



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, Санкт-Петербург, 195251
тел.: +7(812)297 2095, факс: +7(812)552 6080
office@spbstu.ru

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра
Великого»

доктор технических наук, доцент



В.А. Нелюб

« 04 » 10 2023 г.

ОТЗЫВ

ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Тынченко Вадима Сергеевича
на тему «Модели и методы управления процессами создания неразъемных
соединений на предприятиях ракетно-космической отрасли»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами

Актуальность диссертации для науки и практики

Диссертационное исследование Тынченко В.С. посвящено разработке
новых эффективных моделей и методов управления процессами создания
неразъемных соединений на предприятиях ракетно-космической отрасли
(РКО).

Широко применяемые в РКО методы индукционной пайки, электронно-
лучевой и диффузионной сварки позволяют формировать соединения
высокого качества, однако их применение осложняется наличием ряда
факторов, в числе которых низкая степень повторяемости
неавтоматизированного процесса, а также сложность выбора эффективных
технологических режимов. При этом, обеспечение технологических
требований к сварным и паяным соединениям может быть достигнуто за счет

004212

улучшения качества управления, в том числе, повышения соответствия технологии нагрева изделий, сокращения перерегулирования при управлении.

Таким образом, разработка модельно-алгоритмического аппарата, а также создание на его основе современных автоматизированных систем управления пайкой и сваркой, разработанных с применением цифровых двойников таких процессов и позволяющих проводить эффективное управление при создании неразъемных соединений, является актуальной научно-технической задачей.

Структура работы

Диссертационная работа изложена на 394 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Стиль изложения и качество оформления работы соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям, текст легко читается.

Первая глава содержит расширенное введение в предметную область и посвящена анализу методов и средств управления процессами создания неразъемных соединений на предприятиях ракетно-космической отрасли. Остальные главы работы посвящены описанию разработанных автором моделей описания технологических процессов создания неразъемных соединений, многокритериальных постановок задач оптимизации управления индукционной пайкой и электронно-лучевой сваркой, алгоритмов управления и построенных на их основе автоматизированных систем. В главах 4 и 5 автором приводятся результаты экспериментальных исследований предложенных подходов к управлению индукционной пайкой, электронно-лучевой и диффузионной сваркой, сопровождающиеся обсуждением результатов, указанием на область их применения и ограничения в использовании.

Основные научные результаты и их значимость

Работа содержит следующие научные результаты:

- модели технологических процессов индукционной пайки волноводных трактов космических аппаратов и электронно-лучевой сварки тонкостенных конструкций (в части этапов ввода и вывода электронного луча), учитывающие особенности геометрии производимой продукции, позволяющие получить информацию о развитии таких технологических процессов для повышения качества управления;

- многокритериальные постановки задач оптимального управления технологическими процессами создания неразъемных соединений

тонкостенных конструкций, учитывающие распределения энергии в нагреваемых конструкциях, позволяющие повысить качество управления;

- способ пайки волноводных трактов, при котором управление технологическим процессом осуществляется по двум контурам – мощности индукционного генератора и расстояния от индуктора до волновода, позволяющий повысить качество паяных соединений;

- способ управления этапами ввода и вывода электронного луча в процессе сварки тонкостенных конструкций, позволяющий повысить качество сварного соединения за счет повышения концентрации энергии в зоне шва, а также снизить общее время технологического процесса;

- универсальный комплекс алгоритмических решений для управления процессом индукционной пайки, позволяющий гарантированно проводить технологический процесс при различных вариантах компоновки производственного оборудования и вычислительных ресурсов предприятия.

Каждый результат в достаточной мере сопровождается формальным и алгоритмическим описанием, позволяющим выполнить его независимую от автора реализацию, а также описанием экспериментальных исследований, демонстрирующих преимущества соответствующего результата при решении практических задач.

Предложенные модели и методы управления технологическими процессами создания неразъемных соединений тонкостенных конструкций вносят существенный вклад в решение проблемы автоматизации таких процессов, позволяя проводить исследования в области создания эффективных технологических комплексов и проектирования автоматизированных систем для индукционной пайки, электронно-лучевой и диффузионной сварки ответственных деталей.

Степень обоснованности и достоверность основных научных результатов

Достоверность полученных научных результатов и выводов подтверждается правильным выбором и корректным применением существующих методов теории системного анализа, теории тепловых процессов и теории автоматического управления, а также проведением большого количества вычислительных и натурных экспериментов для изделий, выпускаемых на предприятиях ракетно-космической отрасли.

