

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» Саушкина Бориса Петровича на диссертационную работу Извекова Александра Андреевича «ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ В РАБОЧИХ СРЕДАХ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

1. Актуальность темы диссертации.

Разработка теоретических и технологических основ методов и технологий комбинированной обработки изделий наукоемкого производства является актуальной проблемой современной технологии машиностроения. Этот кластер методов и технологий отличается высоким инновационным потенциалом, обеспечивающим постоянное повышение уровня качества и конкурентоспособности выпускаемых изделий. Инновационный характер комбинированных методов определяется, главным образом, проявлением синергетических эффектов при одновременном протекании двух или более физических или химических процессов различной природы. Степень их проявления, определяющего технологический результат, зависит от параметров режима и, в значительной степени, от свойств используемой рабочей среды.

Таким образом, **тема рецензируемой работы является актуальной**, что подтверждается высокими темпами интенсификации исследовательских работ в этой области, высоким уровнем инвестиций в разработку новых методов и анализом технико-экономической эффективности внедренных технологий

Следует добавить, что, методологическое и методическое обеспечение процесса проектирования технологий комбинированной обработки изделий заметно отстают от решения сопутствующих организационно-технических задач в связи со сложностью объекта исследований. В результате существующее методологическое обеспечение не удовлетворяет требованиям производства, а нормативно-справочная база, необходимая для проектирования таких технологий, находится в стадии накопления опытно-экспериментальных данных, что указывает на актуальность выбранной темы диссертации.

Актуальность работы подтверждается также её интеграцией в государственную космическую программу Российской Федерации на период 2016-2025 годов. Работа была реализована в рамках опытно-конструкторской разработки «Феникс», которая получила официальное утверждение в модифицированной версии согласно постановлению Правительства РФ № 1513 от 9 декабря 2017 года. Тематика и направление работы тесно связаны с задачами реализации Стратегии развития станко-инструментальной промышленности на период до 2035 года, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 5 ноября 2020 года N 2869-р, которая выделяет приоритетные для РФ направления развития в области обеспечения отечественного производства наукоемкими средствами технологического оснащения.

2. Научная новизна проведенного исследования.

Научная новизна проведенного исследования заключается, на наш взгляд, в развитии методологического обеспечения процесса проектирования комбинированных методов обработки (КМО), а именно:

- получении и систематизации новых данных о роли и влиянии рабочей среды на процесс удаления материала при комбинированной обработке;
- разработке методики выбора и создания эффективных рабочих сред на основе модели делового конфликта;

– построении системы оперативной оценки критериев и приоритетов выбора методов и средств изготовления создаваемой и модернизируемой наукоемкой техники по уровню технологичности, основанной на алгоритмических моделях.

Вклад в технологическую науку включает в себя создание теоретически обоснованной доказательной базы для выбора эффективных методов и средств обработки с использованием рабочих сред со специально подобранными физико-химическими характеристиками и для качественной и количественной оценки уровня качества варианта технологии серийного производства по критерию полезности, позволяющего планировать загрузку, резервы и средства для развития специального машиностроения.

3. Практическая ценность работы

Результаты работы позволяют сократить трудоемкость проектирования технологий, основанных на комбинированных методах обработки и повысить их технологические характеристики, в том числе, за счет выбора или разработки рабочих сред, с использованием критерия технологичности заданного и перспективного уровня эксплуатационных показателей качества наукоемкого изделия при минимизации сроков запуска его в серийное производство.

Разработана и предложена структура банка конструкторско-технологических решений для кластера комбинированных методов обработки, обеспечивающего технолога мощным инструментом проектирования и способствующего повышению уровня автоматизации работ по выбору наилучшего варианта технологии при наличии альтернатив.

Сказанное подтверждается актом использования результатов работы на АО КБХА от 21.01.25, имеющимся в приложении А и другими документами.

4. Достоверность полученных результатов.

Выдвинутые соискателем научные положения базируются на фундаментальных законах технологии машиностроения с привлечением физических и химических теоретических положений, лежащих в основе процессов различной природы, используемых в КМО.

Основные материалы по диссертации апробированы, доложены на конференциях и симпозиумах различного уровня, известны научной общественности. По материалам исследования опубликовано 8 научных статей в журналах, включенных в Перечень ВАК МОН РФ, 4 – в базу Scopus, получены 2 патента на изобретение.

