

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и
инновациям
СГТУ имени Гагарина Ю.А.
д.т.н., профессор

А.А. Сытник

_____ 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации Животягина Дениса Александровича на тему «Исследование и разработка алгоритмов управления переходными режимами индукционных установок методического действия для нагрева алюминиевых сплавов перед деформацией», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.10 – «Электротехнология»

1. Актуальность избранной темы

Диссертационная работа Животягина Д.А. посвящена актуальной проблеме повышения энергоэффективности многосекционных индукционных нагревательных установок в технологических комплексах обработки металла на деформирующем оборудовании.

Наиболее остро проблема повышения энергоэффективности стоит в таких энергоемких отраслях промышленности, как металлургическая и машиностроительная, являющиеся крупнейшими потребителями электроэнергии. Известно, что большая доля энергии приходится на процессы, связанные с технологиями горячей обработки металла.

Одной из основных статей расхода, влияющих на эффективность работы комплекса для обработки металла давлением, является энергия, затрачиваемая на нагрев заготовок. Эффективность работы комплекса в значительной степени зависит от эффективности работы электротермического оборудования.

В настоящее время детально исследованы вопросы управления установившимися режимами работы индукционных нагревательных установок, а также переходными режимами работы периодических и односекционных методических индукционных нагревателей, в то же время задачи эффективного управления нестационарными режимами работы многосекционных индукционных нагревателей методического действия с дискретной выдачей заготовок остаются наименее исследованными.

В переходных режимах актуальной проблемой является управление функционированием многосекционных индукционных нагревателей таким об-

разом, чтобы обеспечить минимальные энергозатраты и максимальное быстрое действие при выходе на установившийся режим. Сложности решения этой задачи связаны с особенностями многосекционных методических нагревателей, предназначенных для нагрева в одном индукторе заготовок различных размеров. В этой ситуации число заготовок не совпадает с числом секций нагревателя, и возникают проблемы, связанные с необходимостью учета краевых эффектов и наличия двух автономных источников теплоты в отдельно взятой заготовке.

В этой связи задачи разработки уточненных математических моделей, разработка и исследование на их базе алгоритмов эффективного управления нестационарными режимами работы многосекционных индукционных нагревателей методического действия и методов их реализации имеют существенное значение и являются актуальными.

2. Связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства

Диссертационная работа Животягина Д.А. на тему «Исследование и разработка алгоритмов управления переходными режимами индукционных установок методического действия для нагрева алюминиевых сплавов перед деформацией», посвященная разработке уточненных математических моделей взаимосвязанных электротепловых процессов при индукционном нагреве крупногабаритных заготовок перед прессованием и созданию на этой основе инженерных методик расчета параметров процесса нагрева и алгоритмов управления, обеспечивающих повышение технико-экономических и эксплуатационных показателей индукционных нагревательных комплексов, относится к «Приоритетным направлениям развития науки, технологии и техники в Российской Федерации, п.8 «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная техника» (утв. Указом Президента РФ от 07. 07. 2011г. №899) и связана с основной целью энергетической политики России, регламентированной Энергетической стратегией России на период до 2030 г.

Работа выполнялась в рамках фундаментальной НИР при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00212 А по заданию Министерства образования РФ.

3. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

При решении проблемы повышения энергоэффективности индукционных нагревательных установок большое значение имеют вопросы создания уточненных математических моделей взаимосвязанных электромагнитных и тепловых процессов при нагреве немагнитных сплавов и разработки на базе полученных моделей режимных параметров индукционных нагревателей, обеспечивающих качественные и экономичные переходные режимы нагревателей.

В качестве одного из основных научных результатов, полученных автором, можно отметить уточненную численную математическую модель взаи-

мосвязанных электромагнитных и тепловых процессов индукционного нагрева заготовок из сплавов алюминия, отличающуюся от известных учетом теплового контакта между заготовками и наличием двух автономных источников тепла в отдельно взятой заготовке.

Численная математическая модель, предложенная автором, позволяет учесть сложную зависимость распределения источников тепла в многосекционном индукционном нагревателе, обусловленную непрерывным изменением положения заготовок по длине загрузки, что приводит к изменению электрических параметров системы «индуктор–загрузка» в процессе нагрева.

