

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.217.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 03.12.2018 г. № 11

О присуждении Артур Марии Хамильевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов температурных режимов индукционного нагрева» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы) принята к защите 21 сентября 2018 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 212.217.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказом Минобрнауки РФ №1119/нк от 16 ноября 2017 г.

Соискатель Артур Мария Хамильевна, 1985 года рождения, в 2008 году окончила магистратуру по направлению «Автоматизация и управление» государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет», в 2012 - аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет», работает помощником проректора в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Плешивцева Юлия Эдгаровна, профессор кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Першин Иван Митрофанович, д.т.н., профессор, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», заведующий кафедрой систем управления и информационных технологий;

Галунин Сергей Александрович, к.т.н., доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)», заведующий кафедрой электротехнологической и преобразовательной техники

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, в своем положительном заключении, подписанном Лачиным Вячеславом Ивановичем, д.т.н., профессором, профессором кафедры «Автоматика и телемеханика» и Дьяченко Владимиром Борисовичем, к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «Автоматика и телемеханика» и утвержденном Разореновым Юрием Ивановичем, д.т.н., профессором, первым проректором университета, указала, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и решающей новую научно-техническую задачу поиска алгоритма оптимального управления температурными режимами индукционного нагрева цилиндрических заготовок в замкнутых системах, обеспечивающих повышение точности достижения требуемых температурных режимов при минимальном расходе энергии.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ (1 в издании, индексируемом Scopus, 4 – рекомендованных ВАК РФ). Опубликованные работы содержат выполненные соискателем постановки и решения задачи синтеза алгоритма управления процессом индукционного нагрева, оптимального по критерию в виде взвешенной суммы интегральной квадратичной ошибки регулирования и расхода энергии на процесс управления в замкнутых системах. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Суммарный объем опубликованного материала с участием соискателя составляет 3,525 печатных листа, объем принадлежащего соискателю материала - 2,94 печатных листа.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Artur, M.Kh. Synthesis of Feed-Back System of Optimal Control for Numerical Model of Induction Heating Process of Steel Cylindrical Billets [Текст] / M.Kh. Artur, Y.E. Pleshivtseva // International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (9-16 сентября 2018 г., г. Сочи) с. 1-6;
2. Лапицкая (Артур), М.Х. Синтез алгоритмов оптимального управления процессом индукционного нагрева массивного тела [Текст] / М.Х. Лапицкая (Артур) // Вестник Самарского Государственного Технического Университета. Серия «Технические науки», № 1 (29) 2011 г. с. 220 – 226;
3. Лапицкая (Артур), М.Х. Аналитическое конструирование оптимального регулятора в

системе управления процессом индукционного нагрева цилиндрических заготовок [Текст]/М.Х. Лапицкая (Артур)// Вестник Самарского Государственного Технического Университета. Серия «Технические науки», № 4 (32) 2011 г., с. 165-171;

4. Артур, М.Х. Синтез алгоритмов оптимального управления процессом индукционного нагрева стальной цилиндрической заготовки при неполном измерении состояния [Текст] / М.Х. Артур // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2017. № 3 (55). с. 7-15;

5. Артур, М.Х. Синтез замкнутой системы оптимального управления численной моделью процесса индукционного нагрева стальных цилиндрических заготовок [Текст] /М.Х Артур, Ю.Э. Плешивцева//Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. №1 (197). с. 29-36.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

1. Отзыв ведущей организации ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова». В отзыве приведены следующие замечания: обоснование выбора значений весовых коэффициентов в критерии оптимальности нуждается в более подробных пояснениях; в работе не определены ограничения, при которых становится возможным использование одного датчика для контроля пространственно- распределенного температурного поля нагреваемой заготовки, и остаются неясными требования, предъявляемые к датчику температуры, при которых становится возможным подобный контроль; нечетко определены условия, при которых алгоритм синтеза оптимального регулятора, разработанный для одномерной модели процесса нагрева, может быть распространен на систему управления двумерной численной моделью; желательно привести более развернутое описание технической реализации замкнутой системы управления двумерной численной моделью процесса индукционного нагрева; имеется ряд неточных формулировок и технических ошибок;

