

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный авиационный технический
университет», д.т.н., профессор



_____ Р.Д. Еникеев

_____ 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Хасанова Джасурджона Рустамджоновича
«Эффективное управление мельницей цементного производства в
противоречивых условиях», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и
управление технологическими процессами и производствами
(промышленность)»

1. Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время цементная промышленность является одной из наиболее динамичных отраслей экономики РФ. При этом компании, которые занимаются производством цемента, уделяют большое внимание снижению себестоимости производства. Однако, несмотря на технические новации последних десятилетий, которые направлены на повышение эффективности технологических процессов, на цементных заводах неуклонно растет общее энергопотребление за счет более высоких темпов производства, повышения тонкости цемента и более строгих требований по охране окружающей среды.

Процесс дробления и измельчения цементного сырья и готового цемента составляет 70% от общей потребляемой электрической энергии. Из них, на стадию измельчения клинкера и других добавок приходится примерно от 40 до 50% общего потребления электроэнергии.

В силу высокой надежности и благоприятных физических и химических свойств цементного продукта, таких как более узкое распределение частиц по размерам для окончательного измельчения цемента наибольшее распространение уже в течение более 100 лет получили трубчатые шаровые мельницы с двумя отсеками с воздушным классификатором в замкнутом контуре. Однако,

шаровые мельницы обладают одними из самых низких показателей энергоэффективности среди всех мельниц из-за значительных потерь энергии (примерно 98%) в виде тепла от трения и столкновения в падающей массе шаров, которые передают входную энергию в неконцентрированный слой частиц.

При измельчении цемента в шаровых мельницах учитываются различные параметры, такие как: подача материала, скорость вращения мельницы, скорость сепаратора, повторный помол (крупка), звук мельницы, тонкость готового продукта, удельный расход электроэнергии и др. В результате оперативное управление мельницей является задачей исследования операций, которая должна решаться по множеству показателей в противоречивых условиях

Учитывая вышеизложенное, актуальной научно-технической задачей, решаемой в диссертации, является разработка новых методов и алгоритмов оперативного управления процессами помола в противоречивых условиях с учетом требований, направленных на снижение энергозатрат в шаровых мельницах замкнутого цикла. Таким образом, тема выполненного диссертационного исследования является актуальной, а изложенный в ней подход к решению поставленной задачи – своевременным и допустимым.

2. Структура и основные результаты работы

Диссертация Хасанова Д.Р. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 135 источников и двух приложений. Общий объем диссертации составляет 116 страниц машинописного текста, из которых 112 страницы – основной раздел, включающий 48 рисунков и 7 таблиц. Приложения занимают 4 страницы и содержат акты о внедрении и использовании результатов диссертационного исследования.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулирована цель работы, вытекающие из нее научные задачи, а также научная новизна и практическая значимость диссертационного исследования.

В первой главе рассматриваются особенности процесса помола в современных технологиях производства цемента с учетом ключевых факторов, связанных с энергоэффективностью управления и качеством цемента. Производит-

ся обзор существующих моделей и методов управления для повышения энергоэффективности и качества помола в замкнутом цикле измельчения, таких как: нелинейное прогнозирующее управление, нейроадаптивное управление, управление в скользящем режиме, методы нечетной логики и др. Анализируются недостатки рассмотренных методов. Для устранения перечисленных недостатков при решении поставленных задач предлагается использовать метод идентификации моделей замкнутого цикла измельчения на основе генеральной статистики и локальной статистики на текущий момент времени на основе метода регуляризации.

Во второй главе предложен подход применения искусственных нейронных сетей (ИНС) для оперативного управления контуром измельчения клинкера в шаровых мельницах замкнутого цикла, основанный на процедуре идентификации зависимостей параметров и показателей помола шихты, состоящей из трех этапов. На первом этапе происходит нормализация генеральной совокупности данных, на втором этапе – обучение нейронной сети на нормализованной генеральной совокупности данных, на третьем этапе производится коррекция полученного решения задачи на основе метода регуляризации. Для обучения нейронной сети при некорректных исходных данных предлагается алгоритм обратного распространения ошибки с использованием регуляризации некорректно поставленных задач. Предлагается решение задачи рационального выбора параметров загрузки мельницы с применением процедуры принятия оперативных решений методом взвешенных целевых ограничений.

