

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и
цифровому развитию
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный
университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»
(ВлГУ)

доктор физико-математических наук, доцент
Кучерик Алексей Олегович



2021 г.

ВЫ П И С К А

из протокола № 3 расширенного заседания кафедры
«Автоматизация, мехатроника и робототехника» (АМиР)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» от 15 октября 2021 года

Повестка дня:

обсуждение диссертационной работы **Родионова Дмитрия Викторовича** на тему
«Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управ-
ляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном
производстве» на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими про-
цессами и производствами (промышленность)

На заседании присутствовали:

от кафедры «Автоматизация, мехатроника и робототехника» (АМиР):

1. Коростелев В.Ф., зав. кафедрой, Заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор (член дисс. совета Д 212.064.02);
2. Кобзев А.А., д-р техн. наук, профессор;
3. Егоров И.Н., д-р техн. наук, профессор;
4. Сысоев С.Н., д-р техн. наук, профессор;
5. Умнов В.П., канд. техн. наук, доцент;
6. Денисов М.С., канд. техн. наук, доцент.

от кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки» (ТДиЭУ):

7. Абаляев А.Ю., канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой;
8. Гоц А.Н., д-р техн. наук, профессор;

9. Гусев Д.С., канд. техн. наук, ассистент.

от кафедры «Прикладная математика и физика» (ФиПМ)

10. Хорьков К.С., канд. физ.-мат. наук, доцент, директор Института прикладной математики, физики и информатики ВлГУ;

11. Голубев А.С., канд. техн. наук, доцент.

от кафедры «Технология машиностроения» (ТМС)

12. Жданов А.В., канд. техн. наук, доцент, заместитель зав. кафедрой ТМС.

от кафедры «Функциональный анализ и его приложения» (ФАиП)

13. Звягин М.Ю., канд. физ.-мат. наук, доцент.

от Научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий (НОЦ ВЛТ) ВлГУ

14. Гуськов В.Ф., канд. техн. наук, доцент;

15. Кочуев Д.А., ведущий инженер лаборатории научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

16. Печников И.С., инженер-технолог участка лазерной сварки;

17. Ильин В.А., заведующий лабораторией физико-механических испытаний.

Председатель заседания – заведующий кафедрой АМиР, Заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор Коростелев В.Ф.

Секретарь – канд. техн. наук, доцент кафедры АМиР Денисов М.С.

Рецензент – д-р техн. наук, профессор кафедры АМиР Кобзев А.А.

СЛУШАЛИ: доклад **Родионова Дмитрия Викторовича** по подготовленной к защите диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук 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).

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент, директор Научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий ВлГУ Люхтер Александр Борисович

Вопросы по докладу задавали: д-р техн. наук, профессор Егоров И.Н.; д-р техн. наук, профессор Сысоев С. Н.; д-р техн. наук, профессор Гоц А.Н.; д-р техн. наук, профессор Кобзев А.А.; канд. техн. наук, доцент Умнов В.П.; канд. техн. наук, доцент Жданов А.В.; канд. техн. наук, доцент Гуськов В.Ф.; канд. техн. наук Абалаяев А.Ю.; канд. физ.-мат. наук, доцент Хорьков К.С.; канд. техн. наук, доцент

Голубев А.С.; Кочуев Д.А.; Печников И.С.; д-р техн. наук, профессор Коростелев В.Ф.

На поставленные вопросы соискателем были даны убедительные ответы.

С поддержкой работы выступил:

Рецензент д-р техн. наук, профессор Кобзев А.А. на основе представленных диссертации и доклада соискателя отметил актуальность проблемы, решаемой соискателем в диссертации, для технологической подготовки единичного и мелкосерийного производства с лазерной сваркой.

Научную новизну, по мнению рецензента, имеют: методика подготовки управляющих программ, особенность которой заключается во включении автоматизированных операции по трансляции технологической траектории движения инструмента промышленного комплекса и её корректировки, при этом формируя результат проектирования технологического процесса лазерной сварки в соответствии с разработанной структурой в проектное решение. Разработан метод автоматизированной трансляции проектируемой траектории из пространства моделей в рабочее пространство промышленного комплекса средствами датчика глубины. При этом учитываются ограничения движения со стороны инструмента и заготовки, позиционера и поля зрения камеры наблюдения за рабочей поверхностью. Даны модели и алгоритмы корректировки проектируемого положения инструмента в точках транслированной траектории движения инструмента лазерной сварки, используя в качестве первичного источника информации с видеокамеры.

Практическая ценность работы заключается в том, что не требуется проектирование, разработка и изготовление дополнительных приспособлений для технологического процесса роботизированной лазерной сварки. В целом уменьшается трудоемкость подготовки производства и расширяется круг изготавливаемых деталей при мелкосерийном и единичном производстве и, как следствие, повышается эффективность мелкосерийного и единичного производства процесса лазерной сварки.

