

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 17.09.2020 № 35

О присуждении **Мартыновой Елизавете Сергеевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Автоматизированный контроль теплового состояния электродных печей при регулировании мощности электрической дуги» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия) принята к защите 07.02.2020 года, протокол № 14 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, Мартынова Елизавета Сергеевна, 1989 года рождения, в 2016 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»; аспирантка очной формы обучения кафедры автоматизации технологических процессов и производств Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

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:

Душин Сергей Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра Автоматики и процессов управления, профессор;

Николаев Александр Николаевич, кандидат технических наук, общество с ограниченной ответственностью «Центр профессионального аутсорсинга «Ресурс», начальник отдела АСУ ТП; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»**, г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Пыркиным Антоном Александровичем, доктором технических наук, профессором, деканом факультета Систем управления и робототехники; Никитиной Марией Владимировной, кандидатом технических наук, ученым секретарем факультета Систем управления и робототехники; утвержденном Никифоровым Владимиром Олеговичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны эффективные технические решения по повышению уровня контроля и управления дуговыми сталеплавильными печами.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 8 печатных трудах, в том числе в 4 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 1 статье – 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.

Общий объем – 2 печатных листа, в том числе 1.5 печатных листа – соискателя.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В изданиях из Перечня ВАК:

1. Мартынова, Е.С. Контроль мощности открытой электрической дуги электродной печи / А.А. Педро, В.Ю. Бажин, А.П. Суслов, А.Ю. Фирсов, Е.С. Мартынова // Сталь. – 2017. – № 7. – С. 21–23.

Личный вклад соискателя заключается в статистической обработке экспериментальных значений и анализе полученных результатов.

2. Мартынова, Е.С. Контроль теплового состояния футеровки дуговой сталеплавильной печи / Е.С. Мартынова, В.Ю. Бажин, Л.Н. Никитина // Новые огнеупоры. – 2018. – № 4. – С. 11.

Личный вклад соискателя заключается в обосновании применения контроля футеровки дуговой сталеплавильной печи с помощью дополнительных приборов измерения.

3. Мартынова, Е.С. Автоматизированный контроль и управление тепловым состоянием дуговой сталеплавильной печи на примере ДСП-90 / Е.С. Мартынова, В.Ю. Бажин, Л.Н. Никитина // Электromеталлургия. – 2018. – № 12. – С. 23-27.

Личный вклад соискателя заключается в разработке методик, лабораторной установки и проведении лабораторных исследований теплового состояния дуговой сталеплавильной печи ДСП-90.

4. Мартынова, Е.С. Актуальные проблемы эффективного управления дуговыми сталеплавильными комплексами / Е.С. Мартынова, В.Ю. Бажин, Л.Н. Никитина, А.И. Козырев // Сталь. – 2018. – № 12. – С. 21–23.

Личный вклад соискателя заключается в проведение экспериментальных исследований, статистической обработке экспериментальных значений и анализе полученных результатов.

В издании, индексированном в международной базе Scopus:

5. Martynova, E.S. Increasing the level of control and management of arc steel-smelting furnaces / E.S. Martynova, V.Yu. Bazhin, V.G. Kharazov // IOP Conference Series: MSE, – Krasnoyarsk, Russia. – April 4-6, 2019. – V. 537. – P. 1-6. (Мартынова, Е.С. Повышение уровня контроля и управления дуговыми сталеплавильными печами / Е.С. Мартынова, В.Ю. Бажин, В.Г. Харазов // Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия, –Красноярск, Россия, 2019. – 4-6 апреля. –№ 537. – С. 1-6.)

Личный вклад соискателя заключается в программной реализации алгоритма для контроля параметров ДСП и его реализации в программном пакете Matlab.

В прочих изданиях:

6. Martynova, E.S. The project to control the thermal state of the electric arc furnace at the existing production / E.S. Martynova, V.Yu. Bazhin // International Conference on Advancing Knowledge from Multidisciplinary Perspectives in Science, Engineering & Technology: Conference Proceedings, February 25th, USA, 2019. – P. 66-70. (Мартынова, Е.С. Проект управления теплового состояния электродуговой печи на существующем производстве / Е.С. Мартынова, В.Ю. Бажин // Международная конференция «Развитие знаний с многопрофильных точек зрения в науке, технике и технике: отчет о работе конференции», 25 февраля, США, 2019. – С. 66-70.)

Личный вклад соискателя заключается в разработке методик и проведении лабораторных исследований теплового состояния печи ДСП, реализации алгоритма контроля дополнительных параметров агрегата, разработке проекта внедрения предлагаемого алгоритма.

