

Заключение диссертационного совета ГУ 212.224.03,
созданного федеральным государственным бюджетным образовательным
учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»
Минобрнауки России по диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.09.2020 № 39

О присуждении **Лиу Цзыфэнг**, гражданину КНР, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование и управление процессом восстановления закиси никеля в трубчатых вращающихся печах» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия) принята к защите 03.06.2020 года, протокол № 26 диссертационным советом ГУ 212.224.03 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2; приказ ректора Горного университета от 25.06.2019 №836 адм.

Соискатель, Лиу Цзыфэнг, 1989 года рождения, в 2016 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»; аспирант очной формы обучения кафедры автоматизации технологических процессов и производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России. Справка об обучении получена 15.01.2020.

Диссертация выполнена на кафедре автоматизации технологических процессов и производств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, **Шариков Юрий Васильевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, кафедра автоматизации технологических процессов и производств, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Холоднов Владислав Алексеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», кафедра системного анализа и информационных технологий, профессор кафедры;

Коссой Аркадий Анцельевич, кандидат технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Российский научный центр «Прикладная химия», лаборатория «математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов», ведущий научный сотрудник. дали положительные отзывы на диссертацию;

Ведущая организация – **Общество с ограниченной ответственностью «Институт Гипронибель»**, г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Пославским Максимом Александровичем, кандидатом экономических наук, председателем заседания, заведующим группой отдела автоматизированных систем управления; Пахомовым Романом Александровичем, ученым секретарем, старшим научным сотрудником ЛПМ; утвержденном Цымбуловым Леонидом Борисовичем, доктором технических наук, профессором, директором Департамента по исследованиям и разработкам, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны эффективные технические решения по повышению уровня контроля и управления трубчатыми вращающимися печами.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 2 статьи – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты

диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктор наук (далее – Перечень ВАК), в 1 статье – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В изданиях из Перечня ВАК

1. **Лиу, Ц.** Автоматизация металлургического производства с позиций индустриального «Интернета вещей» / **Ц. Лиу** // Современная наука: Актуальные проблемы теорий и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2017. – № 7-8. – С. 57-61.

Личный вклад автора диссертации заключается в обосновании применения автоматизации металлургического производства с позиций индустриального «Интернета вещей».

2. **Лиу, Ц.** Математическое моделирование процесса восстановления закиси никеля в трубчатой вращающейся печи / Ю.В. Шариков, **Ц. Лиу** // Металлург. – 2018. – №7. – С. 27-31.

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке методик, создания модели печи в среде программного пакета ReactOp Cascadeui проведении расчетов по поиску оптимальных условий работы печи, обеспечивающих максимальную степень металлизации конечного продукта.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных системы цитирования (Scopus)

Sharikov, Y.V. Mathematical Simulation of the Process of Nickel Oxide Recovery in a Tube-Type Rotary Kiln / Y.V. Sharikov, **L.Z. Feng** // Metallurgist. – 2018. – V. 62. – I. 7-8. – P. 27-32. (Scopus)

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке модели процесса восстановления оксида никеля в трубчатой вращающейся печи.

Публикации в прочих изданиях:

1. **Лиу, Ц.** Технологические основы получения никеля из окисленных медно-никелевых руд / **Ц. Лиу**, Ю.В. Шариков // Технологии, инновации и предпринимательство: сборник научных трудов по материалам I Международной

научно-практической междисциплинарной конференции. – Санкт-Петербург: НОО «Профессиональная наука». – 2017. – С. 57-61.

Личный вклад автора диссертации заключается в обосновании применения контроля параметров в технологическом процессе получения никеля из окисленных медно-никелевых руд.

2. **Liu, Z.** The development of a Process Control System for the Production of Partially Reducing Nickel Oxide in a Tubular Rotary Kiln / **Z. Liu**, Yu.V. Sharikov, // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – V. 7. – P. 97-104.

