

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 № 38

О присуждении **Мартынову Сергею Александровичу**, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности автоматизированного
контроля и управления производства металлургического кремния в
руднотермических печах» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и
управление технологическими процессами и производствами (металлургия)
принята к защите 03.06.2020 года, протокол № 25 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, Мартынов Сергей Александрович, 1991 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 17.05.2019.

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, доцент, **Бажин Владимир Юрьевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, кафедра автоматизации технологических процессов и производств, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Першин Иван Митрофанович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», заведующий кафедрой систем управления и информационных технологий;

Васильев Валерий Викторович, кандидат технических наук, акционерное общество «ТОМС инжиниринг», отдел автоматики, начальник; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет)», г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Русиновым Леоном Абрамовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автоматизации процессов химической промышленности»; Харазовым Виктором Григорьевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Автоматизации процессов химической промышленности»; утвержденном Шевчиком Андреем Павловичем, доктором химических наук, профессором, ВРИО ректора, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны эффективные технические решения по повышению уровня контроля и управления руднотермическими печами.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 10 печатных трудах, в том числе в 2 статьях – 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 доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получено 1 свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение.

Соискатель имеет в 10 опубликованных работах общий объём 2,7 печатных листа, в том числе 1,5 листах – соискателя.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В изданиях из Перечня ВАК

1. Мартынов, С.А. Постоянная составляющая фазного напряжения в электродной печи и её использование для характеристики плавки / С.А. Мартынов, А.А. Педро, В.Ю. Бажин, А.П. Суслов // Сталь. – 2017. – №6. – С. 21- 24.

Личный вклад автора диссертации заключается в статистической обработке данных и анализе полученных результатов.

2. Мартынов, С.А. Состояние и перспективы контроля и управления руднотермическими печами в производстве металлургического кремния / С.А. Мартынов, В.Ю. Бажин // Электromеталлургия. – 2019. – №5. – С. 11-16.

Личный вклад автора диссертации заключается в обосновании применения контроля влажности восстановителя и введении дополнительного управляющего воздействия – корректировке содержания восстановителя в шихте.

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

1. Martynov, S. Application of Production Processes Control Algorithm Using Adaptive Control System / S. Martynov, I. Beloglazov, P. Petrov // International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2018. –Р. 1-4. (Мартынов, С. Применение алгоритма управления производственными процессами с использованием адаптивной системы управления / С.

Мартынов, И. Белоглазов, П. Петров / / Международная российская конференция по автоматизации (Русавтокон). – 2018. – С. 1-4.).

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении математического моделирования и анализ работы адаптивной системы управления.

2. Martynov, S. A. Improving the management process of the carbothermic reduction of metallurgical silicon / S. A. Martynov, V. Yu. Bazhin // IOP Conference Series: MSE, Krasnoyarsk V. 537. – 2019. –Р. 1-4. (*Мартынов, С. А. Совершенствование процесса управления процессом карботермического восстановления металлургического кремния / С. А. Мартынов, В. Ю. Бажин / / серия Конференций IOP: Материаловедение и инженерия, – Красноярск, V. 537. – 2019. - С. 1-4.).*

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении анализа данных, полученных на стажировке, и обосновании выбора способа управления при отклонении баланса углерода в РТП.

3. Martynov, S. A. Improving the control efficiency of metallurgical silicon production technology / S. A. Martynov, V. Yu. Bazhin // Journal of Physics: Conference Series – V. 1399. – 2019. –Р. 1-5. (*Мартынов, С. А. Повышение эффективности управления технологией производства металлургического кремния / С. А. Мартынов, В. Ю. Бажин / / Journal of Physics: серия конференций – V. 1399. – 2019. - С. 1-5.).*

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке алгоритма управления РТП при отклонении влажности восстановителя от регламентных значений.

Публикации в прочих изданиях:

1. Мартынов, С.А. Адаптивная система управления производства металлургического кремния в руднотермической печи / С.А. Мартынов, В.Ю. Бажин // Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической интердисциплинарной конференции, г. Москва: НОО «Профессиональная наука». – 2017. – С. 172 – 180.

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке адаптивной системы управления при изменяющихся технологических условиях.