Рецензентом даны замечания и предложения по содержанию диссертации и автореферата, которые необходимо учесть до представления диссертации к защите.

В целом, **по мнению рецензента**, диссертация Родионова Дмитрия Викторовича на тему «Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве» соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным пп. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 с изменениями от 20.03.2021г., утв. пр.№ 426) и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получено решение задачи, имеющей существенное значение для раз-

вития методов и средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ промышленного комплекса лазерной сварки.

Постановили:

1. Считать, что представленная Родионовым Дмитрием Викторовичем диссертационная работа на тему «Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве», обобщает самостоятельные исследования автора и является завершённым научным трудом, выполненным на актуальную тему по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

2. Рекомендовать диссертационную работу Родионова Дмитрия Викторовича на тему «Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве» к защите в диссертационном совете Д 212.064.02, созданном при ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ).

3. Утвердить заключение расширенного заседания кафедры «Автоматизация, мехатроника и робототехника» ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» по диссертационной работе Родионова Д.В.

ГОЛОСОВАЛИ: за – единогласно.

Председатель заседания,
заведующий кафедрой «Автоматизация,
мехатроника и робототехника»,
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

В.Ф. Коростелев

Секретарь заседания,
канд. техн. наук, доцент

М.С. Денисов

зерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве» принято следующее
ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЫ

Диссертация Родионова Дмитрия Викторовича на тему «Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве» – это законченная научно-квалификационная работа, которая соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Лазерная сварка (ЛС) относится к высокотехнологичным операциям формирования неразъемных соединений металлоконструкций. Оперативность процесса соединения деталей при ЛС исключительно высока, что приводит к повышению производительности труда и снижению себестоимости продукции, а также обеспечивает возможность построения и применения уникальных вариантов конструкторско-технологических решений при изготовлении сложных по структуре металлоизделий.

Внедрение технологического процесса ЛС в мелкосерийном и единичном производстве затруднено в связи с трудоемкостью подготовки и отладки управляющих программ (УП) промышленного комплекса. Вследствие этого, значительно возрастает конечная стоимость продукции и экономическая обусловленность от внедрения ЛС в производство, становится менее целесообразной и нерентабельной. Одним из способов сокращения трудоемкости в условиях мелкосерийного производства является совершенствование средств автоматизации технологической подготовки УП лазерного роботизированного комплекса сварки (ЛРК-С). В настоящее время предприятия с мелкосерийным производством применяют подходы к технологической подготовке УП, используемые в крупносерийном производстве, что не обеспечивает эффективного снижения трудоемкости подготовки и отладки УП.

Таким образом, исследование и совершенствование методов, алгоритмов и моделей, составляющих средства автоматизации технологической подготовки УП для ЛРК-С в условиях единичного и мелкосерийного промышленного производства, является актуальной научно-технической задачей.

ЛИЧНОЕ УЧАСТИЕ АВТОРА В ПОЛУЧЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ИЗЛОЖЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация является работой, в которой обобщены результаты исследований, полученных лично автором и в соавторстве. Основные положения и выводы

диссертационной работы сформулированы автором. Разработка программных комплексов и их экспериментальное исследование осуществлялись при участии автора.

Определение направления исследований, обсуждение и интерпретация результатов работы проводилась совместно с научным руководителем.

СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЁННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждена применением апробированных методов исследования, аттестованного промышленного и испытательного оборудования и сертифицированных информационно-вычислительных средств, а также наличием публикаций в рецензируемых научных изданиях и докладах на конференциях, соответствующих тематике диссертационного исследования. Научно-техническая новизна подтверждена свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ, патентом на полезную модель и заявками патентов на изобретение.

НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ

Автором в диссертации получены следующие **новые научные результаты**.

1. Разработана методика технологической подготовки УП для ЛРК-С, отличающаяся наличием автоматизированных операции трансляции траектории движения инструмента из пространства моделей в рабочее пространство ЛРК-С датчиком глубины, установленного на инструменте и ее корректировки относительно распознаваемых кромок на видеоизображении.
2. Разработан метод трансляции траектории движения инструмента средствами датчика глубины, отличающийся определением области локализации свариваемой детали, расчетом траектории инструмента сканирования по области локализации и построением преобразования координат из пространства моделей в пространство ЛРК-С по сопоставлению положения результата сканирования свариваемой детали с ее моделью.
3. Модифицированы модели и алгоритмы корректировки транслированной траектории, отличающиеся расчетом положения фокальной плоскости лазерной головки по результату фокусировки видеокамеры, размещенной в головке, формализацией сегментации области между свариваемыми кромками, распознаванию кромок как непрерывных, локально параллельных отрезков и расчете на их основе корректного положения инструмента.
4. Разработана структура подсистемы по технологической подготовке УП для общей схемы АС ТПП, отличающаяся включением модулей автоматизированной трансляции, корректировки траектории движения инструмента и генерации УП робота и лазера.

