

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.10

**Соискатель:** Курицын Денис Николаевич

**Тема диссертации:** Разработка технологического обеспечения сварки трением с перемешиванием в производстве аэрокосмических конструкций

**Специальность:** 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

### **Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 27 декабря 2018 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Курицыну Денису Николаевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета д.т.н., проф. Ю.И. Денискин; заместитель председателя диссертационного совета, д.т.н., проф. Бойцов Б.В.; ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доц. А.Р. Денискина; члены диссертационного совета: д.т.н., проф. Абашев В.М.; д.т.н., проф. Боголюбов В.С.; д.т.н., доц. Долгов О.С.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Ендогур А.И.; д.т.н., проф. Куприков М.Ю.; д.т.н., проф. Лисейцев Н.К.; д.т.н., проф. Панкина Г.В.; д.т.н., проф. Парамонов Н.В.; д.т.н., проф. Подколзин В.Г.; д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н., доц. Рахманов М.Л.; д.т.н., проф. Сироткин О.С.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.10  
к.т.н., доцент



А.Р. Денискина

И.о. начальника отдела УДС-МАИ  
Т.А. Аникина 



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.10,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 27.12.2018 г. № 14

О присуждении Курицыну Денису Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологического обеспечения сварки трением с перемешиванием в производстве аэрокосмических конструкций» по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» принята к защите 25.10.2018 г., (протокол заседания №10) диссертационным советом Д 212.125.10, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г.Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета – №714/НК от 02.11.2012 г.

Соискатель Курицын Денис Николаевич, 1987 года рождения, гражданин России.

В 2012 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского» (МАТИ) Министерства образования и науки Российской Федерации. В 2016 году окончил очную аспирантуру федерального



государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, работает инженером (основное место работы), старшим преподавателем (внутривузовское совместительство) в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Диссертация выполнена** на кафедре «Технология производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов» (ТПЭДЛА) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент **Бойцов Алексей Георгиевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Технология производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов», заведующий кафедрой.

#### **Официальные оппоненты:**

**Баскаков Владимир Дмитриевич** – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Технологии ракетно-космического машиностроения», профессор.

**Кочергин Сергей Александрович** – кандидат технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Техномаш» (ФГУП НПО «Техномаш»), отдел технологии сварки высококонцентрированными источниками энергии, начальник отдела

дали положительные отзывы на диссертацию.



**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Омский государственный технический университет**» (ОмГТУ), г. Омск, в своем положительном отзыве, подписанном Поповым Андреем Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» и утвержденном Женатовым Бекином Десимбаевичем, кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной работе ОмГТУ, указала, что научная новизна диссертационной работы заключается в разработке научно-методического обеспечения повышения эффективности и надежности технологического процесса сварки трением с перемешиванием в производстве аэрокосмических конструкций. В заключении ведущей организации отмечено, что диссертационная работа Курицына Дениса Николаевича «Разработка технологического обеспечения сварки трением с перемешиванием в производстве аэрокосмических конструкций» является законченной научно-исследовательской работой, результаты которой можно квалифицировать как решение актуальной научной задачи, имеющей важное производственное и экономическое значение. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Область исследований диссертации отвечает паспорту научной специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов». Диссертация соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842. Автор работы, Курицын Денис Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 37 работ общим объемом 25,8 п.л., из них: в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ (из них 1 – статья в рецензируемом издании, входящем в реферативные базы (Scopus, Springer)). В рамках проведения исследований по диссертации получен один патент РФ на изобретение.



Из 37 научных работ соискателя: 10 – статьи в научных журналах, 1 – патент РФ, 5 – статьи по материалам конференций; 17 – тезисы докладов на конференциях, 2 – тезисы в аннотированных указателях Международных выставок, 1 – рецензируемая монография, 1 – рецензируемое учебное пособие. Дополнительно различные аспекты материалов диссертации отражены в 5 отчетах о научно-исследовательских работах. Монография авторская, 6 авторских публикаций по материалам конференций, остальные работы в соавторстве.