Значимость результатов исследования

Значимость результатов для науки заключается в создании новых научно-обоснованных технологических решений, содержащих взаимосвязанный комплекс моделей и методов управления процессами

создания неразъемных соединений на предприятиях ракетно-космической отрасли, объединяющихся в единую методологию, основанную на использовании цифровых двойников процессов индукционной пайки и электронно-лучевой сварки. Новые технологические решения позволяют осуществить переход предприятий ракетно-космической отрасли к передовым цифровым технологиям в рамках направления Индустрии 4.0, применяемым при создании ответственных деталей, и в итоге повысить качество производимой продукции.

Результаты диссертационного исследования нашли применение при производстве элементов космических аппаратов и других ответственных изделий на предприятии АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», о чем имеются акты о внедрении.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты диссертации могут быть использованы в организациях, осуществляющих высокотехнологичное производство в области ракетно-космического машиностроения, авиастроительные и кораблестроительные предприятия. Примеры таких компаний – АО «НПП «Радиосвязь», АО «Красмаш», АО «НЦВ Миль и Камов», предприятия «Объединенной авиастроительной корпорации», организации ГК «Роскосмос». Внедрение новых технологий пайки и сварки, основанных на предлагаемых в работе моделях и методах, позволит повысить и снизить количество брака на этих предприятиях, расширить номенклатуру паяемых и свариваемых изделий и уменьшить затраты на освоение новых номенклатурных позиций.

Начатую в диссертационном исследовании работу по применению предложенной методологии построения систем управления технологическими процессами индукционной пайки и электронно-лучевой сварки, основанной на использовании цифровых двойников, целесообразно далее расширять на другие процессы создания неразъемных соединений, в том числе на процессы диффузионной и лазерной сварки.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1) разработанные автором подходы к управлению процессами пайки и сварки применяются для формирования неразъемных соединений тонкостенных конструкций на предприятиях ракетно-космической отрасли, однако остается неясным, в какой мере такие подходы пригодны при соединении других конструкций;

2) для решения поставленных в диссертации задач многокритериальной оптимизации автор применяет гибридный алгоритм глобального (NSGA-2) и

локального (L-BFGS-B) поиска (раздел 3.3.5, с. 167–169 диссертации), однако не приводит обоснование такого выбора;

3) при формировании траектории управления процессом индукционной пайки автор решает оптимизационные задачи как в однокритериальной, так и в многокритериальных постановках, при этом неясно, как производится выбор итоговой траектории управления в реализованной системе автоматизации вследствие отсутствия детализации подпроцесса «Формирование оптимальной траектории управления» на блок-схеме алгоритма работы системы (рисунок 5.40, с. 267 диссертации);

4) в представленных схемах на рисунках 2.21 (с. 85 диссертации) и 2.25 (с. 93 диссертации) обозначения осей не соответствуют общепринятым в теории сварочных процессов (как правило, длина сварного шва обозначается X , ширина – Y , глубина проплавления – Z), что затрудняет понимание разработанных автором расчетных формул.

Заключение по диссертационной работе

Вышеуказанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация Тынченко В.С. является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком уровне. В ней разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое научное достижение в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами.

Основные результаты исследований опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Автором опубликовано более 80 работ, в том числе 25 статей в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК, 7 статей в журналах, входящих в Q1/Q2 Web of Science и/или Scopus, 52 другие публикации в изданиях, входящих в Web of Science и/или Scopus и 1 монография. В Роспатенте зарегистрированы: 1 патент на изобретение и 20 программ для ЭВМ.

Работа целиком посвящена разработке моделей и методов управления процессами создания неразъемных соединений на предприятиях ракетно-космической отрасли, следовательно, работа соответствует научной специальности «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» в части направлений исследований:

– «Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки»;

– «Методология, научные основы, средства и технологии построения автоматизированных систем управления технологическими процессами

(АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.»;

– «Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами»;

– «Теоретические основы и методы моделирования и управления организационно-технологическими системами и киберфизическими производственными комплексами»;

– «Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления и их цифровых двойников»;

– «Теоретические основы и прикладные методы резервирования контуров управления, повышения эффективности, надежности и живучести АСУ на этапах их разработки, внедрения и эксплуатации».

Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации и дает полное представление об этапах и результатах диссертационной работы.

Работа отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Тынченко Вадим Сергеевич заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Ученого совета Института компьютерных наук и кибербезопасности (ИКНК) ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (протокол №1/23 от «04» октября 2023 года).

Отзыв составлен проректором, и.о. директора Высшей школы управления кибер-физическими системами (ВШ УКС), д.т.н., профессором Арсеньевым Дмитрием Германовичем.

Проректор, и.о. директора ВШ УКС
ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»
д.т.н., профессор

____ Д.Г. Арсеньев

04.10.2023

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29.

Тел. +7 (812) 297-20-95, +7 (812) 329-47-90

Адрес электронной почты: office@spbstu.ru