

Протокол № 73
заседания диссертационного совета Д 212.064.02,
созданного при федеральном государственном бюджетном образовательном
учреждении высшего образования «Ивановский государственный
энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ)

от 4 марта 2022 года

при защите диссертации Родионова Дмитрия Викторовича
на тему «Совершенствование средств автоматизации технологической
подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки
при единичном и мелкосерийном производстве»
по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (промышленность)»
на соискание ученой степени кандидата технических наук

На заседании присутствовали 16 членов диссертационного совета из 22:

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Тарарыкин Сергей Вячеславович (председатель) | д-р техн. наук, 05.13.06 |
| 2. Тютиков Владимир Валентинович (зам. председателя) | д-р техн. наук, 05.13.06 |
| 3. Копылова Лариса Геннадьевна (ученый секретарь) | канд. техн. наук, 05.13.06 |
| 4. Анисимов Анатолий Анатольевич | д-р техн. наук, 05.09.03 |
| 5. Голубев Александр Николаевич | д-р техн. наук, 05.09.03 |
| 6. Казаков Юрий Борисович | д-р техн. наук, 05.09.03 |
| 7. Колганов Алексей Руфимович | д-р техн. наук, 05.13.12 |
| 8. Коростелев Владимир Федорович | д-р техн. наук, 05.13.06 |
| 9. Косяков Сергей Витальевич | д-р техн. наук, 05.13.12 |
| 10. Курнышев Борис Сергеевич | д-р техн. наук, 05.09.03 |
| 11. Пантелеев Евгений Рафаилович | д-р техн. наук, 05.13.12 |
| 12. Ратманова Ирина Дмитриевна | д-р техн. наук, 05.13.12 |
| 13. Староверов Борис Александрович | д-р техн. наук, 05.13.06 |
| 14. Тихонов Андрей Ильич | д-р техн. наук, 05.13.12 |
| 15. Целищев Евгений Сергеевич | д-р техн. наук, 05.13.06 |
| 16. Шипко Михаил Николаевич | д-р техн. наук, 05.13.06 |
- а также официальные оппоненты, сотрудники ИГЭУ и ВлГУ.

Председательствует на заседании профессор Тарарыкин Сергей Вячеславович.

Председательствующий на основании явочного листа извещает членов Совета о правомочности заседания.

Списочный состав совета 22 человека. Присутствуют на заседании 16 членов совета из 22, в том числе докторов наук по специальности 05.13.06 – 6. Таким образом, Совет правомочен начать защиту. Заседание считается открытым.

Председательствующий объявляет о защите кандидатской диссертации Родионова Дмитрия Викторовича на тему «Совершенствование средств автоматизации техно-

логической подготовки управляющих программ комплекса лазерной варки при единичном и мелкосерийном производстве».

Диссертация принята к защите решением диссертационного совета от 20 декабря 2021 г., протокол № 72.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Кондрашин Анатолий Васильевич, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов» ИГЭУ.

Научный руководитель – кандидат технических наук Люхтер Александр Борисович, директор Научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Официальные оппоненты:

- Щербаков Алексей Владимирович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий и электротехнологии»;
- Долгих Иван Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», доцент кафедры «Теоретические основы электротехники и электротехнологии».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук», г. Владивосток.

Ученый секретарь Копылова Лариса Геннадьевна кратко докладывает об основном содержании представленных документов соискателя и сообщает членам совета, что все документы соответствуют установленным требованиям.

Соискатель излагает основные положения диссертации и отвечает на вопросы членов совета: Голубева А.Н., Тихонова А.И., Староверова Б.А., Анисимова А.А., Коростелева В.Ф., Шипко М.Н., Ратмановой И.Д, Тарарыкина С.В.

После технического перерыва слово предоставляется научному руководителю Люхтеру Александру Борисовичу.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа, оформленное в виде выписки из протокола № 3 расширенного заседания кафедры «Автоматизация, мехатроника и робототехника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» от 15 октября 2021 года.

Ученый секретарь оглашает отзыв ведущей организации – ФГБУН «Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук».

Учёный секретарь сообщает присутствующим, что на автореферат диссертации поступило 6 отзывов:

1. ФГБОУ ВО «Ковровская государственная технологическая академия им.В.А. Дегтярева», г. Ковров Владимирской обл.;
2. ООО «Научно-техническое объединение «ИРЭ-Полус», г. Фрязино Московской обл.;
3. ОАО «Специальное конструкторское бюро приборостроения и автоматики», г. Ковров Владимирской обл.;
4. ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»;
5. ООО «АВТОКРАФТ», г. Владимир;
6. АО «Камешковский механический завод», г. Камешково Владимирской обл.