Для решения задач управления нестационарными режимами разработана методика поиска параметров управления многосекционным нагревателем, отличающаяся учетом зависимости распределения удельной мощности нагрева в заготовках по длине нагревателя от пространственного положения заготовки относительно секций нагревателя в условиях смены номенклатуры заготовок.

Научная новизна предлагаемого подхода заключается в том, что он позволяет распространить стандартные модели процесса сквозного индукционного нагрева в переменном электромагнитном поле на многосекционные индукционные установки, отличающиеся сложной зависимостью характера распределения плотности внутренних источников тепла по длине загрузки от изменяющихся в процессе нагрева электрических характеристик системы.

Предложенный автором алгоритм расчета используется далее для исследования нестационарных режимов работы многосекционного индукционного нагревателя с автономными источниками энергии применительно к нагреву алюминиевых сплавов.

Важным результатом диссертационной работы Д.А. Животягина являются представленные автором алгоритмы эффективного управления многосекционным индукционным нагревателем методического действия в переходных режимах, позволяющие, в отличие от известных, исключить использование «ложных» заготовок в условиях пуска и смены типогабарита заготовок.

Таким образом, предлагаемые автором комплекс взаимосвязанных электромагнитных и тепловых моделей при нагреве немагнитных сплавов, методика, программное и алгоритмическое обеспечение, предназначенные для решения задач эффективного управления многосекционными индукционными нагревательными установками в линиях прессования и штамповки, обладают безусловной научной новизной.

4. Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов

Результаты, полученные в диссертации Д.А. Животягина, несомненно, имеют большое значение для науки и производства (практики). Так, разработанный автором комплекс взаимосвязанных электромагнитных и тепловых моделей при нагреве немагнитных сплавов, методика, программное и алгоритмическое обеспечение являются основой для решения задач эффективного управления многосекционными индукционными нагревательными установками в линиях прессования и штамповки.

Разработанные автором алгоритмы управления переходными режимами многосекционного индукционного нагревателя для нагрева широкой номенклатуры заготовок из сплавов алюминия перед обработкой на деформирующем оборудовании, обеспечивают существенное снижение энергозатрат.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Д.А. Животягина использованы в научно-исследовательской работе в виде алгоритмического и программного обеспечения при исследовании электромагнитных и тепловых полей в системах индукционного нагрева, на предприятии «Самарский металлургический завод» для расчета системы управления многосекционной индукционной установкой методического действия для нагрева заготовок перед прессованием, в учебном процессе Самарского государственного технического университета при подготовке бакалавров и магистров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Рекомендуется дальнейшее использование результатов диссертационного исследования Д.А. Животягина в вышеуказанных организациях, а также на предприятиях, специализирующихся на разработке индукционных нагревательных установок методического действия.

6. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Результаты, полученные в диссертационной работе Д.А. Животягина, являются обоснованными и достоверными. Достоверность полученных результатов обусловлена:

– применением известных численных методов решения задач математической физики, использованием современных эффективных методов исследования, базирующихся на методах теории электромагнитного поля, теории теплопроводности, методов автоматического управления системами с распределенными параметрами;

– сравнением полученных автором результатов экспериментов на численных моделях электромагнитных и тепловых процессов с результатами, полученными другими авторами.

7. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению

Диссертационная работа Животягина Д.А. содержит введение, четыре главы, заключение. Текст диссертации написан на 165 страницах, содержит 148 иллюстраций, 45 таблиц, основные выводы по результатам научных исследований, список использованной литературы. Диссертационная работа представляет собой последовательное и аргументированное изложение решений поставленных автором задач. Оформление работы аккуратное, соответствует установленным требованиям.

Изложение материалов диссертационной работы структурировано логически и, несмотря на ряд незначительных неточностей, осуществлено технически грамотным языком. Цитаты и используемый материал сопровождаются ссылками. Диссертация написана в форме, позволяющей получить полное и достаточно подробное представление о материалах исследований, проведенных автором. Математический аппарат адекватен решаемым задачам и корректно используется автором диссертации.