5. Степень обоснованности основных научных положений и рекомендаций, сформулированных в отдельных разделах диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы (164 наименования), 25 рисунков, 7 таблиц и 2 приложений. Содержание диссертации изложено на 162 страницах с рисунками, таблицами, приложениями.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава содержит анализ состояния вопроса в области применения комбинированных методов и технологий обработки в производстве авиационных двигателей.

Замечания по первой главе:

1. В обзоре не проведен критический анализ существующих подходов к классификации КМО, моделей выбора и разработки используемых рабочих сред (работы В.М. Мордыхая, Н.И. Иванова, В.И. Филина, А.М. Долгих и др.), что затрудняет оценку новизны результатов, полученных автором.

2. Обзор литературы по теме диссертации практически не содержит иностранных источников, хотя эта тематика представлена в зарубежных публикациях. Лишь 20% использованных автором источников изданы в последние 5 лет.

3. Используемый автором термин «электроэрозионно-химическая обработка» относится к электроэрозионной обработке (ЭЭО), осуществляемой в химически агрессивной по отношению к обрабатываемому материалу среде (комбинация электроэрозионной и химической обработки). Чтобы избежать разночтений, правильнее, на наш взгляд, использовать термин «электроэрозионно-электрохимическая обработка», получивший распространение в отечественной и иностранной научной литературе и говорить об электрохимическом воздействии на материал изделия.

В целом проведенный анализ состояния вопроса, на наш взгляд, достаточно объективен и адекватен, что позволило соискателю обосновать основные задачи исследования.

Вторая глава посвящена разработке методов решения поставленных задач и достижения поставленной в работе цели.

Замечания по второй главе:

1. В тексте главы не приведены методики экспериментальных работ и оценка их достоверности.

2. В разделе 2.1 представлены научные гипотезы. Гипотеза 1 является общепринятым научным положением и описывает логику создания и применения КМО. Гипотеза 2 является утверждением и вызывает вопрос о том, зачем проводить исследования, если «уровень знаний по управлению механизмом выбора технологических рабочих сред достаточен для создания теоретически обоснованной доказательной базы...».

3. Не ясно, какая процедура алгоритма, представленного на рис. 2.8, включает в себя (и в каком виде) анализ и оценку эффектов взаимодействия и взаимовлияния отдельных воздействий, которые, собственно, и формируют элементы синергизма?

В целом представленные во второй главе материалы позволяют судить об обоснованности выдвинутых автором гипотез. Алгоритм, позволяющий создать базу для решения задач и достижения поставленной цели детально проработан. В нем учтены основные этапы проведения требуемых исследований, показаны пути разработки новых технологических процессов с выбором эффективных рабочих сред с различными физическими и химическими свойствами.

В *третьей главе* выполнено моделирование механизма оптимизации выбора технологических рабочих сред для комбинированных методов обработки.

Замечания по третьей главе:

1. Оппонент не рекомендовал бы использовать термин «оптимизация» в названии этого раздела, так как задачи структурной или параметрической оптимизации автором в явном виде не выделены. Механизм *оптимизации* выбора технологических рабочих сред четко не сформулирован. Непонятно, в частности, каким образом автор оптимизирует состав многокомпонентных рабочих сред;

2. Выражение (3.28) содержит эмпирический коэффициент, числовые значения которого для различных условий обработки автором не приводятся. Поэтому его использование в расчетах, проводимых по предлагаемой автором методике, требует дополнительных усилий;

3. Сравнительный анализ рабочих сред, проведенный на с. 76, дает тривиальный результат – непроводящие (плохо проводящие) ток компоненты не пригодны для проектирования КМО, в которых используется механизм высокоскоростного анодного растворения.

4. В тексте отсутствует методика и порядок проведения эксперимента, описанного на с. 68. Рис. 3.3 требует редактирования: отсутствует размерность оси ординат;

5. Рис. 3.4 и 3.5 носят иллюстративный характер: параметры режима и условия обработки не приведены, непонятно, получены эти результаты автором или позаимствованы.

В целом в главе предложена модель, позволяющая проектировать перспективные комбинированные технологические процессы с использованием эффективных рабочих сред, что дает возможность управлять физическими характеристиками в зависимости от технических требований на наукоемкую продукцию. Рассмотрен механизм оценки показателей при использовании различных технологических сред по критерию производственной технологичности. Эти результаты представляют научный и технологический интерес.

В главе 4 обсуждается проектирование комбинированных процессов с эффективными рабочими средами.

Замечания по четвертой главе:

1. В алгоритме на рис. 4.1 после процедуры «Проектирование плана построения ТП» следует процедура «Испытание фильтра». Непонятно откуда взялся фильтр, поступивший на испытания?