Научные публикации соискателя посвящены:

- анализу технологических возможностей и ограничений в области технологии формирования неразъемных соединений авиационных и ракетно-космических конструкций;
- исследованию взаимосвязей процесса сварки трением с перемешиванием с основными технологическими параметрами;
- исследованию возможности высокоскоростных режимов сварки трением с перемешиванием с учетом тепломеханического баланса; разработке опытных установок высокоскоростной перемешивающей сварки трением;
- параметрическому моделированию и технологии изготовления сварочного инструмента при различных конструкторско-технологических ограничениях и требованиях;
- исследованию применения сварочного инструмента новой геометрией для получения неразъемных соединений конструкций из алюминиевых и титановых сплавов, жаропрочных сталей;
- разработке технологических схем и проектов специального оборудования и оснащения для соединения пространственных конструкций: длинномерных, круговых, трубчатых, коробчатых, сложной формы;
- разработке методической и программной реализации технологической экспертизы производственной целесообразности применения сварки трением с перемешиванием в специальных задачах аэрокосмического производства.

Авторский вклад заключается в разработке закономерностей и моделей, позволяющих прогнозировать технологические возможности высокоскоростной



сварки трением на основе модели теплового баланса в зоне сварки; разработке параметрических моделей инструментов, численных моделей вязкого течения материала в рабочей зоне процесса; участии в проектировании и изготовлении экспериментальной установки высокоскоростной сварки трением с перемешиванием; выполнении функциональных 3D моделей оборудования и технологической оснастки. При участии соискателя выполнены испытания эксплуатационных характеристик сварного шва.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Курицына В.В., Курицын Д.Н., Косов Д.Е. Автоматизированная система обработки экспертных оценок при принятии технологических решений // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2012. № 4. Т.8. С.44-55.

2. Бойцов А.Г., Качко В.В., Курицын Д.Н. Высокоскоростная сварка трением перемешиванием авиационных материалов и конструкций // Металлообработка. 2013. № 5-6 (77-78). С. 35-42.

3. Бойцов А.Г., Качко В.В., Курицын Д.Н. Технологические возможности и специальное оснащение высокоскоростной перемешивающей сварки трением авиационных материалов и конструкций // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2014. № 8 (209). С. 9 17.

4. Курицын Д.Н., Денисов Л.В., Пискарев А.С., Бойцов А.Г. Технологии и специальное оснащение высокоскоростной сварки трением с перемешиванием металлоконструкций // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С.194-200.

5. Курицына В.В., Курицын Д.Н. Инструментальные средства MatLab Simulink в задачах экспертной оценки технологических систем по параметрам качества изготовления изделий точного машиностроения // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 1. С. 105-111.

6. Бойцов А.Г., Курицын Д.Н., Силуянова М.В. Курицына В.В. Технологическое обеспечение сварки трением с перемешиванием в аэрокосмических конструкциях // СТИН. 2018. № 6. С.19-24.



7. Патент RU (11) 2 621 514(13) С2, Кл. МПК В 23 К 20/12 (2006.01). Инструмент для сварки трением с перемешиванием / Люшинский А.В., Баранов А.А., Бойцов А.Г., Плешаков А.С., Качко В.В., Курицын Д.Н. Заявка № 2015150496, 25.11.2015. Опубликовано: 06.06.2017 Бюл. № 16.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы.** В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна и достоверность полученных результатов, а также их практическая значимость и рекомендации по использованию результатов. Все отзывы положительные:

**Отзыв на диссертацию ведущей организации** федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ), г. Омск. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Первая глава диссертации несколько перегружена материалами обзорного характера, которые подробно рассмотрены в научной литературе и нормативных материалах.

2. Отсутствует краткий конструктивно-технологический анализ объекта исследования (массогабаритные характеристики, требования по точности изготовления, запасу прочности, герметичности соединений и др.), что затрудняет восприятие результатов испытаний и оценки качества сварного шва.

3. Не приведены требования стандартов или отраслевых норм на выполнение сварных швов методом сварки трением.

4. При описании экспериментов по сварке трением образцов титановых сплавов не указаны методы и средства защиты зоны сварки инертными газами, что представляет достаточно серьезную задачу, особенно при переносе технологии в область промышленного применения к реальным конструкциям изделий.

5. Не достаточно подробно описана методика ресурсных испытаний сварного шва.



**Отзыв на диссертацию официального оппонента Баскакова Владимира Дмитриевича**, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. При описании экспериментальных исследований по оценке влияния технологических режимов на качество шва в диссертации желательно было бы привести сведения о планировании факторного эксперимента и варьировании режимов и условий сварки: скорости вращения, подачи, силы прижима, угла наклона инструмента.