Практическая значимость работы заключается во внедрении результатов на производственное предприятие ООО «ИЦ при ВлГУ» в г. Владимире, с подтверждением соответствия произведенного изделия требованиям конструкторской документации при входном контроле на АО «Ковровский электромеханический завод» в г. Коврове, а так же использовании в образовательной деятельности ВлГУ.

СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ, ПО КОТОРОЙ ОНА РЕКОМЕНДУЕТСЯ К ЗАЩИТЕ

Материалы диссертации соответствуют научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность):

в части формулы паспорта специальности – рассматривается математическое, информационное, алгоритмическое и машинное обеспечение создания автоматизированных технологических процессов и производств и систем управления ими, включающее научные и технические исследования и разработки, модели и структурные решения человекомашинных систем, предназначенных для автоматизации производства и интеллектуальной поддержки процессов управления и необходимой для этого обработки данных;

в части области исследования — пункту 3: «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и производствами (АСУП), а также АС ТПП и т. д.»; пункту 5: «Теоретические основы, средства и методы промышленной технологии создания АСУ ТП, АСУП, АС ТПП и др.».

ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В РАБОТАХ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ

Основное содержание диссертационной работы и ее результатов отражено в 10 публикациях автора, из них 3 работы опубликованы в изданиях по перечню ВАК, 6 статей, в перечне международных научных изданий, индексируемых Scopus. При выполнении диссертационного исследования было получено 7 Свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, 1 Патент на полезную модель и поданы 2 заявки Патента на изобретение.

Научные статьи, опубликованные в изданиях по списку ВАК

1. Люхтер А.Б. Перенос координат трехмерных САД-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.

Авторский вклад Родионова Д.В. состоит в разработке расчетной модели трансляции трехмерных координат точек траектории движения инструмента между пространством моделей и рабочим пространством промышленного комплекса. А так же в программное реализацию разработанного метода переноса координат в интерфейсе оператора.

2. Родионов Д.В. Управление лазерным роботизированным комплексом в крайних участках зоны обработки / Родионов Д. В. // Динамика сложных систем –XXI век, 2019. Т. 13. – №3. – С. 5-13. – издательство Радиотехника. – ISBN 1999-7493.

Авторский вклад Родионова Д.В. состоит в разработке схемы переключения управляющих сигналов технологического оборудования лазерной сварки для управляющей программы комплекса лазерной сварки, разработке расчетной модели определения момента времени переключения управляющих сигналов при различных технологических режимах, программной реализации теоретических разработок и проведении эксперимента.

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.

Авторский вклад Родионова Д.В. в разработке расчетных моделей положения инструмента комплекса лазерной сварки в пространстве моделей, с учетом расположения свариваемой детали в системе подвижной оснастки (двух осевого позиционирующего устройства) и угла вращения инструмента относительно лазерного луча.

Публикации в научных изданиях, индексируемых международной системой цитирования SCOPUS

4. 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;

5. Rodionov D. The mechanisms of constructing trajectories of a laser robotic complex for 3d polygonal models. / D. Rodionov, A. Lyukhter, V. Prokoshev // Beam Technologies and Laser Application, Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1109, 2018, Procedia Engineering 132. doi: 10.1088/1742-6596/1109/1/012007;

6. Rodionov D. 3D modeling of laser robotic complex motion in CAM spaces / D. Rodionov, A. Lyukhter, V. Prokoshev // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2019, IEEE. doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934248;

7. Rodionov D. Methods of designing technological trajectories of single layer of laser powder cladding on flat surfaces of part model in CAM / D. Rodionov, A. Lyukhter, V. Prokoshev // Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020), 2021, Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-54817-9_60;

8. Rodionov D. Methods of automatic correction of the technological trajectory of the laser robotic welding complex by means of computer vision. / D. Rodionov, A. Lyukhter, V. Prokoshev // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2019, IEEE. doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934248;
9. Chkalov R.V. Laser powder cladding automated control method based on advanced monitoring system of processing area by CCD-camera. / Chkalov R.V., Kochuev D.A., Rodionov D.V., Prokoshev V.G. and Lyukhter A.B. // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, IOP Publishing. doi: 10.1088/1757-899X/896/1/012128;

Публикация в других научных изданиях

10. Люхтер А. Б. Методы обработки информации, полученной посредством сканирования детали датчиком расстояния для оптимизации траектории / Люхтер А. Б., Родионов Д. В., Лоханов А. В. // Перспективные технологии в средствах передачи информации – ПТСПИ-2017, 2017. Т. 2. – С.138-141;