Все отзывы положительные.

Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве ведущей организации и в отзывах на автореферат диссертации.

Выступает официальный оппонент Щербаков А.В. Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

Выступает официальный оппонент Долгих И.Ю. Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

В дальнейшей дискуссии участвуют члены совета: Коростелев В.Ф., Староверов Б.А., Тихонов А.И., Тютиков В.В., Тарарыкин С.В.

После заключительного слова соискателя диссертационный совет переходит к тайному голосованию.

Единогласно избирается счетная комиссия из трех членов совета: Косяков С.В., Ратманова И.Д., Пантелеев Е.Р

После проведения тайного голосования председатель счётной комиссии Косяков С.В. оглашает протокол счетной комиссии с результатами голосования:

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 22 человек.

Присутствует на заседании 16 членов совета, из них докторов наук по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) – 6.

Роздано бюллетеней – 16. Осталось нерозданных бюллетеней – 6. Оказалось в урне бюллетеней – 16.

Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата технических наук Родионову Дмитрию Викторовичу подано голосов: «за» – 16, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Совет открытым голосованием единогласно («за» – 16, «против» – нет) утверждает протокол счетной комиссии и результаты голосования.

Председательствующий поздравляет соискателя Родионова Д.В. с присуждением ему ученой степени кандидата технических наук.

Совет переходит к обсуждению проекта заключения.

После обсуждения и внесения редакционных поправок Совет открытым голосованием единогласно (за – 16, против – нет) принимает следующее заключение:

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.064.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**
решение диссертационного совета от 04 марта 2022 г. № 73

О присуждении Родионову Дмитрию Викторовичу, гражданину России, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве» по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» принята к защите 20 декабря 2021 года (протокол заседания № 72) диссертационным советом Д 212.064.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ) Минобрнауки России, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34, приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Родионов Дмитрий Викторович, 02 декабря 1991 года рождения.

В 2014 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ) по программе специалитета.

В 2018 году соискатель освоил программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ВлГУ по очной форме обучения.

Работает в должности инженера-программиста Научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий ВлГУ.

Диссертация выполнена в Научно-образовательном центре внедрения лазерных технологий ВлГУ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Люхтер Александр Борисович, директор Научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий ВлГУ, доцент кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки» ВлГУ.

Официальные оппоненты:

– Щербаков Алексей Владимирович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»», кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий и электротехнологии», профессор кафедры;

– Долгих Иван Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», кафедра «Теоретические основы электротехники и электротехнологии», доцент кафедры,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ИАПУ ДВО РАН), г. Владивосток, в своем положительном отзыве, подписанном Субботиным Евгением Петровичем, кандидатом физико-математических наук, руководителем Сектора лазерных технологий **указала, что** диссертация Родионова Дмитрия Викторовича на тему «Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве» обладает научной новизной и практической значимостью, является законченной научно-исследовательской работой, которая соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Ведущая организация также отметила, что разработанные математические и информационно-технологические модели и алгоритмы составили теоретическую основу, обеспечившую создание подсистемы автоматизированной системы технологической подготовки производства (АС ТПП) по подготовке управляющих программ промышленного лазерного робототехнического комплекса сварки (ЛРК-С). Теоретические результаты диссертационной работы использованы в образовательной деятельности Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Результаты работы получили внедрение на производственном предприятии ООО «ИЦ при ВлГУ» в г. Владимире. Соответствие изделий, произведенных средствами разработанной подсистемы АС ТПП по подготовке управляющих программ конструкторской документации подтверждено при входном контроле на АО «Ковровский электромеханический завод» в г. Коврове.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, соответствующих теме диссертации, из них 3 статьи – в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 статей, в перечне международных научных изданий, индексируемых Scopus. Общий объем составляет 5,37 печатных листа, авторский вклад – 3 печатных листа. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Люхтер А.Б. Перенос координат трехмерных CAD-моделей в пространство обрабатываемых деталей в роботизированных станочных комплексах / Люхтер А.Б., Звягин М. Ю., Голубев А. С., Родионов Д.В. // Динамика сложных систем - XXI век, 2017. Т. 11. – №1. – С. 40-46. – издательство Радиотехника. – ISBN 1999-7493 (печат. лист. 0.375/0.09) *(работа посвящена разработке расчетной модели трансляции координат траектории движения инструмента из пространства моделей в пространство лазерного роботизированного комплекса)*;

2. Rodionov D. Development of mechanisms for automatic correction of industrial complex tools in the processing of laser welding for small-scale and piece production using computer vision. / D. Rodionov, A. Lyukhter, V. Prokoshev // Machines, 2020, 8(4), 86.

