

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.403.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Ф. РЕШЕТНЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.10.2022 № _____

О присуждении Бочаровой Олеся Андреевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Автоматизированная система управления процессом индукционной пайки» по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами принята к защите 28 июня 2022 (протокол заседания № 12) диссертационным советом 24.2.403.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, приказ о создании совета № 1201/нк от 07.10.2016 г.).

Соискатель Бочарова Олеся Андреевна, 28 июля 1989 года рождения, в 2013 году окончила с отличием специалитет, в 2015 году с отличием окончила магистратуру Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева по направлению информатика и вычислительная техника, в 2019 году окончила очную аспирантуру Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева. Работает старшим лаборантом на кафедре Информационно-управляющих систем в Сибирском государственном университете науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева.

Диссертация выполнена на кафедре Информационно-управляющих систем ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Мурыгин Александр Владимирович, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», заведующий кафедрой Информационно-управляющих систем.

Официальные оппоненты:

Захаренко Владимир Андреевич доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Электроника»;

Лившиц Александр Валерьевич доктор технических наук, профессор, Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь в своем положительном отзыве, подписанном Щицыным Юрием Дмитриевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Сварочное производство, метрология и технология материалов», а также Кривоносковой Екатериной Александровной, доктором технических наук, профессором кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов» указала, что диссертация является завершенной квалификационной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, содержащей новые научные результаты в области автоматизации процессов управления индукционной пайкой. Диссертационная работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Бочарова Олеся Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управления технологическими процессами и производствами.

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 21 работа, из них в научных изданиях, рекомендованных ВАК опубликовано 2 работы, 10 работ опубликовано в международных изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science и Scopus, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, опубликована 1 монография. Общий объем опубликованных соискателем трудов по теме диссертации составляет 17,94 п.л., авторский вклад 3,99 п.л. Научные работы посвящены вопросам моделирования и управления процессом индукционной пайки волноводных трактов и трубопроводов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые из них:

1. Бочарова О.А. Моделирование процесса индукционной пайки волноводных трактов из алюминиевых сплавов / О.А. Бочарова, А.В. Мурыгин, А.Н. Бочаров, Р.В. Зайцев // Сибирский журнал науки и технологий. 2020. Т. 21, No3. С. 266–273. Doi:10.31772/2587-6066-2020-21-2-266-273.

2. Bocharova O.A. Induction heating simulation of the waveguide assembly elements / O A Bocharova, V S Tynchenko, A N Bocharov, T G Oreshenko, A V Murygin, I A Panfilov // Journal of Physics: Conference Series 1353 (2019) 012040 doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012040 (ссылка на полный текст <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1353/1/012040/pdf>)
3. Bocharova, O.A. Simulation of electromagnetic and thermal processes during induction heating of pipelines in Elcut 5.1 / O. A. Bocharova, A. V. Murygin, V.S. Tynchenko, S O Kurashkin, A N Bocharov and V E Petrenko // MIST: Aerospace-III 202 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1047 (2021) 012046 doi:10.1088/1757-899X/1047/1/01204 (ссылка на полный текст <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1047/1/012046/pdf>)
4. Emilova O.A. The automated system for technological process of spacecraft's waveguide paths soldering / V S Tynchenko, A V Murygin, O A Emilova, A N Bocharov, V D Laptanok// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016 (Scopus иWoS)
5. Emilova O.A. Complex of automated equipment and technologies for waveguides soldering using induction heating / Murygin A.V., Tynchenko V.S., Laptanok V.D., Emilova O.A., Bocharov A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. - Vol. 173. – №. 1. (Scopus)
6. Emilova O.A. Modeling of thermal processes in waveguide tracts induction soldering / Murygin A.V., Tynchenko V.S., Laptanok V.D., Emilova O.A., Seregin Y.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Vol. 173. – №. 1. (Scopus)
7. Emilova O.A. A control algorithm for waveguide path induction soldering with product positioning / Tynchenko V.S., Murygin A.V., Petrenko V.E., Seregin Y.N., Emilova O.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Vol. 255. – №. 1 (Scopus иWoS)
8. Emilova O.A. Optimizing the control process parameters for the induction soldering of aluminum alloy waveguide paths / Tynchenko V.S., Murygin A.V., Petrenko V.E., Emilova O.A., Bocharov A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Vol. 255. – №. 1. (Scopus иWoS)
9. Бочарова, О.А. Автоматизированная пайка методом индукционного нагрева: монография / А.В. Мурыгин, Ю.Н. Серегин, В.С. Тынченко, А.Н. Бочаров, О.А. Бочарова; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2021. – 168 с.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Доцента кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий и электротехнологий (ЭППЭ)», к.т.н. Кулешова Алексея Олеговича, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Отзыв с 1 замечанием.
2. Заместителя главного конструктора Малышева Михаила Васильевича, АО «КБХиммаш им. А.М. Исаева», г. Королев. Отзыв с 1 замечанием.

3. Технического директора Кобзева Александра Евгеньевича, ООО НПК «ЛучЭнергоПром», г. Томск. Отзыв с 1 замечанием.

4. М.н.с. отдела физики околоземного космического пространства, к.ф.-м.н. Мыльниковой Анны Александровны, ИСЗФ СО РАН, г. Иркутск. Отзыв с 1 замечанием.

5. Начальника сектора технологий сварки и пайки – главный сварщик, к.т.н. Злобина Сергея Константиновича, АО «ИСС», г. Железногорск. Отзыв с 2 замечаниями.