Личный вклад автора диссертации заключается в программной реализации алгоритма управления технологическим процессом получения частично восстановленного оксида никеля в трубчатой вращающейся печи.

3. **Лиу, Ц.** Управление процессом получения частично восстановленной закиси никеля в трубчатой вращающейся печи / **Ц. Лиу**, Ю.В. Шариков // Технические науки: проблемы и решения: сб. ст. по материалам XXIX Международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения». – Москва: Изд. «Интернаука». – 2019. – № 11(27) – С.83-94.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении патентного поиска, разработке модели системы управления, формулировке основных выводов.

4. **Liu, Z.** Simulation of the process of reduction firing nickel oxide / **Z. Liu** // International Research Conference on Technology, Science, Engineering & Economy. – 2020. – № 7. – PP. 45-51.

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке модели технологического процесса получения никеля из окисленных медно-никелевых руд.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях, в том числе на:

I Международная научно-практическая конференция «Технологии инноваций и предпринимательства» (май, 2017 год). Тема доклада:

«Технологические основы получения никеля из окисленных медно-никелевых руд»; XXIX Международная научно-практическая конференция «Технические науки: проблемы и решения (Москва, ноябрь, 2019 год). Тема доклада: «Управление процессом получения частично восстановленной закиси никеля в трубчатой вращающейся печи»; International Research Conference on Technology, Science, Engineering & Economy (Seattle, USA, march, 2020). Тема доклада: «Simulation of the process of reduction firing nickel oxide».

В диссертации Лиу Цзыфэнг отсутствуют достоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях, в том числе на:

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: генерального директора ООО «АРСКА ТЕХ», к.т.н. **А.Ю. Воловикова**; генерального директора ЗАО «МИКСИНГ», д.т.н., проф. **В.М. Барабаша**; генерального директора закрытого акционерного общества «НПП «Автоматика», к.т.н. **Ю.Ф. Петрова**; начальника отдела АСУТП ООО «ЦПА «Ресурс», к.т.н. **А.Н. Николаева**; генерального директора ООО «Строительство и разработка инженерных и управляющих систем», к.т.н. **Р.Д. Павлова**; старшего научного сотрудника отдела научных исследований ПАСТ (в составе учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники), ФГБОУ ВО «Академия государственной противопожарной службы МЧС России», д.т.н., доцента **А.В. Кочегарова**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако в некоторых из них имеются замечания:

В работе не уделено достаточного внимания роли математического моделирования в создании расширенной базы знаний современного металлургического производства (к.т.н. А.Ю. Воловиков).

В работе нет обоснований возможности линеаризации объекта при получении кривой отклика и определении передаточных функций (к.т.н. А.Ю. Воловиков).

Нет детального изложения методики проверки адекватности модели для неполностью наблюдаемых объектов, к которым и относится трубчатая вращающаяся печь при проведении в ней процесса восстановления огарка (проф. В.М. Барабаш).

Нет описания влияния полученной модели на адаптивные свойства производства при анализе его с позиции «Интернета вещей» при создании «умного производства» (проф. В.М. Барабаш).

Не показана роль математического моделирования при создании адаптивного управления сложными объектами в металлургии (к.т.н. Ю.Ф. Петров).

Почему возникает запаздывание в трубчатой вращающейся печи (к.т.н. Ю.Ф. Петров)?

В работе не проведены условия получения переходных характеристик для получения передаточных функций и коэффициентов усиления (к.т.н. Ю.Ф. Петров).

В работе не определена область адекватности полученных математических моделей объекта управления (к.т.н. Ю.Ф. Петров).

В работе не уделено достаточного внимания методам экспериментального исследования кинетики химических превращений, происходящих при восстановлении оксидов металлов, содержащихся в огарке (к.т.н. А.Н. Николаев).

В работе нет анализа погрешности в определении передаточных функций исследуемого объекта за счёт его нелинейности. (к.т.н. А.Н. Николаев).