2. Мартынов, С.А. Контроль положения электрода в руднотермической печи / С.А. Мартынов, В.Ю. Бажин // Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции // Санкт-Петербург: НОО «Профессиональная наука». – 2017. – С. 388 – 394.

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке алгоритма работы электрода, снижающий вероятность его поломки в процессе перепуска.

3. Мартынов С.А. Новый принцип управления процесса карботермического восстановления кремния в руднотермических печах / С.А. Мартынов, В.Ю. Бажин // XVI Международный междисциплинарный форум молодых ученых «Наука, технологии и инновации: тенденции и направления развития» г. Москва: НОО «Профессиональная наука», – 2019. – С. 32 – 36.

Личный вклад автора диссертации заключается в реализации алгоритма контроля дополнительных параметров агрегата, разработке проекта внедрения предлагаемого алгоритма.

Патенты:

1. Патент №2612340 Российская Федерация, МКП G05B 13/04 (2006.01). Адаптивная система управления: №2015148330: заявл. 10.11.2015: опубл. 07.03.2017 / Белоглазов И.И., Мартынов С.А., Фитерман М.Я., Мартынова Е.С.; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 8 с.: ил. Текст: непосредственный.

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

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017611642 Российская Федерация. Система контроля электрода руднотермической печи в процессе получения металлургического кремния

карботермическим способом: № 2016663921: заявл. 19.12.2016: опубл. 07.02.2017 / С.А. Мартынов, В.Ю. Бажин, Л.Н. Никитина, А.В. Бойков; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.: ил. – Текст: непосредственный.

Личный вклад автора диссертации заключается в программной реализации алгоритма управления электродом, снижающим вероятность его поломки.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях, в том числе на: I Международной научно-практической интердисциплинарной конференции «Фундаментальные и академические прикладные исследования» (Москва, 15 мая 2017 год); I Международной научно-практической конференции «Творческие и инновационные подходы в образовании, науке и искусстве» (Санкт-Петербург, 13 ноября 2017 год); Международной научно-технической конференции «Автоматизация» (Сочи, 9-16 сентября 2018 год), XVI Международном междисциплинарном форуме молодых учёных «Наука, технологии и инновации: тенденции и направления развития» (Москва, 25 марта 2019 год); Международной научно-практической конференции «International Conference on Advancing Knowledge from Multidisciplinary Perspectives in Science, Engineering & Technology» (Красноярск, 4-6 апреля 2019 год), Международной конференции «Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering» (APITECH-2019) (Красноярск, 25-27 сентября 2019 года), а также обсуждались на заседаниях объединенного научно-технического совета Санкт-Петербургского горного университета, на заседаниях кафедры автоматизации технологических процессов и производств и получили одобрение.

В диссертации Мартынова С.А. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: инженера-программиста ООО «НПФ Руминтек», к.т.н. **В.В. Губина**; генерального

директора ООО «Строительство и разработка инженерных и управляющих систем» (ООО «СИРИУС»), к.т.н. **Р.Д. Павлова**; начальника отдела АСУ ТП ООО «Центр профессионального аутсорсинга «Ресурс», к.т.н. **А.Н. Николаева**; заведующего кафедрой Автоматизации технологических процессов и производств ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» Высшая школа энергетики, к.т.н. доцента **Д.А. Ковалёва**; директора по развитию бизнеса Rocky АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» Филиала в СЗФО, к.т.н. **А.Ю. Феоктистова**; 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:

На странице 12 автор пишет, что разработанный алгоритм был апробирован в условиях действующего производства. Следовало бы написать «разработанный алгоритм был опробован в условиях действующего производства» (к.т.н. В.В. Губин).

На рисунке 7 автор приводит структурную схему системы регулирования с адаптивной настройкой регулятора, но не ясно для какого контура предлагается внедрить данную систему (к.т.н. В.В. Губин).

На странице 15 сделана опечатка, написано «распределение температурных полей», вернее было бы написать «распределение температурного поля» (к.т.н. Р.Д. Павлов).

Насколько универсальный программный продукт по адаптивной настройке регуляторов без применения дополнительных управляющих воздействий на контур управления, возможно ли его применение в других

контурах управления РТП или на других промышленных объектах металлургической промышленности (к.т.н. Р.Д. Павлов)?