В третьей главе представлена автоматизированная система управления технологическим процессом измельчения шихты. Проводится исследование цикла измельчения как объекта управления для автоматизации технологического процесса помола клинкера в замкнутом цикле, на основе которого разрабатывается автоматизированное рабочее место оператора мельницы в цементном производстве. Для оптимизации процесса измельчения клинкера в шаровых мельницах замкнутого цикла предлагается интерактивная процедура принятия управляющих решений, основанная на формировании текущих требований к значениям режимных параметров, определяемых в автоматизированной систе-

ме поддержки принятия решений (СППР) на основе идентификации характеристик процесса с использованием нейронной сети в режиме реального времени.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований системы управления замкнутым контуром измельчения с использованием разработанной СППР. Результаты экспериментальных исследований, основанные на проводимом анализе экспериментальных данных на опытных заводах ООО «Дюккерхофф Коркино Цемент» и ООО «Цементный завод имени Б. Самадова» г. Исфар, показали эффективность, разработанной системы управления замкнутым контуром измельчения. В ходе экспериментов установлено, что с помощью, разработанной СППР достигается снижение потребления электрической энергии до 5%.

Следует отметить, что материалы диссертации позволяют достаточно полно оценить объем и сложность проведенного исследования.

3. Научная новизна основных результатов работы

К новизне диссертационного исследования и полученных автором результатов можно отнести следующее:

1) разработан метод нормализации генеральной совокупности данных о технологическом процессе помола клинкера цементного производства на основе выделения максимально совместных подсистем данных;

2) разработана процедура регуляризации задачи идентификации технологического процесса помола клинкера цементного производства на основе оптимального согласования решений генеральной нейросетевой модели и локальных моделей процесса при противоречивых исходных данных;

3) разработана интерактивная процедура принятия эффективных решений на основе оптимального согласования предложенных новых процедур идентификации и принятия решений и значений показателей процесса помола при противоречивых условиях.

4) разработано новое алгоритмическое обеспечение для автоматизированных систем поддержки принятия решений по оперативному управлению

мельницей цементного производства, основанное на предложенных новых процедурах идентификации и принятия решений

Таким образом, в выполненном диссертационном исследовании разработаны методы, процедуры принятия решений и алгоритмы для автоматизированных систем поддержки принятия решений по оперативному управлению мельницей цементного производства.

4. Значимость полученных результатов для науки и производства

Предложенная в диссертации методика построения автоматизированной системы поддержки принятия решений в задачах оперативного управления процессом измельчения клинкера позволяет принимать эффективные решения в противоречивых постановках задач управления при неопределённости характеристик.

На базе предложенных в диссертации методов и алгоритмов соискателем разработано алгоритмическое обеспечение для автоматизированных систем поддержки принятия решений по оперативному управлению мельницей цементного производства.

Апробация предложенной процедуры принятия оперативных решений при управлении процессом помола проводилась на реальных данных эксплуатации мельницы цементного завода (г. Исфара). Экспериментальные исследования показали, что с помощью, разработанной СППР достигается снижение потребления электрической энергии до 5%

Результаты диссертационного исследования внедрены на ООО «Дюккерхофф Коркино Цемент» и ООО «Цементный завод имени Б. Самадова» г. Исфара. Результаты внедрения и использования подтверждены соответствующими актами, представленными в приложении к диссертации.

5. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Положения, сформулированные в диссертации Хасанова Д.Р., основываются на известных достижениях теории автоматизированных систем управле-

ния, интеллектуальных методов поддержки принятия решения и искусственных нейронных сетей. В своей работе соискатель грамотно применяет указанный математический аппарат для решения поставленных задач, корректно интерпретирует полученные результаты, делает правильные выводы и дает обоснованные рекомендации.

Хасановым Д.Р. изучены и критически оценены известные результаты и теоретические положения отечественных и зарубежных ученых по рассматриваемым вопросам диссертационного исследования. Обоснованность полученных в диссертации результатов подтверждается удовлетворительным их согласованием с результатами других авторов.

