



НПО ТЕХНОМАШ  
ИМ. С. А. АФАНАСЬЕВА

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «РОСКОСМОС»  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ТЕХНОМАШ» ИМЕНИ С.А. АФАНАСЬЕВА»  
(АО «НПО «ТЕХНОМАШ» ИМ. С.А. АФАНАСЬЕВА)»

3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, стр.1, Москва, 127018  
тел.: +7(495) 689-50-66, факс: +7(495) 689-73-45  
www.tnpo.ru e-mail: info@tnpo.ru

ОКПО 72147430, ОГРН 1217700647812, ИНН 9715411975, КПП 771501001

УТВЕРЖДАЮ

неральный директор  
«НПО «Техномаш»  
И. С.А. Афанасьева»

П.В. Полещенков

2025 г.

М.П.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева» на диссертационную работу Извекова Александра Андреевича на тему «Исследование процесса и разработка технологии комбинированных методов обработки в рабочих средах с управляемыми физическими параметрами», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Диссертационная работа Извекова Александра Андреевича посвящена актуальным проблемам оптимизации рабочих сред, в том числе, сред с управляемыми физическими параметрами, для перспективных технологий комбинированной физико-химической обработки деталей.

Соискателем разработаны эффективные алгоритмы механизмов протекания процессов физико-химических технологий с учетом физических параметров комбинированных рабочих сред обработки, что несомненно актуально для авиационной и космической отраслей машиностроения.

Исследования проводились в рамках опытно-конструкторской разработки «Феникс», которая получила официальное утверждение в модифицированной версии согласно постановлению Правительства РФ № 1513 от 9 декабря 2017 года, а также государственных и ведомственных программ, в том числе, постановлений Правительства РФ № 2164-П «О проведении государственной программы «Мобильный комплекс»» (раздел

«Технология перевооружения») и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (раздел 1.2.1. «Проведение поисковых научно-исследовательских работ по направлению ракетостроения»).

**Целью работы** является оптимизация режимов и эксплуатационных показателей комбинированных методов обработки труднообрабатываемых металлических материалов путем выбора состава и управления процессом за счет использования эффективных рабочих сред с переменными физическими свойствами.

Для достижения цели соискателем поставлены и решены основные задачи создания перспективных рабочих сред.

Содержание работы и полученные соискателем результаты полностью соответствует требованиям паспорта специальности 2.5.5.

**Научная новизна** работы заключается в раскрытии механизмов взаимодействия технологических параметров, создании новых эффективных рабочих сред постоянного и переменного агрегатного состояния, построении системы качественной и количественной оценки приоритетов выбора методов и средств изготовления наукоемкой техники по критериям технологичности, включающей её производственную составляющую.

Соискателем предложена оригинальная система моделирования процессов при минимальном количестве повторных испытаний вариантов образцов или опытных изделий.

**Практические результаты работы** включают сокращение количества вариантов выбора технологических методов и средств (в их числе, рабочих сред), определяющих получение требуемых эксплуатационных показателей и качества изделий.

**Личный вклад соискателя в выполнение работы** заключается в разработке механизма оценки и назначения рабочих сред с различными физико-техническими характеристиками, создании новых методов и средств технологического оснащения для перспективных комбинированных видов обработки и участие в их внедрении в реальном производстве.

**Способы исследований, обоснованность, достоверность результатов.**

Полученные соискателем результаты прошли проверку в цехах «Воронежского механического завода - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» и приняты к производству ракетных двигателей в АО КБХА.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных, отраслевых научно-технических конференциях и получили одобрение представителей предприятий, которые признали их полезными и востребованными для машиностроения.

По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, в их числе 8 - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 4 – в зарубежных научных изданиях, рецензируемых в базе «Scopus» и получено 2 патента РФ;

Диссертация содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, а также сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, что подтверждает личный вклад автора диссертации в науку

Автореферат полностью отражает содержание диссертации; требования по форме и объему автореферата выполнены.

АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» заинтересовано в полученных соискателем результатах и готово принять участие в реализации материалов проведенных им исследований на предприятиях отрасли.

### **Структура и содержание диссертационной работы**

Представленная диссертационная работа содержит введение, пять глав, заключение, список литературы (164 наименования) и два приложения.

**Во введении** дана общая характеристика работы: обоснованы актуальность и научная новизна, сформулированы цель и задачи работы, описаны методы достижения поставленных целей, детально раскрыты ключевые аспекты работы и значимость проведенного исследования для научной и практической сферы, степень личного участия автора в проведении и внедрении результатов исследований.