2. В отзыве официального оппонента, д.т.н., профессора, Першина И.М., Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», отмечены неясность учета устойчивости вычислительных процедур при численном моделировании, недостаточно подробное описание взаимосвязи весовой функции и нормированного весового коэффициента, а также содержится замечание относительно определения пределов интегрирования в некоторых выражениях;

3. В отзыве официального оппонента, к.т.н., доцента Галунина С.А., ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург, указывается на отсутствие исследования оптимального алгоритма для случая использования индукционного нагрева перед прокаткой после предварительного нагрева заготовки в газовой печи; на недостаточно подробное описание технической реализации управления двумерной моделью процесса индукционного нагрева, в том числе процедуры определения погрешности измерения; на отсутствие информации об источнике питания для

реализации замкнутой системы управления; на недостаточно подробное определение границ применимости предлагаемого алгоритма, а также выказан ряд замечаний терминологического и редакционного характера.

На автореферат диссертации поступили 8 отзывов.

1. Отзыв зав. каф. «Автоматика и управление» д.т.н., проф. Казаринова Л.С. и доцента каф. «Автоматика и управление», к.т.н. Озерова Л.А. ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (г. Челябинск). В замечаниях отмечаются слабая экспериментальная апробация разработанных алгоритмов оптимального управления в индукционных нагревательных установках и отсутствие сравнительных результатов с экспериментальными данными, а также недостаточная прозрачность расчетов весовых коэффициентов в критерии оптимальности.
2. Отзыв зав. каф. систем автоматизации производства, д.т.н., проф. Султанова Н.З. и доцента каф. управления и информатики в технических системах, к.т.н., доцента Тугова В.В. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (г. Оренбург). Замечания связаны с отсутствием сведений об учете зависимости теплофизических свойств материала от температуры при постановке задачи оптимального управления и оценки повышения точности стабилизации температуры.
3. Отзыв ученого секретаря Института проблем точной механики и управления РАН (г. Саратов) д.т.н., с.н.с. Иващенко В.А. В замечаниях указано на недостаточно подробное описание определения значений весовых коэффициентов в критерии оптимальности и их влияния на эффективность решения задачи, а также отмечается неясность оценки энергоэффективности по сравнению с релейной стабилизацией.
4. Отзыв проф. каф. «Техническая кибернетика» д.т.н., проф. Ильясова Б.Г. и зав. каф. «Техническая кибернетика», д.т.н., проф. Гвоздева В.Е. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (г. Уфа). В отзыве содержатся замечания, касающиеся модернизации результатов для управления процессом нагрева заготовок нецилиндрической формы; оценки затрат энергии для увеличения точности управления на 1%, выбора количества точек измерения и обоснования их координат.
5. Отзыв проф. каф. информатики ФГБОУ ВО «Саратовская государственная юридическая академия» (г. Саратов), д.т.н., проф. Подчукаева В.А. В замечаниях указано на ошибочную интерпретацию поставленной задачи как векторной оптимизации и недостаточное описание результатов применения пакета ANSYS.
6. Отзыв доцента каф. автоматизации технологических процессов ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (г. Тверь), к.т.н., доцента Кузина П.К. Замечание связано с неясностью требований к конечному состоянию системы в критерии оптимальности.
7. Отзыв доцента каф. «Электроснабжение промышленных предприятий и электротехнологий» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Москва), к.т.н., доцента Федина М.А. Замечания касаются степени

применимости предлагаемого алгоритма для управления процессом индукционного нагрева заготовок из ферромагнитных сталей и интеграции численных моделей в замкнутую систему управления при технической реализации.