Достоверность произведенных в диссертации расчетов обусловлена корректностью применения соискателем математического аппарата автоматизированных систем управления, интеллектуальных методов поддержки принятия решения и искусственных нейронных сетей.

6. Публикация результатов

Основные научные положения и результаты диссертационного исследования достаточно полно отражены в 3 статьях автора, опубликованных в российских рецензируемых научных журналах из списка ВАК, в 4 статьях, индексируемых в базах SCOPUS и WoS, а также апробированы на различных научных конференциях.

7. Соответствие работы заявленной научной специальности

Согласно паспорту специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» полученные Хасановым Д.Р. научные и практические результаты развивает следующие области научных исследований:

- (6) научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления;

- (15) теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при проектировании АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.);

- (16) теоретические основы, методы и алгоритмы построения экспертных и диалоговых подсистем, включенных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

8. Замечания по работе

Имеются следующие замечания по диссертации.

1. В главе 1 рассматриваемой диссертации при описании современного состояния автоматизации управления замкнутым контуром измельчения в шаровых мельницах (раздел 1.8) анализируется возможность применения СППР и для идентификации процесса помола предлагается использовать искусственные нейронные сети. Однако нет развернутого анализа использования других интеллектуальных технологий широко используемых для идентификации состояния динамическими объектами, на основе которого можно сделать выбор в пользу применения нейронных сетей.

2. Во главе 2 при разработке процедур идентификации характеристик процесса помола клинкера на основе оптимальной регуляризации задачи (раздел 2.1) и принятия оперативных решений на основе метода ограничений для задачи рациональной загрузки мельницы отсутствуют постановки решаемой задачи, а идет лишь описание этапов предлагаемых процедур.

3. В главе 3 - Автоматизированная система управления технологическим процессом измельчения шихты, не представлена структура предлагаемой системы АСУ ТП, а лишь укрупненно описаны ее уровни (рисунок 3.1). Описание уровней (подразделы 3.2.1 – 3.2.3) следовало описать более подробно.

4. Для более полной оценки эффективности полученных экспериментальных результатов по использованию предлагаемых нейросетевых технологий, представленных в главе 4, в разделе 4.1 следовало указать обучающих выборок и их количество, используемое в последующем для настройки весовых коэффициентов ИНС.

5. Текст диссертационной работы плохо структурирован, так объем главы 3 составляет всего 11 страниц, хотя содержит 5 разделов (3.1 – 3.5). При этом есть разделы, объемом менее 1 станицы. (Разделы: 1.1 и 4.1). Также в тексте имеются стилистические неточности и грамматические ошибки.

9. Заключение

Диссертация Хасанова Д.Р. является законченным научным трудом, в котором решена актуальная задача разработки модели, методов, алгоритма и комплекса программ для построения программ подготовки оператора с учетом оценки эффективности и уровня сложности выполнения технологической операции, имеющая значение с точки зрения развития и применения средств математического моделирования, численных методов и комплексов программ подготовки операторов транспортно-технологических машин в различных предметных областях. Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

Оформление диссертации соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», М.: Стандартинформ, 2012. Автореферат диссертации выполнен с соблюдением установленных требований и достаточно полно отражает ее содержание. Материал диссертационного исследования изложен последовательно и логично.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа «Эффективное управление мельницей цементного производства в противоречивых условиях» по содержанию, полученным результатам и оформлению удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Хасанов Джасурджон Рустамджонович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Диссертационная работа и отзыв одобрены на заседании кафедры «Автоматизация технологических процессов» ФГБОУ ВО «Уфимского государствен-

ного авиационного технического университета» (протокол № 11 от «09»
06 2021 г.).

Отзыв составлен:

доктор технических наук, профессор
Мунасыпов Рустэм Анварович



09.06.2021 г.

Заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов»,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уфимский государственный авиационный техниче-
ский университет»

Докторская диссертация защищена
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и
обработка информации

Адрес организации: 450000, рес. Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12
Телефон: + 7 (347) 272-29-18 (факс)
Электронная почта: office@ugatu.su