2. Материал разделов 4.1, 4.2, 4.4 носят описательный характер, используемые технологические режимы не приведены. Требуется уточнить причастность автора к описываемым технологиям. Непонятно, что сделано автором в разделе 4.3.3. Соавтором работы [121] он не является.

В главе с единых методологических позиций обсуждаются технологические системы с использованием рабочих сред в различном агрегатном состоянии, что ранее не делалось. Приведена оценка технологичности при выборе рабочей среды для конкретного технологического использования. Представленный в работе материал представляет интерес с точки зрения обобщения выдвинутых автором методологических положений

В главе 5 рассмотрены перспективы развития комбинированных методов обработки с эффективными рабочими средами

Замечания по пятой главе:

1. В разделе 5.3 не отражена возможность интенсификации кавитационных явлений за счет свойств рабочей среды, что является одной из задач данной работы.

В главе разработана структура банка конструкторско-технологических решений для комбинированных методов обработки, который обеспечивает методический, технологический и информационный подход при выборе, применении и технологическом обеспечении чистовых методов обработки при комбинации различных воздействий. Это является несомненным достоинством работы, так как обеспечивает технолога эффективным инструментом проектирования.

Непонятно назначение Приложения Б, материалы которого разработаны другими исследователями и представлены фрагментарно.

6. Общие замечания по работе.

По диссертации и автореферату имеются следующие замечания и пожелания общего характера:

1. При анализе известных рабочих сред соискатель ограничился в основном поиском информации по комбинированной обработке в авиакосмическом машиностроении и станкостроении. Вместе с тем, современное состояние развития всех отраслей машиностроения требует создавать новые технологические процессы, используя достижения наукоемких отраслей, с учетом их специфики и возможностей. Анализ этих требований мог бы способствовать расширению области применения полученных в работе результатов.

2. Следовало бы полнее использовать результаты работ в области создания новых электролитов, полученные в Институте физической химии им. А.Н. Фрумкина РАН,

Ивановском химико-технологическом университете, Институте прикладной физики АН Респу-

блики Молдова. Это позволило бы ускорить и удешевить поиск составов и характеристик рабочих сред для комбинированных методов обработки в машиностроении.

3. В работе не затронуты вопросы подготовки инженерных кадров, соответствующих научной специальности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки». Вместе с тем, методологические и методические материалы диссертации представляют интерес для использования в высших учебных заведениях для повышения уровня эффективности учебного процесса.

4. Следовало бы расширить анализ результатов использования предлагаемых рабочих сред, особенно, изменяющих свое агрегатное состояние в процессе эксплуатации. Это вопрос мало изучен, но представляет большой практический интерес.

5. Часть материалов, включенных в автореферат, представлена фрагментарно, что затрудняет их восприятие.

6. Следовало бы привести технико-экономический анализ выполненной разработки, конкретизировать изменяемые статьи затрат и уточнить особенности расчета экономического эффекта от внедрения результатов работы.

Заключение

С учетом высказанных замечаний диссертация содержит востребованные научно обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для развития машиностроения страны, включает полезный научный и прикладной материал для расширения знаний в области изучаемой в работе области науки и техники, что способствует ускорению развития и совершенствования технологий комбинированных методов обработки и отвечает п.9 Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней.

Замечания носят рекомендательный характер и не изменяют общую положительную оценку диссертации Извекова Александра Андреевича.

Работа написана грамотно, содержит подтвержденные публикациями новые научные результаты, внедренные в производство, и может быть представлена для публичной защиты (п.10, 11, 13 Положения).

Автореферат полностью соответствует содержанию работы, раскрывает актуальность тематики работы, ее основные идеи и выводы, обосновывает научную новизну и практическую значимость результатов, характеризует личное участие соискателя в выполнении исследований, содержит перечень опубликованных работ, что отвечает требованиям п.25 Положения.

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

Доктор технических наук, профессор



Саушкин Борис Петрович
25. 06. 2025 г.

Сведения об оппоненте Саушкине Борисе Петровиче

Наименование отрасли наук, научных специальностей, по которым была защищена диссертация: 05.17/03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Официальное название организации, где в настоящее время работает оппонент: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский Политех.

Занимаемая должность: профессор кафедры технологий и оборудования машиностроения.

Телефон для связи: +79167051857

Адрес: 115280 Москва, Автозаводская, 16, Московский Политех

E-mail: sbp47@mail.ru

Подпись Саушкина Бориса Петровича заверяю

Сауш

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬ
ОТДЕЛА КАДРОВ
А. Л. Волков