ISSN 2075-1702. doi: 10.3390/machines8040086 (печат. лист. 1.125/0.675) *(работа посвящена модификации алгоритмов и моделей корректировки положения лазерной головки относительно свариваемых кромок, распознаваемых на видеоизображении);*

3. Родионов Д.В. Расчет точек технологической траектории лазерного роботизированного комплекса относительно инструмента и оснастки в САМ / Родионов Д.В., Люхтер А.Б., Прокошев В.Г. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление, 2019. – Т. 12. – № 4. – С. 123-135. DOI: 10.18721/JCSTCS.12410; (печат. лист. 0.75/0.45) *(работа посвящена разработке кинематических расчетных моделей положения инструмента промышленного комплекса лазерной сварки в точках проектируемой траектории движения).*

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов из следующих организаций: На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов из следующих организаций: ФГБОУ ВО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева» (подписал канд. техн. наук Галкин Валерий Иванович, зав. кафедрой «Робототехники и комплексной автоматизации»); ООО Научно-техническое объединение «ИРЭ-Полус», г. Фрязино Московской обл. (подписал канд. техн. наук Грезев Николай Витальевич, начальник отдела лазерной сварки и наплавки); ОАО «Специальное конструкторское бюро приборостроения и автоматики» г. Ковров Владимирской обл. (подписал канд. техн. наук Черняков Алексей Александрович, начальник конструкторского бюро №3); ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» (подписал канд. техн. наук Жолобов Лев Алексеевич, профессор кафедры «Эксплуатация мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин»); ООО «Автокрафт», г. Владимир (подписал канд. техн. наук Прыгунов Максим Петрович, коммерческий директор); АО «Камешковский механический завод», г. Камешково Владимирской обл. (подписал д-р техн. наук Кульчицкий Алексей Рэмович, специалист по сертификации).

Основные замечания, содержащиеся в отзывах, сводятся к следующим: не сформулированы рекомендации проведения трехмерного сканирования свариваемых деталей и ограничений на ее выполнение; не указаны допуски ширины распознаваемого зазора при лазерной сварке; не представлена оценка дооснащения промышленного комплекса лазерной сварки, необходимого для функционирования разработанной подсистемы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием критериям, предъявляемым пунктами 22, 24 «Положения о присуждении ученых степеней», а также широкой известностью своими достижениями в области автоматизации и управления технологических процессов и производств, которые позволяют им квалифицированно определить научную и практическую ценность диссертации. В составе подразделения, подготовившего отзыв ведущей организации, работают 4 доктора наук (д-р физ.-мат. наук, академик Ю.Н. Кульчин, д-р техн. наук А.В. Лебедев, д-р физ.-мат. наук О.Б. Витрик, д-р техн. наук А.Ю. Майор).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны: метод автоматизированного преобразования траектории движения

инструмента из пространства моделей в пространство робототехнического манипулятора путем трехмерного сканирования свариваемой детали и сопоставления результата сканирования с трехмерной моделью; **модели и алгоритмы** корректировки положения инструмента промышленного комплекса лазерной сварки относительно свариваемых кромок, распознаваемых на изображении с видеокамеры, встраиваемой в лазерную головку;

предложена: методика технологической подготовки управляющих программ (УП) промышленного комплекса лазерной сварки, включающая две автоматизированные операции преобразования траектории движения инструмента из пространства моделей в пространство робототехнического манипулятора с использованием датчика глубины и корректировки траектории относительно свариваемых кромок, распознаваемых на изображении с видеокамеры, встраиваемой в лазерную головку;

доказана: эффективность созданной подсистемы АС ТПП, которая обеспечивает снижение времени выполнения технологической подготовки управляющих программ оборудования более чем в 3 раза;

введены: **модели и алгоритмы** корректировки преобразованной траектории, **формализация** сегментации области между свариваемыми кромками.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказаны: **возможность** применения разработанной методики при автоматизации технологической подготовки УП для осуществления взаимодействия рабочего места технолога с ЛРК-С посредством проектного решения, содержащего необходимые и достаточные информационно-технологические данные для выполнения автоматизированных операций и генерации текста УП робота и лазера, **возможность** автоматизированной корректировки точек транслированной траектории движения инструмента с использованием модифицированных моделей и алгоритмов;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы современные методы автоматизации технологических процессов и производств, системного анализа и теории обработки информации, векторной геометрии, машинного зрения и объектно-ориентированного программирования.