2. При экспериментальной оценке функциональных характеристик сварного шва учтены не все возможные условия эксплуатации, характерные для многих изделий авиационной и ракетно-космической техники, например, знакопеременность и цикличность нагрузок, экстремально низкие и экстремально высокие температуры, агрессивность окружающей среды и т.д.

3. В диссертации отсутствует сопоставление результатов численного моделирования перемешивающей сварки трением в Cosmos Flo Woks с экспериментальными данными.

4. В подрисуночных подписях автореферата и диссертации не везде присутствует исчерпывающая информация об условиях проведения экспериментальных исследований.

5. В тексте диссертации иногда встречаются некорректные словосочетания типа «методика технологии», «конструкции элементов ... летательных аппаратов», «оптимальной формой ... является сложная геометрия». Некорректным представляется также использование автором для характеристики полученных им результатов исследований терминологии типа «оптимальные технологические режимы», «оптимальная форма», поскольку в диссертации не решались оптимизационные задачи.



**Отзыв на диссертацию официального оппонента Кочергина Сергея Александровича**, кандидата технических наук, начальника отдела технологии сварки высококонцентрированными источниками энергии ФГУП «НПО «Техномаш», г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. При слишком большом объеме первой главы автором не указаны причины, объясняющие невозможность или проблемы оснащения отечественного производства зарубежным оборудованием фирм производителей роботизированной техники ESAB (Швеция), TWI (Англия) и других.

2. Не приведены сведения по технологии специальной подготовки поверхностей стыка свариваемых материалов к процессу сварки. Не акцентировано влияние наличия оксидной пленки на поверхности алюминия на качество сварного шва при сварке трением с перемешиванием.

3. При многочисленных экспериментах по сварке материалов, склонных к возгоранию в процессе высокоскоростной механической обработки на воздухе (титановые, магниевые сплавы) автор не поясняет, какие применялись конструктивно-технологические методы защиты.

4. Анализ рациональности применения различных методов сварки в создании неразъемных соединений реальных конструкции выполнен методом экспертных оценок, причем оценка безотносительна к определенному свариваемому материалу, в то время как интересны были бы реальные числовые значения физических величин оценок технических, технологических, эксплуатационных, экономических показателей.

5. Диссертационная работа хорошо оформлена, однако, в тексте встречаются опечатки, на которые автору указано.

**Отзыв на автореферат диссертации Ремизова Александра Евгеньевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Авиадвигатели» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», г. Рыбинск. Отзыв положительный. Имеются замечания:



1. Отработка режимов сварки трением титановых сплавов и жаропрочной стали выполнена на лабораторных образцах; четко не определено какие конкретные элементы конструкции летательного аппарата из этих материалов автор предлагает выполнять сваркой трением перемешиванием.

2. Объем автореферата не позволил отразить методику проведения технологической экспертизы производственной целесообразности применения метода сварки трением с перемешиванием в специальных задачах аэрокосмического производства.

**Отзыв на автореферат диссертации Кульги Константина Станиславовича,** доктора технических наук, доцента, профессора кафедры автоматизации технологических процессов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «**Уфимский государственный авиационный технический университет**» (УГАТУ), г. Уфа. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Отсутствие в тексте автореферата сведений о влиянии состояния кромок соединяемых заготовок на качество сварного шва, и требуется ли предварительная их подготовка.

2. Не указаны нормы допустимых дефектов сварных соединений.

**Отзыв на автореферат диссертации Ночовой Надежды Алексеевны,** доктора технических наук, заместителя начальника лаборатории «Титановые сплавы для конструкций планера и двигателя самолета ФГУП «**Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов**» (ВИАМ), г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Приведенные в автореферате диаграммы распределения микротвердости и остаточных напряжений указывают на неравномерность их распределения по ширине сварного шва, однако, зависимости влияния режимов обработки на эти распределения, не приведены

2. В автореферате не указано, как неравномерность распределения микротвердости и остаточных напряжений, отличные от показателей основного материала, могут влиять на эксплуатационные характеристики соединения в целом.



3. Отсутствуют указания, какие меры защиты зоны сварки предприняты при сварке титанового сплава.

**Отзыв на автореферат диссертации Тарана Евгения Марковича**, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника, Государственного научного центра ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»), г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В автореферате недостаточно освещены физико-математические описания особенности процесса вязкого течения материала в зоне сварки трением; представление ограничено результатами численного моделирования в программной среде.