6. Профессора кафедры «Системы автоматики, автоматизированного управления и проектирования», д.т.н., профессора Ченцова Сергея Васильевича, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Отзыв с 3 замечаниями.

7. Первого зам. генерального директора – технический директор, к.т.н., Якубовича Олега Петровича, АО «Красмаш», г. Красноярск. Отзыв с 1 замечанием.

8. Начальника отдела АСУП, к.т.н. Казанцева Михаила Александровича, АО «НПП «Радиосвязь», г. Красноярск. Отзыв с 2 замечаниями.

Все отзывы положительные. В замечаниях критически отражаются: отсутствие описания программного обеспечения и общих алгоритмов работы автоматизированной системы управления процессом индукционной пайки; отсутствие методики калибровки датчиков автоматизированной системы при переходе к другим материалам; а также отмечено небольшое количество экспериментальных исследований трубопроводов по сравнению с экспериментальными исследованиями процесса пайки волноводных трактов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработана** новая математическая модель индукционного нагрева элементов волноводной сборки из фланцев и трубопроводов, учитывающая конструкцию и размеры волноводов и трубопроводов, физические параметры материалов, начальные и граничные условия процесса, а также неравномерное распределение плотности вихревого тока в системе, позволяющая более точно рассчитывать и имитировать технологические параметры процесса индукционной пайки для повышения качества паяных соединений;

– **разработана** новая модель двухконтурной автоматизированной системы управления процессом индукционной пайки, основанная на применении пирометрического контроля температуры элементов паяного соединения и управлении мощностью генератора, и позиционированием заготовки, позволяющая приблизить зону нагрева деталей к индуктору и вести технологический процесс по заданным требованиям;

– **предложены** новые алгоритмы управления скоростью нагрева и положением детали относительно индуктора, позволяющие эффективно перераспределять энергию индукционного нагрева в системе «индуктор – деталь», отличающиеся от известных тем, что в процессе достижения

необходимой температуры деталей и получения паяного соединения управление производится одновременно изменением мощности генератора и положения деталей относительно индуктора;

– **доказаны** эффективность и возможность применения новых алгоритмов управления автоматизированной технологией индукционной пайки для повышения качества паяных соединений.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что: предложенная математическая модель индукционного нагрева, а также результаты моделирования электротермических процессов, протекающих при индукционной пайке, позволяют проводить теоретические исследования в области создания эффективных технологических комплексов и проектировать автоматизированные системы для индукционной пайки ответственных деталей.

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

– результаты работы **использовались** при создании автоматизированной системы индукционной пайки в рамках грантов РФФИ совместно с Красноярским краевым фондом поддержки научной и научно-технической деятельности №16-48-242029 по теме «Математическое и физическое моделирование процессов, происходящих при индукционной пайке элементов волноводных трактов», №18-48-242006 по теме «Математическое и физическое моделирование процессов, происходящих при индукционной пайке трубопроводов в защитных средах»;

– **определены** перспективы практического использования разработанных моделей и алгоритмов для управления процессом индукционной пайки.

Результаты диссертационного исследования рекомендуются к применению при переходе к передовым цифровым технологиям и интеллектуальным производственным технологиям, применяемым при создании ответственных деталей на предприятиях ракетно-космической отрасли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– экспериментальные исследования, выполненные при различных параметрах технологического процесса индукционной пайки, **подтвердили** работоспособность и эффективность разработанных алгоритмов управления;

– **теоретические выкладки** основываются на корректном использовании математического аппарата, непротиворечивостью физическим явлениям и законам индукционного нагрева, подтверждаются сведениями, полученными от других авторов, моделированием на ЭВМ.

Личный вклад соискателя состоит в получении основных результатов, выносимых на защиту, участии на всех этапах исследования процесса индукционной пайки волноводных трактов и трубопроводов, непосредственном участии в научных экспериментах и апробации результатов исследования, разработке математических моделей, подготовке публикаций. Научные положения, выносимые на защиту, и выводы

принадлежат автору. Текст диссертации и автореферата имеет ясное, логичное и последовательное изложение.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: отсутствует анализ сходимости, устойчивости и адекватности представленной математической модели; в математической модели индукционного нагрева не учитываются конвективный и лучистый теплообмены, что может существенно влиять на результаты моделирования.

Соискатель Бочарова О.А. аргументировано ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

Таким образом, в диссертации Бочаровой О.А. приведены материалы, свидетельствующие об успешном решении поставленной задачи – повышение качества паяных соединений путем автоматизации процесса управления индукционной пайкой, за счет внедрения алгоритмов управления скоростью нагрева и положением детали относительно индуктора, позволяющих эффективно перераспределять энергию индукционного нагрева в системе «индуктор – деталь».

Диссертация удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», имеет внутреннее единство и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных лично автором исследований, обладающих научной новизной, содержится решение актуальной проблемы повышение качества паяных соединений за счет создания принципов управления автоматизированной технологией индукционной пайки.

На заседании 14 октября 2022 года диссертационный совет принял решение: за решение задачи повышения качества паяных соединений за счет создания принципов управления автоматизированной технологией индукционной пайки, имеющей существенное значение для науки и практики в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами, присудить Бочаровой О.А. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек (7 человек дистанционно), из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, воздержавшихся – 3.

Председатель
диссертационного совета

2.
Ковалев
Игорь Владимирович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Панфилов
Илья Александрович