С помощью какого оборудования предлагается определять наличие отклонения электрода от своего осевого положения (к.т.н. А.Н. Николаев)?

Возможно ли применять адаптивный алгоритм настройки регуляторов в других контурах управления или на других руднотермических печах (к.т.н. А.Н. Николаев)?

Какие были сделаны допущения при разработке математической модели РТП, показывающей распределение температурного поля (к.т.н. Д.А. Ковалёв)?

Не ясно какие именно возмущающие воздействия были использованы при математическом моделировании адаптивной настройки регулятора (к.т.н. Д.А. Ковалёв)?

На странице 12 сделана опечатка, написано «Для этого нужно добавить данный параметр с SCADA-систему», вернее было бы написать «в SCADA-систему» (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

Из автореферата не ясно как должен реагировать оператор в случае, если появляется сигнал «отклонение положение электрода» (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

Из автореферата не ясна значимость создания 3D модели теплового поля рабочего пространства РТП, не указаны программные продукт с помощью которого проводилось численное моделирование и граничные условия (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

В автореферате не сказано, в какое производство получили внедрение результаты исследования (д.т.н. А.В. Кочегаров).

В автореферате автор не указал, какую он брал за основу математическую модель, адекватно описывающую технологический процесс. И какие именно дополнительные контролируемые параметры он вводил, и как они влияют на стабилизацию технологического процесса (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 теплового поля руднотермической печи с учётом влажности шихтовых материалов

предложены способ снижения удельного расхода электроэнергии на 3-5% и повышения производительности на 10-15% за счет повышения точности регулирования благодаря учёту изменяющейся влажности восстановителя и способ снижения вероятности поломки электрода во время его перепуска за счёт контроля отклонения электрода от своего осевого положения процесса получения металлургического кремния в РТП на предприятии ООО «РУСАЛ Кремний Урал»;

доказана эффективность применения системы контроля положения электрода и адаптивного алгоритма настройки регулятора для снижения вероятности поломки электродов и снижения энергозатрат производства металлургического кремния в РТП;

введены дополнительные контролируемые параметры в SCADA-систему.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:

доказаны положения по реализации предлагаемого способа контроля положения электрода в РТП путём внедрения дополнительных контролируемых параметров АСУ ТП с учётом показателей влажности шихтовых материалов с применением адаптивного алгоритма настройки для стабилизации технологического процесса карботермического восстановления кремния;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов математической обработки данных и математического моделирования, реализованные при анализе данных, полученных в ходе лабораторных опытов и промышленных испытаний;

изложены новые подходы к непрерывному мониторингу состояния электродов руднотермической печи и к учёту изменения влажности древесного угля непосредственно в SCADA-системе;

раскрыты дополнительные возможности системы управления с учётом изменяющихся технологических показателей таких как влажность шихтовых материалов с применением алгоритма адаптивной настройки параметров регулятора с целью стабилизации основных технологических параметров;

изучен процесс распределения теплового поля в ванне РТП с учётом изменения доли восстановителя в шихте и выделения тепловой энергии в подэлектродном пространстве;

проведена модернизация существующей системы управления в термическом цехе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

разработаны и внедрены алгоритм управления перемещением электродов, снижающим вероятность их поломки и дефектности во время перепуска и алгоритм адаптивной настройки параметров регулятора (патент на изобретение №2612340 и свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2017611642),

определены перспективы использования способа контроля и управления технологическими параметрами при производстве металлургического кремния;

создана математическая модель адаптивной системы управления РТП;

представлены рекомендации по внедрению дополнительных технологических параметров в существующую SACAD-системы для стабилизации основных технологических параметров;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

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

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

идея базируется на разработке алгоритма управления положением электродов во внутритрипечном пространстве с внедрением системы мониторинга отклонения электрода от своего осевого положения, также на разработке адаптивного алгоритма настройки регуляторов;

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

установлена сходимость лабораторных исследований с теоретическими исследованиями;

использовано сравнение 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 Мартынову С.А. ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-технической задачи управления тепловым состоянием руднотермической 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