**В главе 1** содержится описание путей и методов обеспечения оптимальных эксплуатационных показателей наукоёмкой продукции при разработке комбинированных методов обработки в технологических средах с различными физическими параметрами.

Приведен обзор исследований и практического применения комбинированных методов обработки (КМО) в различных технологических процессах, анализ способов регулирования эксплуатационных свойств рабочих сред посредством физических параметров и опыта внедрения подобных технологий в авиакосмической отрасли и других направлениях машиностроения.

В главе предложены и научно обоснованы пути совершенствования качества наукоёмких изделий, изготавливаемых в различных рабочих средах комбинированными методами при их использовании в технологических системах, включая комплексы. Раскрыты возможности повышения качества изделий отечественной техники и средств технологического оснащения за счет объективной оценки уровня технологичности при использовании различных технологических сред, часть которых предложена соискателем.

**В главе 2** рассмотрены методы решения поставленных задач и достижения поставленной в работе цели. В главе выдвинуты рабочие гипотезы, определяющие пути решения поставленных задач для достижения поставленной цели, которые являются основой для разработки методики решения поставленных задач. Обоснована потребность в материальной базе для выполнения исследований и подтверждения правомерности

теоретических исследований, в том числе для выбора наиболее эффективных рабочих сред с учетом совершенствования имеющихся и создания новых комбинированных технологических процессов для машиностроения.

Приведен детально проработанный алгоритм, позволяющий создать базу для решения задач и достижения поставленной цели. В алгоритме учтены основные этапы проведения требуемых исследований, показаны пути разработки новых технологических процессов с оптимизацией использования рабочих сред с различными физическими возможностями

**В главе 3** изложена процедура моделирования механизма оптимизации выбора технологических рабочих сред для комбинированных методов обработки. Предложенная в главе модель позволяет проектировать перспективные комбинированные технологические процессы с использованием рабочих сред с различным агрегатным состоянием и составом, открывающими возможность управлять физическими характеристиками в зависимости от требований заказчиков наукоемкой продукции. Правомерность применения модели показана на примере выполнения технологической операции прошивания тракторов в одной из ответственных деталей авиационных и ракетных двигателей - форсунках для подачи топлива в зону горения, востребованных большими тиражами и обеспечивающими уровень качества всего наукоемкого изделия.

Рассмотрен механизм оценки показателей при использовании различных технологических сред по критерию производственной технологичности и предложена последовательность действий исполнителей при устранении расхождений, выявленных на этапах проектирования или при реализации результатов в процессе внедрения КМО в серийное производство.

**В главе 4** показаны процедуры проектирования комбинированных процессов с эффективными рабочими средами. Проектирование КМО с вакуумированием зоны обработки. Процедура проектирования комбинированных технологических процессов с использованием в качестве технологической рабочей среды газов, жидкостей, твердых веществ и их сочетаний.

В главе дана оценка технологичности выбора рабочей среды для конкретного технологического использования. Часть сред создано и применено впервые, что позволило расширить область использования в машиностроении комбинированных методов обработки с наложением электрических и магнитных полей.

**В главе 5** рассмотрены перспективы развития комбинированных методов обработки с эффективными составами и свойствами технологических рабочих сред. Пути использования рабочих сред с наложением магнитоимпульсных воздействий для стабилизации внутренних напряжений. КМО для интенсификации изготовления каналов с переменным сечением. Интенсификация процесса обработки путем кавитации рабочих сред. Состояние и пути развития комбинированных методов обработки

научно-технических изделий. Расширение области использования в машиностроении КМО с различными технологическими рабочими средами.

В главе приведены результаты исследований отечественных ученых за последние годы и намечены направления работы на последующий период. Определено место искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых технологий при их применении в процессе разработки и выпуска отечественного технологического оборудования. Показаны приоритетные направления использования комбинированных методов обработки в специальном станкостроении. Даны рекомендации по проектированию технологических режимов комбинированной обработки типовых деталей.

Приведена разработанная структура банка конструкторско-технологических решений для комбинированных методов обработки. Структура банка инвариантна по отношению к большинству методов, в том числе комбинированных с применением электрических, лучевых методов чистовой обработки, и может успешно использоваться при проектировании технологий в машиностроении и других отраслях техники.