Патенты на изобретения, свидетельства на программы для ЭВМ:

7. Патент №2612340 Российская Федерация, МПК 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 соискателя заключается в проведении патентного поиска, разработке модели адаптивной системы управления, формулировке основных выводов.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018614175 Российская Федерация. Управление тепловым состоянием дуговой сталеплавильной печи: №2018611554: заявл. 19.02.2018: опубл. 02.04.2018 / Е.С. Мартынова, В.Ю. Бажин, П.А. Петров, Л.Н. Никитина; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.: ил. – Текст: непосредственный.

Личный вклад соискателя заключается в программной реализации алгоритма управления тепловым состоянием дуговой сталеплавильной печи.

В диссертации Мартыновой Е.С. 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: I Международной научно-практической интердисциплинарной конференции «Фундаментальные и академические прикладные исследования» (Москва, 15 мая 2017 год); Международной междисциплинарной конференции «Инновации в области науки, техники, бизнес-инженерии, образовании» (Екатеринбург, 30 апреля 2018 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 во Фрайбергской горной академии (Фрайберг, 6-7 июня 2019 год), а также обсуждались на заседаниях объединенного научно-технического совета Санкт-Петербургского горного университета, на заседаниях кафедры автоматизации технологических процессов и производств и получили одобрение.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: генерального директора ООО «МИКСИНГ», д.т.н., профессора **В.М. Барабаша**, генерального директора ООО «ИнжПром», к.т.н. **Э.Д. Кадырова**; заведующего кафедрой «Автоматизация технологических процессов» ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (ТвГТУ), д.т.н., доцента **Б.И. Марголиса**; директора Инженерной школы, доцента кафедры электромеханики и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», директора Инженерной школы, к.т.н. **С.В. Солёного**; главного инженера ООО «СТЕЛЛА» к.т.н. **М.В. Севергина**; ведущего научного сотрудника, заведующей научно-техническим отделом открытого акционерного общества «Научно-исследовательский институт по передаче электроэнергии постоянным током высокого напряжения» (ОАО «НИИПТ») к.т.н. **О.В. Сусловой**; директора по развитию бизнеса Rocky АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» Филиала в СЗФО к.т.н. **А.Ю. Феоктистова**; начальника отдела автоматики АО «ТОМС инжиниринг» к.т.н. **В.В. Васильева**; заведующего кафедрой Автоматизации технологических процессов и производств ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» Высшей школы технологии и энергетики, к.т.н., доцента **Д.А. Ковалёва**.

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:

Каким образом было измерено расстояние от дуги до огнеупорной части печи при проведении эксперимента на производстве (д.т.н. В.М. Барабаш)?

С моей точки зрения, необходимо пояснить рисунок 11 в автореферате (д.т.н. В.М. Барабаш).

Из текста автореферата остается непонятным, может ли данный алгоритм управления тепловым состоянием ванны и конструктивных элементов печи и

температурой расплава посредством изменения длины дуги применен для других электродных печей (к.т.н. Э.Д. Кадыров)?

Не указан тип термопары, которая использовалась для измерения температуры при проведении эксперимента (к.т.н. Э.Д. Кадыров).

В формулах (6), (7) допущены опечатки при описании градиента 2-го порядка температуры футеровки печи по координате. В граничном условии математической модели температурного поля футеровки печи используется формула конвективного теплообмена по закону Ньютона и не учитывается радиационный теплообмен, что могло бы повысить точность разрабатываемых алгоритмов управления. В этом случае необходимо рассмотреть эффективный коэффициент теплоотдачи от окружающей среды (электрической дуги и металла) к футеровке. Проблемы к решению этой проблемы и идентификации эффективного коэффициента теплообмена в автореферате не изложены (д.т.н. Б.И. Марголис).

Не приводятся данные об использовании других методов контроля температурного состояния дуговой печи (к.т.н. С.В. Солёный).

На рисунке 8 не подписаны оси (к.т.н. С.В. Солёный).

Каким образом автор оценивал начальное тепловое состояние печи при задании начальных условий для моделирования (страница 14 автореферата) (к.т.н. М.В. Севергин)?

На рисунке 11 автореферата представлен блок «Синтез регулятора». Следовало бы пояснить, что автор имел в виду (к.т.н. М.В. Севергин).

Из автореферата непонятно, по какой причине рассчитанный коэффициент огнеупорности за плавку превышает допустимые значения (с. 11) (к.т.н. О.В. Сулова).

Какие термопары предлагается использовать для контроля температуры электродов (к.т.н. О.В. Сулова)?

Не представлены настройки предлагаемого регулятора (к.т.н. О.В. Сулова).