Свидетельства о регистрации программы ЭВМ и патенты

11. Автоматизированная система технологической подготовки производства на лазерном роботизированном комплексе (АС ТПП ЛРК) [Текст]: свид. о гос. рег. 2020619863 РФ: авторы и заявители Родионов Д.В., Люхтер А.Б. и Прокошев В.Г.; патентообладатель Люхтер А.Б.; заявл. 07.08.2020; опубл. 25.08.2020;
12. Автоматизированная система управления технологическими процессами лазерного роботизированного комплекса (АСУ ТП ЛРК) [Текст]: свид. о гос. рег. 2020661002 РФ: авторы и заявители Родионов Д.В., Люхтер А.Б. и Прокошев В.Г.; патентообладатель Люхтер А.Б.; заявл. 07.08.2020; опубл. 16.09.2020;
13. Подсистема взаимодействия с техническими средствами автоматизированной системы управления технологическими процессами лазерного роботизированного комплекса (ПТС АСУ ТП ЛРК) [Текст]: свид. о гос. рег. 2020617800 РФ: авторы и заявители Родионов Д.В., Люхтер А.Б. и Прокошев В.Г.; патентообладатель ООО «ИЦ при ВлГУ»; заявл. 03.07.2020; опубл. 15.07.2020;
14. Программа анализа и оптимизации результатов испытаний сварных швов [Текст]: свид. о гос. рег. 2017662472 РФ: авторы и заявители Родионов Д.В., Бакулин А.А. и Люхтер А.Б.; патентообладатель ООО «Бакулин Моторс Групп»; заявл. 23.12.2016; опубл. 09.11.2017;
15. Программный комплекс материалов и режимов лазерной сварки внахлест алюминия со сталью [Текст]: свид. о гос. рег. 2017662255 РФ: авторы и заявители Родионов Д.В., Бакулин А.А. и Люхтер А.Б.; патентообладатель ООО «Бакулин Моторс Групп»; заявл. 23.12.2016; опубл. 01.11.2017;

16. Подсистема взаимодействия технических средств измерения высоты наплавляемого валика с системой управления лазера [Текст]: свид. о гос. рег. 2020617348 РФ: авторы и заявители Родионов Д.В., Люхтер А.Б. и Прокошев В.Г.; патентообладатель ВлГУ; заявл. 29.06.2020; опубл. 06.07.2020;
17. Автоматизированная система управления лазерной роботизированной порошковой наплавкой (АСУ ЛРПН) [Текст]: свид. о гос. рег. 2020661572 РФ авторы и заявители Родионов Д.В., Люхтер А.Б. и Прокошев В.Г.; патентообладатель Люхтер А.Б. заявл. 07.08.2020; опубл. 25.09.2020;
18. Устройство для лазерной многослойной наплавки порошковых материалов [Текст]: патент на полезную модель № 202295, Гоц А.Н., Гусев Д.С., Жокин А.В., Завитков А.В., Кочуев Д.А., Люхтер А.Б., Родионов Д.В., Прокошев В.Г., Чкалов Р.В.; патентообладатель ВлГУ; заявл. № 2020129730 от 08.09.2020; опубл. 10.03.2021;
19. Способ лазерной наплавки порошковых материалов с контролем высоты наплавляемого слоя [Текст]: патент на изобретение, Гоц А.Н., Гусев Д.С., Жокин А.В., Завитков А.В., Кочуев Д.А., Люхтер А.Б., Родионов Д.В., Прокошев В.Г., Чкалов Р.В.; патентообладатель ВлГУ; заявл. № 2020121743 от 29.06.2020;
20. Способ лазерной газопорошковой наплавки защитных покрытий [Текст]: патент на изобретение, Гоц А.Н., Гусев Д.С., Завитков А.В., Кочуев Д.А., Люхтер А.Б., Родионов Д.В.; патентообладатель ВлГУ; заявл. № 2020131465 от 23.06.2020.

ВЫСТУПЛЕНИЯ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ

Результаты диссертационного исследования прошли научную экспертизу специалистами оргкомитетов и участниками следующих международных, российских и региональных научно-теоретических и научно-прикладных конференций: XII международной научной конференция «Перспективные технологии в средствах передачи информации – ПТСПИ-2017» (5-7 июля 2017 г., г. Суздаль), на IX международной конференция «Лучевые технологий и применение лазеров» (17-19 сентября 2018 г., г. Санкт-Петербург), на научно-практической конференции «Дни науки студентов и аспирантов ВлГУ» (18 марта – 5 апреля 2019 г., г. Владимир), на международной мультидисциплинарной конференции по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEastCon 2019» (1-4 октября 2019 г., г. Владивосток), на международной научно-технической конференции «Пром-Инжиниринг-2020» (25-29 марта 2020 г., г. Сочи).

ВЫВОДЫ

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

Председатель заседания,
заведующий кафедрой «Автоматизация, мехатроника и робототехника», Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор



Коростелев
Владимир Федорович