2. Отсутствует попытка аналитического определения износостойкости инструмента, износостойкость оценена исключительно экспериментально.

3. Автореферат содержит некоторые терминологические неточности, опечатки.

**Отзыв на автореферат диссертации Фетисова Максима Викторовича**, кандидата технических наук, помощника заместителя Генерального директора - руководителя приоритетного технологического направления, Акционерного общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» (АО «ОДК»), г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Вопрос выбора и применения высокотвердых материалов для создания инструмента для сварки трением перемешиванием рассмотрен в ограниченной номенклатуре инструментальных материалов (вольфрам-рениевые, вольфрамокобальтовые сплавы) в отсутствии сравнения с другими сверхтвердыми материалами (алмазоподобными, алмазами).

**Отзыв на автореферат диссертации Егорова Антона Витальевича**, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Управления развития инновационных технологий Открытого акционерного общества «Национальный институт авиационных технологий» (ОАО НИАТ), г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:



1. Не ясно, учитывает ли автор в своих моделях тепломеханического баланса изменение тепловыделения при переходе от твердого трения к вязкому в переходных режимах процесса.

2. В автореферате ограничено представлены виды прочностных испытаний, которым подвергались образцы соединений.

3. Для проектируемого оснащения не указаны характеристики точности обработки.

**Отзыв на автореферат диссертации Хорьякова Вячеслава Леонидовича,** кандидата технических наук, заместителя главного конструктора АО «ДУКС», г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В автореферате не показан спектр возможных дефектов, которые могут сопровождать формирование сварного шва, уместно было бы привести сведения о исправимом и неисправимом браке при выполнении соединения.

2. Имеются некоторые терминологические неточности, не достаточно полная информация в подрисуночных надписях.

**Отзыв на автореферат диссертации Равилова Рината Галимчановича,** кандидата технических наук, главного металлурга Лыткаринского машиностроительного завода ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение» (ЛМЗ - филиал ПАО «ОДК-УМПО»), г. Лыткарино, Московская область. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Недостаточно подробное описание предпосылок формирования модели тепловыделения в зоне контакта.

2. В автореферате к представленным диаграммам распределения остаточных напряжений желательна более подробная характеристика отрицательных и положительных сторон данного распределения.

3. Недостаточно подробно описаны приемы организации защиты аргоном лицевой и обратной стороны сварного шва, поскольку качество защиты при сварке играет значительную роль при формировании сварного соединения, особенно для титановых сплавов и сталей.

**Отзыв на автореферат диссертации Туркина Михаила Владимировича,** кандидата технических наук, начальника отдела развития производственных



технологий ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ПАО «ОАК»), г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не рассмотрен полный технологический процесс получения неразъемных соединений, включающий операции термообработки для снятия остаточных напряжений и как следствие не установлены критерии определения необходимости проведения локальной или общей термообработки.

2. В работе отсутствуют рекомендации по проектированию инструмента с переменной рабочей частью используемого для сварки деталей разной толщины.

3. Недостаточно полно исследованы взаимосвязи параметров технологического процесса сварки трением с перемешиванием и соответствующими прочностными и ресурсными характеристиками сварного шва.

4. Отсутствует информация по исследованию влияния наличия оксидных пленок в зоне сварки трением с перемешиванием при формировании неразъемных соединений из алюминиевых сплавов на механические характеристики сварного шва.

**Отзыв на автореферат диссертации Удовиченко Ивана Владимировича,** кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, заместителя главного технолога – начальника отдела материаловедения КБ Инженерного центра ПАО «Корпорация «Иркут», г. Москва, утвержденный Вице-президентом – по разработке – Директором Инженерного центра ПАО «Корпорация «Иркут», **Главным конструктором МС-21 Поповичем К.В.** Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Отсутствие результатов испытаний по стойкости сварных швов, полученных методом сварки трением с перемешиванием, к различным видам коррозионных повреждений (поверхностная коррозия, межкристаллитная коррозия, коррозия под напряжением, щелевая коррозия, контактная коррозия и проч.);

2. Отсутствие сведений о планировании экспериментов при выборе параметров технологического процесса сварки трением с перемешиванием;

3. Некоторую терминологическую и стилистическую небрежность автора в оформлении автореферата: использование словосочетаний типа «методика технологии», а также неполное оформление экспликаций формул.