**В заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы, включая:

- предложение нового подхода к научному обоснованию выбора состава, условий использования и физических свойств рабочих сред по критерию полезности с возможностью мобильного управления их технологической эффективностью в комбинированных технологических процессах за счет внешних тепловых, гидравлических, механических, лучевых, импульсных, частотных, временных воздействий по сигналам обратной связи;

- разработку теоретических основ системы применения и выбора комбинированных методов обработки с постоянным и переменным агрегатным состоянием рабочих сред, наиболее полно обеспечивающих заданные эксплуатационные параметры качества продукции;

- обоснование назначения добавок к рабочим средам с учетом физико-технических характеристик обрабатываемых материалов и требуемых технологических характеристик изделий;

- разработку методологии проектирования состава рабочих сред с управляемыми физическими свойствами по сигналам обратной связи, получаемыми из зоны протекания процесса и непрерывно регулируемые в диапазоне допустимых границ изменения параметра;

- установление границы предельных изменений физических свойств рабочих сред для гарантированного обеспечения заданного качества деталей после обработки комбинированными методами с наложением внешних воздействий;

- установление возможности повышения в несколько раз производительности комбинированного метода обработки путем регулирования теплового воздействия на рабочую среду от предварительного нагрева места обработки в пределах стабильного состояния агрегатного состояния среды;

- установление возможности управления интенсификацией анодного процесса и достижения на черновом этапе обработки ускорения процесса до 10 раз при использовании импульсного воздействия локального нагрева на жидкую рабочую среду при КМО;

- предложение, защищенного патентом, состава твердых рабочих сред, создание технологии его использования при неподвижной сборке и переборке, ремонте сопрягаемых деталей с формированием зазоров, гарантирующих защиту от повреждения мест их стыковки в изделии.

По диссертации и автореферату следует отметить следующее:

1. При анализе главы 3 диссертации и аналогичного раздела в автореферате соискателем приведено недостаточно примеров выбора конкретных рабочих сред с привязкой к условиям их работы при изготовлении типовых деталей авиакосмического машиностроения, что может затруднить оперативное принятие технологами предприятий решений о выборе рабочих сред в обеспечение требований комбинированных методов обработки.

2. Для обоснования выбора технологических сред требуется учитывать их практическую доступность, безопасность и стоимость, однако, конкретной информации по этим вопросам в материалах диссертации и печатных трудах соискателя за последний период не содержится.

3. В главе 2 недостаточно обоснован требуемый объем экспериментальных подтверждений для выбора рабочих сред комбинированных методов обработки и отсутствует анализ их негативного воздействия на человека и окружающую среду.

4. При обосновании использования технологических сред с различными физическими характеристиками не отражены вопросы использования результатов рецензируемой работы при подготовке инженерных кадров в ВУЗах, что было в требованиях ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки работы.

Следует также отметить, что количество опубликованных результатов соискателя значительно превышает объем информации, использованной в работе. В этой связи считаем целесообразным подготовить на базе диссертации монографию, определяющую дальнейшее развитие научных изысканий по рассматриваемой проблеме.

### **Заключение по диссертационной работе.**

Диссертация Извекова Александра Андреевича «Исследование процесса и разработка технологии комбинированных методов обработки в рабочих средах с управляемыми физическими параметрами» является законченной научно-квалификационной работой по специальности 2.5.5., в которой содержится решение актуальной научной задачей расширения области использования технологий, средств технологического оснащения и

выбора рабочих сред, обеспечивающих технологичность наукоемкой техники специального назначения и, в частности, способствующих импортозамещению в оборонных отраслях машиностроения страны.

Диссертация содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку (п. 10 Положения о присуждении ученых степеней).

Автореферат полно отражает содержание диссертации, в нем изложены все основные аспекты работы. Требования по форме и объему автореферата выполнены (п. п. 25, 26 Положения о присуждении ученых степеней).

В соответствии с п. 9 – 14 Положения ВАК соискатель Извеков Александр Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Отзыв на диссертационную работу и автореферат Извекова Александра Андреевича рассмотрен и одобрен на заседании секции №1 научно-технического совета АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева», протокол от 17.06.2025 г. № 3-25.

Эксперт АО «НПО «Техномаш»  
им. С.А. Афанасьева,  
доктор технических наук

Ю.М. Должанский

«18» 06 2025 г.

Подпись Должанского Ю.М. заверяю,  
Учёный секретарь  
научно-технического совета  
АО «НПО «Техномаш»

Афанасьева,  
технических наук

Б.И. Омигов

Должанский Юрий Михайлович,  
доктор технических наук по специальности 05.02.01, академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, эксперт Акционерного Общества «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева», 3-й проезд Марьиной Роши, д. 40, стр. 1, Москва, 127018, тел. (495) 689-97-04 доб. 25-30, e-mail: [info@tmnpo.ru](mailto:info@tmnpo.ru)