Достоинством диссертации является наличие большого количества графического материала, подтверждающего достоверность предложенных методик и алгоритмов.

Диссертационная работа Д.А. Животягина, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершенным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-методическом уровне, содержит совокупность новых научных результатов, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

В ходе обсуждения диссертационной работы высказаны следующие замечания:

1. Для учета теплообмена между заготовками автор предлагает ввести условный «твердый» слой с различной толщиной и теплопроводностью. Неясно, как из полученного набора параметров вставки выбирается необходимый вариант и как оценивается погрешность расчета (раздел 2).

2. В разделе 2 для решения задачи управления с использованием замкнутой системы регулирования предусматривается выбор контрольных точек на геометрической модели заготовок. Как выбираются контрольные точки, автор не поясняет.

3. В разделе 3 автор исследует влияние вариации температурного распределения на электрический режим работы системы «преобразователь частоты–индуктор». Автор выяснил, что для стабилизации коэффициента мощности частота должна варьироваться в пределах $49,3 \pm 50$ Гц. Для стабилизации коэффициента мощности нагрузочного контура используются возможности частотного преобразователя. Однако не ясно, может ли частотный преобразователь обеспечить регулирование частоты с такой точностью?

4. Автор исследует переходные режимы при разных интервалах нагрева, не привязывая темп выдачи нагретых заготовок к темпу работы деформирующего оборудования. Однако, как правило, темп работы нагревателя определяется темпом работы пресса или штампа, и именно индукционный нагреватель является сдерживающим звеном в комплексе «нагреватель – деформирующее оборудование».

5. Раздел 4. На рис.4.24, 4.26, 4.28 на некоторых диаграммах температуры есть участки возрастания температуры и участки постоянной температуры. На других диаграммах есть только возрастающие участки. В диссертации нет четкого объяснения полученных результатов.

Вышеуказанные замечания не снижают теоретической и практической ценности проведенных диссертантом исследований, и не затрагивают основ-

ных положений и результатов представленной диссертации.

8. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание, актуальность темы исследования, новизну и значимость полученных результатов, содержит все основные положения и выводы, полученные в диссертации.

9. Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

По результатам диссертационного исследования опубликованы 9 печатных работ, в том числе 3 публикации в рецензируемых изданиях ВАК РФ, 2 публикации индексируются в базе данных Scopus.

10. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Животягина Дениса Александровича на тему «Исследование и разработка алгоритмов управления переходными режимами индукционных установок методического действия для нагрева алюминиевых сплавов перед деформацией» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи (разработаны алгоритмы управления переходными режимами индукционных установок методического действия для нагрева алюминиевых сплавов перед деформацией), имеющей важное значение для научного направления, связанного с автоматизацией систем управления индукционными нагревательными установками, а именно для специальности 05.09.10 - Электротехнология и соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями).

Диссертационная работа Животягина Дениса Александровича на тему «Исследование и разработка алгоритмов управления переходными режимами индукционных установок методического действия для нагрева алюминиевых сплавов перед деформацией» соответствует паспорту специальности 05.09.10-Электротехнология и отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор диссертационной работы Животягин Денис Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 5.09.10 - Электротехнология.

Диссертационная работа Животягина Дениса Александровича на тему «Исследование и разработка алгоритмов управления переходными режимами индукционных установок методического действия для нагрева алюминиевых

сплавов перед деформацией», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук обсуждена и одобрена на расширенном заседании кафедры «Электроэнергетика и электротехника» СГТУ имени Гагарина Ю.А. (протокол № 4 от 21 октября 2020 г.)

Отзыв составила:

Заведующая кафедрой
«Электроэнергетика и электротехника»
СГТУ имени Гагарина Ю.А.

д.т.н, доцент

E-mail: sgkalganova@sstu.ru

Телефон: (8452) 99-87-88



Калганова Светлана Геннадьевна

26.10.2020

Почтовый адрес:

ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Телефоны: (8452) 99-88-11;

факс (8452) 99-88-10;

(8452) 99-86-03; факс (8452) 99-86-04

E-mail: sstu_office@sstu.ru

Сайт организации: <http://www.sstu.ru/>

*С отзывом
знакомились
В.В.С.С.
27.11.20*