергосбережения в рамках методологии интегрированного планирования и управления ресурсами должен рассматриваться в комплексе с основными металлургическими цехами. Учет этих связей позволяет достичь более высокой эффективности энергосберегающих мероприятий. Поэтому в работе были проведены исследования по повышению эффективности доменного процесса, который является самым энергозатратным звеном в технологической линии производства. Более того доменное производство тесно связано с теплоэнергетической подсистемой, т.к. на основе утилизации доменного газа достигается снижение потребления природного газа.

Приведен анализ характеристик доменных процессов с использованием интеллектуального анализа данных на основе нейронных сетей Кохонена, также приведен метод принятия решений по управлению технологическими процессами на основе выделения целевых областей значений режимных параметров. Приведены примеры работы разработанного и внедренного программного обеспечения анализа данных по эффективности доменных процессов при использовании в режиме советчика АСУ «ПолиТЭР».

В шестой главе рассмотрены вопросы планирования и контроля энергоёмкости производственных процессов на основе комплексного анализа данных энергетических обследований и данных эксплуатации. Приведены примеры прогнозирования электропотребления станциями ПАО «ММК».

Замечания по работе

1. В работе не приведены функциональные схемы разработанного программного обеспечения.
2. Для моделирования состояния пара используется уравнение идеального газа Клапейрона-Менделеева. При этом отмечается, что в паровых

аккумуляторах присутствуют две среды – вода и пар, однако уравнения для моделирования двухфазных сред не приводятся.

3. Автором в диссертационной работе для доменного цеха рассмотрены варианты экономии энергетических ресурсов за счет снижения потерь доменного газа и оптимизации энергопотребления доменного производства, но при этом не рассмотрены другие варианты энергосберегающих мероприятий: установки газгольдеров доменного газа, газовых утилизационных бескомпрессорных турбин (ГУБТ), работающие на колошниковом газе доменных печей и др.

4. В условиях нестабильности поставок сырья для комбинатов актуальной задачей является оперативного планирования энергообеспечения. В работе представляется целесообразным провести в рамках системы интегрированного планирования анализ и оптимизацию качества и количества железорудного сырья и коксующихся углей.

5. В работе в рамках разработанной экспертной системы поддержки принятия решений рассмотрено влияние качества кокса по холодной прочности (M_{10}) на себестоимость стали, однако для полноты картины целесообразно дополнить исследование по влиянию на эффективность доменного производства горячей прочности (CSR) и реакционной способности (CRI) кокса.

6. В диссертации не приводятся численные значения снижения вредных выбросов и воздействия на окружающую среду от применения предлагаемых автором методов и моделей управления энергометаллургическим комплексом.

Приведенные замечания не являются существенными и не снижают общей положительной оценки работы.

Заключение

Диссертационная работа является законченным самостоятельным научным трудом автора и свидетельствует о его значительном личном вкладе в науку. Приведенные научные результаты и выводы отражают решение актуальной научно-технической задачи синтеза и развития интеллектуальных АСУ ТП по критериям энергетической эффективности. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертационная работа содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики и расчеты. По каждой главе и работе в целом приведены выводы.

Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Барбасова Татьяна Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук
(специальность 05.14.04 –
Промышленная теплоэнергетика),
профессор, профессор кафедры
промышленных теплоэнергетических
систем Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
"Национальный исследовательский
университет "МЭИ"

 И.А. Султангузин

Подпись Султангузина И.А. заверяю:

Зам. Начальник управления по работе с персоналом
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

 Н.Г. Савин
28.05.2021 

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная ул., 14
тел./факс: 8 (495) 362-78-89, эл.почта: SultanguzinIA@mpei.ru