**Выбор официальных оппонентов** обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Курицына Д.Н., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Баскакова В.Д., доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет) в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в области проектирования, производства и испытаний изделий ракетно-космической техники, в вопросах обработки материалов давлением, холодного деформирования листовых материалов. Баскаков В.Д. автор учебных пособий и энциклопедических справочников по наукоемким технологиям производства, имеет большое количество научных работ в области ракетостроения.

Выбор Кочергина С.А., кандидата технических наук, начальника отдела технологии сварки высококонцентрированными источниками энергии ФГУП «Научно-производственное объединение «Техномаш» в качестве официального оппонента обосновывается его компетентностью в методах сварки в производстве ответственных конструкций авиакосмической техники. Оппонент специализируется в области моделирования физико-технических явлений, технологических схем, создания установок выполнения и диагностики сварных соединений.

**Ведущая организация** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ) **выбрана** в соответствии с её широко известными достижениями в отрасли авиа- и ракетостроения, способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Основные научные направления ОмГТУ, имеющие признанные результаты: конструкция ракет и космических аппаратов; военные и специальные технологии; технологические проблемы формирования конструкций, технологии размерной обработки, в том числе различными физико-химическими методами. ОмГТУ – участник НИР и



НИОКР по разработке серийной технологии изготовления и производственного обеспечения семейства ракет «АНГАРА», в частности в области сварки трением и перемешиванием при изготовлении топливных баков универсального ракетного модуля (УРМ-1) на филиале ГКНПЦ имени М.В. Хруничева Производственном объединении «ПОЛЕТ». Университет реализует программу дополнительного профессионального образования (ДПО) повышения квалификации профессорско-преподавательского состава «Современные технологии обработки. Сварка трением с перемешиванием». Сотрудники ведущей организации обладают навыками теоретических и прикладных исследований в области технологии механической обработки авиационных материалов, оборудования и инструмента, моделирование основных процессов формообразования технических изделий, что обеспечивает возможность проводить объективную оценку всех приведенных в диссертации экспериментальных и теоретических данных, а также рекомендаций. Сотрудники ведущей организации, подписавшие отзыв на диссертацию, имеют достаточное количество публикаций по теме диссертации (в том числе в рецензируемых изданиях).

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработано** комплексное научно-методическое обеспечение для повышения эффективности и надежности технологического процесса сварки трением с перемешиванием в производстве авиационных и ракетно-космических конструкций с обеспечением высоких эксплуатационных характеристик при сокращении затрат и производственного цикла;

- **обоснованы** возможности высокоскоростных режимов сварки трением с перемешиванием с учетом особенностей формирования неразъемных соединений, в том числе для сваривания высокопрочных материалов с относительно высокой температурой пластификации;

- **обоснованы** на базе модельного прогноза и лабораторных экспериментов технологические рекомендации по назначению режимов и условий



перемешивающей сварки трением применительно к высокопрочным алюминиевым сплавам, титановым сплавам, жаростойким легированным сталям;

- **предложена** методика создания параметрических моделей сварочного инструмента при различных конструкторско-технологических ограничениях и требованиях, учитывающая результаты моделирования вязкого течения материала в зоне сварки и обеспечивающие высокое качество сварного шва;

- **новые понятия** не вводились.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **установлены** взаимосвязи процесса сварки трением с перемешиванием с основными технологическими ограничениями в производстве аэрокосмических конструкций, позволяющие на стадии подготовки производства назначать технологические режимы сварки и проектировать сварочный инструмент, в основу чего положены модели снижения сил, действующих на рабочий инструмент и заготовку, приемы сваривания высокопрочных материалов с относительно высокой температурой пластификации;

- **доказаны** закономерности и модели термомеханического баланса в зоне сварки, позволяющие прогнозировать технологические возможности высокоскоростной сварки трением, предложить технологические схемы и проекты специального оборудования и средств технологического оснащения высокоскоростной обработки.

- **предложена** методика создания параметрических моделей сварочного инструмента при различных конструкторско-технологических ограничениях и требованиях, учитывающая результаты численного моделирования вязкого течения материала в зоне сварки, функции основных конструктивных элементов инструмента при сварке трением с перемешиванием.