Из автореферата не понятно, какая шихта использовалась для проведения экспериментального исследования в лабораторных условиях (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

Из автореферата не ясно, сколько слоев футеровочных материалов имеется в печи (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

В автореферате недостаточно проработан вопрос способа и места установки термопар ТПП (S) в контрольных точках с целью получения достоверных данных по температуре футеровки и электродов в условиях резко нестационарного теплового режима дуговой печи. Каким образом в АСУ ТП учитываются отличия температуры на футеровке и на термопаре в зависимости от положения относительно поверхности футеровки, скорости изменения температуры, материала защитного кожуха термопары (к.т.н. В.В. Васильев)?

Из автореферата осталось не ясным и требует дополнительного пояснения, каким образом достигается применение алгоритмов адаптации регулятора, структурная схема которого представлена на рисунке 11 (стр. 17 автореферата). Какую функцию выполняют блоки «Синтез регулятора», «Идентификация процесса» и «Оценка состояния»? Каким образом осуществляется сравнение текущих и требуемых (желаемых) параметров процесса? Требуемые (желаемые) параметры процесса на структурной схеме не отражены совсем (к.т.н. В.В. Васильев).

Первая задача исследований: «Анализ состояния современных систем управления дуговыми сталеплавильными печами и температурным состоянием процесса, выполнение патентное исследование» не может являться таковой, так как анализ проводят до постановки задач исследования (к.т.н. Д.А. Ковалёв).

На рисунке 8 следовало бы подписать оси. Почему осей 3 (к.т.н. Д.А. Ковалёв)?

В заключении автореферата следовало бы указать рекомендации по перспективам и дальнейшей разработке темы (к.т.н. Д.А. Ковалёв).

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:

разработан алгоритм управления тепловым состоянием дуговой сталеплавильной печи, который позволяет контролировать измерения температуры в нескольких точках и более точно оценить длину дуги, что повышает уровень управления тепловым состоянием печи при дополнении к существующим SCADA-системам, а также дает возможность прогноза и оценки технологической ситуации для эффективности управления процессом плавки в ДСП на предприятии ООО «Ростовский электрометаллургический завод»;

предложен способ контроля параметров дуговых печей, который позволяет уменьшить энергозатраты на 10-15% и повысить качество готового расплава, снизить количество преждевременно выходящих из строя электродов и подовой и боковой футеровки за счет повышения достоверности данных теплового состояния печи;

доказана эффективность применения адаптивной АСУ ТП для снижения энергозатрат производства стали в ДСП-90;

введены передаточные коэффициенты расплава и элементов футеровки печи.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения по реализации предлагаемого способа контроля теплового состояния электродуговой печи путем внедрения дополнительных функций АСУ ТП с учетом показателей теплового режима печи на основе косвенного контроля температуры электродов и конструктивных элементов с применением алгоритмов адаптации параметров регулятора для стабильного технологического процесса плавки многокомпонентной шихты;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов математической обработки архивных данных и математического моделирования, реализованные при анализе теплового состояния ванны дуговой сталеплавильной печи и ее конструктивных элементов, определении передаточного теплового коэффициента электродуговой печи на основе полученных зависимостей между температурами расплава и элементами футеровки, и электродов;

изложены новые подходы к непрерывному контролю и управлению температурным полем в ванне, футеровке, кожухе и электродах печи при перемещении электродной свечи в ДСП непосредственно в SCADA-системе;

раскрыты дополнительные возможности АСУ ТП с учетом показателей теплового режима печи на основе косвенного контроля температуры электродов и конструкционных элементов с применением алгоритмов адаптации параметров регулятора для стабильного технологического процесса плавки многокомпонентной шихты;

изучен процесс теплораспределения в ванне печи, футеровке и электродах;

проведена модернизация существующей SCADA-системы в электросталеплавильном цехе.

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

разработаны и внедрены программные продукты для контроля технологических параметров ДСП и управления процессом плавки металлолома (патент на изобретение №2612340 и свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2018614175), апробированные в условиях действующего производства;

определены перспективы использования способа контроля и управления тепловым состоянием ДСП;

создана математическая модель адаптивной АСУ ТП ДСП;

представлены рекомендации по внедрению дополнительных технологических параметров в существующую SCADA-систему для непрерывного мониторинга технологического процесса производства стали.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты 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 диссертации;

идея базируется на разработке способа измерения температуры ванны печи с последующим использованием данной информации в системе управления для повышения степени контроля и управления дуговой сталеплавильной печью;

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 сталеплавильного производства; научном обобщении полученных результатов и подготовке публикаций.

На заседании 17.09.2020 года диссертационный совет принял решение присудить Мартыновой Е.С. ученую степень кандидата технических наук за

решение важной научно-технической задачи управления тепловым состоянием дуговой сталеплавильной 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

Ученый секретарь
диссертационного совета

17.09.2020



Сизяков Виктор Михайлович

Бодуэн Анна Ярославовна