8. Отзыв проф. каф. «Электротехника и электротехнологические системы», д.т.н., проф. Сарапулова Ф.Н., зав. каф. «Электротехника и электротехнологические системы», д.т.н., доцента Фризена В.Э., ФГБОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург). Замечания касаются учета зависимости электрофизических и магнитных свойств нагреваемой заготовки от температуры и напряженности при двумерном моделировании и учета влияния частоты тока при синтезе регулятора.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы Артур М.Х. требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», указывается, что ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается многолетним опытом работы, высокой компетентностью в области управления технологическими процессами и соответствием научных интересов тематике диссертации, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** новая методика решения задачи синтеза алгоритма оптимального управления температурным режимом индукционного нагрева стальных цилиндрических заготовок, позволяющая в условиях неполного измерения состояния объекта построить эффективную замкнутую систему оптимального управления процессом индукционного нагрева;
- **предложены** впервые алгоритм оптимального управления и методика синтеза замкнутых систем оптимального управления процессом индукционного нагрева по критерию в форме взвешенной суммы погрешности регулирования и энергетических затрат на процесс управления при неполном измерении состояния управляемого объекта;
- **доказана** перспективность использования полученных результатов на практике для повышения эффективности технологического процесса индукционного нагрева на основе разработанного алгоритма оптимального управления в замкнутых системах в условиях неполного измерения состояния объекта.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** перспективность расширения сферы применения метода динамического программирования на решение задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов для нелинейных объектов с распределенными параметрами;

- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы теории автоматического управления, теории оптимального управления объектами с распределенными параметрами, теории индукционного нагрева, а также методы численного моделирования;

- **изложены** условия применения методики синтеза замкнутых систем оптимального управления температурными режимами индукционного нагрева;

- **раскрыта** проблема обеспечения достижения и стабилизации требуемых температурных режимов индукционно нагреваемых металлических заготовок в условиях действующих возмущений при минимальных энергозатратах;

- **изучены** основные качественные и количественные закономерности поведения взаимосвязанных электромагнитных и температурных полей в процессе индукционного нагрева стальных заготовок цилиндрической формы, влияющие на температурные режимы индукционно нагреваемой заготовки.

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

- **разработана и внедрена** в проектные решения замкнутая система оптимального управления процессом индукционного нагрева металлических полуфабрикатов под обработку давлением с неполным измерением состояния объекта, обеспечивающая повышение точности достижения требуемых температурных режимов и снижение энергозатрат;

- **определена** перспективность применения созданной методики для синтеза замкнутых систем оптимального управления и стабилизации температурного режима индукционного нагрева цилиндрических заготовок с обратной связью по температуре, измеряемой в единственной точке;

- **создана** расчетная проблемно-ориентированная нелинейная модель процесса индукционного;

- **представлены** практические рекомендации по оптимальному управлению температурными режимами индукционного нагрева металла, которые обеспечивают эффективность систем управления процессом индукционного нагрева при их промышленном применении в условиях действующих возмущений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **теория** построена на основе использования метода динамического программирования для аналитического конструирования оптимальных регуляторов, метода конечных разностей и метода конечных элементов. Полученные выводы и рекомендации подтверждаются корректным использованием соответствующего математического аппарата, результатами компьютерного моделирования, научным обоснованием принятых положений и допущений, подробным анализом и оценкой полученных результатов;

- **идея базируется** на применении современных методов теории управления объектами с распределенными параметрами, методов численного моделирования, а также на анализе работ отечественных и зарубежных авторов;

- **использованы** теоретически обоснованные методы численного моделирования процессов индукционного нагрева цилиндрических заготовок;
- **установлено** соответствие результатов численного моделирования процесса индукционного нагрева экспериментальным данным.

Диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно «Положению о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., паспорту научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы): пункту 1 «Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки», пункту 3 «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.», пункту 5 «Теоретические основы, средства и методы промышленной технологии создания АСУТП, АСУП, АСТПП и др.», а ее автор, Артур Мария Хамильевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Личный вклад соискателя состоит в решении научных и технических задач на всех этапах проведения диссертационного исследования: постановка и решение задачи аналитического конструирования оптимального регулятора температурного режима индукционного нагрева в условиях неполного измерения состояния, разработка численных моделей взаимосвязанных электромагнитных и тепловых полей в процессе индукционного нагрева стальных цилиндрических заготовок в замкнутых системах управления. Лично автором и в соавторстве подготовлено 11 публикаций по выполненной работе.

На заседании № 11 от 3 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Артур М.Х. ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 10 докторов наук по научной специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за присуждение учёной степени» - 17, «против» - 0, «недействительных бюллетеней» – 0.

Председатель диссертационного
совета Д 212.217.07

Лившиц
Михаил Юрьевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.217.07

Абакумов
Александр Михайлович

3 декабря 2018 г.