Неясно, как проводилась проверка адекватности полученной математической модели процесса восстановления огарка в печи (к.т.н. Р.Д. Павлов).

Почему представлены результаты моделирования процессов восстановления огарка только по содержанию металлического никеля, а не приведены данные по описанию содержания примесей (к.т.н. Р.Д. Павлов)?

В автореферате не указано, в рамках какой госбюджетной или договорной тематики выполнялось диссертационное исследование (д.т.н. А.В. Кочегаров)?

Выражения динамического теплового баланса (1) страница 9 автореферата. Чем они отличаются от подобных моделей описывающих тепловой баланс и в чем их новизна (д.т.н. А.В. Кочегаров)?

Страница (16) автореферата, автором выявляется оптимальная система управления процессом, где не сказано, непосредственно о целевой функции и накладываемых на нее ограничениях (д.т.н. А.В. Кочегаров)?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель распределения концентраций компонентов по длине трубчатой вращающейся печи;

предложен способ снижения удельного расхода электроэнергии на 3-5% и повышения производительности на 10-15% за счет повышения точности регулирования благодаря учёту изменяющейся влажности восстановителя;

доказана необходимость создания системы управления производством частично восстановленной закиси никеля при изменении расхода сырья и его состава;

введены в АСУ ТП дополнительные параметры и алгоритм управления температурой в максимально горячей точке в зоне прокалки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения построения модели на базе стандартной модели процесса обжига в ТВП с учетом кинетики процесса восстановления, полученной с использованием современных калориметров теплового потока;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов сбора и обработки исходной информации, представительные совокупности данных с обоснованием подбора объекта наблюдений и измерений;

изложены методы по разработке алгоритма управления на основе исследования переходных процессов при действии реальных производственных возмущений;

раскрыты динамика процесса восстановительного обжига закиси никеля и ее влияние на управление АСУ ТП;

изучены законы автоматизации технологических процессов с позиций Интернета вещей и роль создания общей базы данных о процессе для оптимального управления производством;

проведена модернизация существующих на производстве математических моделей АСУ ТП.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены модели управления обжигом закиси никеля в трубчатой вращающейся печи в программном пакете Matlab;

определена динамика процесса восстановительного обжига закиси никеля;

создана математическая модель трубчатой вращающейся печи в стационарном режиме работы с использованием программного комплекса ReactOp Cascade;

представлено сравнение полученных автором результатов при использовании различных законов регулирования и выбран регулятор, обеспечивающий наилучшее качество регулирования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты были получены с использованием апробированных известных методик измерения на поверенном оборудовании на базе лаборатории кафедры автоматизации технологических процессов и производств Горного университета;

теория базируется на проверяемых данных и фактах, согласующихся с опубликованными в открытом доступе экспериментальными данными других исследователей и ученых по теме данной диссертации;

идея базируется на сравнении систем управления по параметрам качества переходного процесса восстановления закиси никеля в трубчатой печи с разными схемами управления;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, представительные совокупности данных с обоснованием подбора объекта наблюдений и измерений;

установлена сходимость результатов моделирования с результатами промышленной эксплуатации объекта управления;

использованы методы сравнения полученных автором результатов с данными, полученными ранее другими исследователями.

Личный вклад автора состоит в: формулировке целей, постановке задач и разработке методики исследований; в проведении анализа научно-технической литературы и патентного поиска; выполнении лабораторных и промышленных исследований; разработке технических решений, адаптированных к условиям действующего металлургического производства; научном обобщении полученных результатов и подготовке публикаций.

На заседании 24.09.2020 года диссертационный совет принял решение присудить Лиу Цзыфэнгу ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-технической задачи управления тепловым состоянием трубчатой вращающейся печи.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 – докторов наук по специальности рассматриваемой

диссертации, участвовавших в заседании из – 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14 человек, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Сизяков Виктор Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бодуэн Анна Ярославовна

24.09.2020