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

- **разработаны и внедрены** опытные установки высокоскоростной перемешивающей сварки трением; применение высокоскоростной сварки трением с



перемешиванием позволило получить качественное соединение при меньших нагрузках на конструкцию оборудования и зону сваривания;

- **разработаны и внедрены** новые конструкции сложнопрофильного инструмента для сварки трением с перемешиванием, отработана технология его изготовления методом электроэрозионного фрезерования; предложены и отработаны технологические схемы и режимы соединения конструкций сложных пространственных форм с применением такого инструмента;

- **создана** возможность исключения закупок импортного дорогостоящего универсального оборудования путем встраивания предложенных методик в общую цепочку технологической подготовки производства новейшей авиационной и ракетно-космической техники; сварка трением с перемешиванием может быть использована в качестве альтернативы заклепочным соединениям, контактной, шовной электродуговой, электроннолучевой и лазерной сваркам.

- **результаты исследования внедрены:**

- в опытно-конструкторских и проектных решениях АО «Научно-исследовательский институт природных, синтетических алмазов и инструмента» (АО «ВНИИАЛМАЗ») в виде: технологий высокоскоростной сварки трением с перемешиванием; параметрических геометрических моделей рабочих частей инструмента для сварки трением перемешиванием. Результаты диссертационной работы были использованы при: изготовлении экспериментальных образцов фюзеляжа самолёта МС-21 с применением сварки трением с перемешиванием; сварке трением с перемешиванием экспериментальных образцов фланцев редуктора несущего винта вертолета по заказу ММЗ им. М.Л. Миля; проектировании и изготовлении опытных установок высокоскоростной сварки трением перемешиванием (ВСПСТ-1, ВСПСТ-М, УСТ ВСПСТ-Р1); производстве инструментов для сварки трением с перемешиванием.

- в учебный процесс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в виде новых рабочих программ дисциплин «Объекты аэрокосмического производства», «Технологии заготовительного производства», «Технология производства двигателей



летательных аппаратов», лекций и лабораторных работ, посвящённых методам формирования сварных соединений с применением разработанного оборудования для процесса сварки трением с перемешиванием.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- для экспериментальных работ результаты получены с применением аттестованных средств измерения, а также статистических методов, подтверждающих адекватность полученных теоретических моделей; для оценки свариваемости выполнены металлографические исследования, измерение микротвердости, уровня остаточных напряжений и прочностные испытания;

- теоретические положения и допущения, использованные в диссертации при разработке моделей и методик, представляются в достаточной степени обоснованными и непротиворечивыми, основанными на принятых в теории обработки металлов давлением подходах к решению задач пластического деформирования, течения вязкопластических сред, механики сплошных сред;

- проведено экспериментальное подтверждение предложенных методик на достаточной выборке образцов;

- использованы современные методики сбора и обработки информации;

- установлено качественное соответствие авторских результатов с результатами исследований, представленными в открытых независимых источниках.

**Личный вклад соискателя состоит в следующем:**

- выполнен анализ существующих технологических решений в области формирования неразъемных соединений авиационных и ракетно-космических конструкций, выявлении проблем и путей их решения;

- определены принципы и закономерности, позволяющие прогнозировать технологические возможности высокоскоростной сварки трением на основе модели теплового баланса в зоне сварки;

- участие в качестве ответственного исполнителя в проведении технологических экспериментов при отработке режимов сварки трением перемешиванием различных свариваемых материалов и различных конфигураций



сварной конструкции, обработке, анализе и обобщении данных экспериментов, формулировке технологических рекомендации;

- разработаны параметрические модели инструментов сложнопрофильной формы, численные модели вязкого течения материала в рабочей зоне процесса;

- с участием соискателя спроектирована и изготовлена экспериментальная установка высокоскоростной сварки трением с перемешиванием;

- выполнены функциональные 3D модели оборудования и технологической оснастки, обоснованы их прочностные, жесткостные, динамические характеристики;

- при участии соискателя выполнены испытания эксплуатационных характеристик сварного шва.

Представленные в диссертационной работе результаты получены при непосредственном участии автора работы, результаты работы докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях.

На заседании 27.12.2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Курицыну Денису Николаевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель  
диссертационного совета Д 212.125.10  
д.т.н., профессор

 Ю.И. Денискин

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.10  
к.т.н., доцент

 А.Р. Денискина

27 декабря 2018 года



И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