изложены: алгоритмы детектирования и трехмерного сканирования свариваемой детали и сопоставления положения результата сканирования с трехмерной моделью детали, составляющие метод автоматизированной трансляции траектории движения инструмента из пространства моделей в пространство промышленного комплекса лазерной сварки;

раскрыты функциональные схемы подсистемы автоматизации, связывающие рабочее место технолога и промышленный комплекс сварки, а также алгоритмы генерации управляющих программ робота и лазера;

изучена проблематика автоматизации трансляции траектории движения и её корректировки относительно свариваемых кромок, которые являются наиболее продолжительными операциями технологической подготовки управляющих программ промышленного комплекса лазерной сварки;

модернизированы модели и алгоритмы по распознаванию и сегментированию линий свариваемых кромок на видеоизображении; по расчету положения перетяжки

лазерного излучения на основе результата выполнения автоматизированной фокусировки видеокамеры с постоянным фокусным расстоянием, встроенной в лазерную головку; по определению корректного положения пятна лазерного излучения относительно результата распознавания.

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

разработана подсистема технологической подготовки управляющих программ промышленного комплекса лазерной сварки АС ТПП;

внедрена подсистема технологической подготовки управляющих программ промышленного комплекса лазерной сварки на инновационном производственном предприятии «Инжиниринговый центр при ВлГУ»;

определены конфигурационные настройки технологического оборудования и значения управляющих параметров информационно-математического обеспечения подсистемы технологической подготовки управляющих программ ЛРК-С;

создана подсистема технологической подготовки управляющих программ промышленного комплекса лазерной сварки АС ТПП;

представлены оценки сокращения времени подготовки управляющих программ ЛРК-С, а также операций по трансляции траектории движения инструмента и ее корректировки относительно свариваемых кромок.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы проведены на аттестованном промышленном и испытательном оборудовании с использованием сертифицированных информационно-вычислительных средств; **показана** воспроизводимость и повторяемость результатов на действующем промышленном комплексе лазерной сварки производственного предприятия;

теория построена на основе методов автоматизации технологических процессов и производств, машинного зрения, векторной геометрии и теории обработки информации;

идеи базируются на анализе передовых достижений в области автоматизации функционирования современных робототехнических комплексов и решений, близких к проблематике исследования;

использованы известные научно-технические достижения, полученные ранее при автоматизации технологической подготовки управляющих программ робототехнических комплексов;

установлено соответствие результатов, полученных в ходе экспериментального исследования, известным и апробированным результатам в области исследования;

использованы методы и средства автоматизации технологических процессов и производств, системного анализа и теории обработки информации, векторной геометрии, машинного зрения и объектно-ориентированного программирования.

Личный вклад соискателя состоит в **конкретизации** задач исследования; разработке методики технологической подготовки управляющих программ промышленного комплекса лазерной сварки; разработке метода автоматизации трансляции траектории движения инструмента из пространства моделей в пространство промышленного ком-

плекса; модификации алгоритмов и моделей корректировки положения инструмента относительно свариваемых кромок; **создании** подсистемы АС ТПП по технологической подготовке управляющих программ промышленного комплекса лазерной сварки; **выполнении** экспериментального исследования созданной подсистемы и оценки сокращения времени подготовки управляющих программ; **подготовке** основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации критических замечаний, подвергающих сомнению научную новизну и практическую ценность результатов диссертационных исследований, не поступило.

На заседании 4 марта 2022 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Родионову Д.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

На этом заседании считается закрытым.

Председатель
диссертационного совета

Тарарыкин Сергей Вячеславович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Копылова Лариса Геннадьевна

Подписи Тарарыкина С.В. и Копыловой Л.Г.

заверяю, Ученый секретарь

Совета ИГЭУ



Ширяева Ольга Алексеевна