



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**

Россия, 125319, Москва, Ленинградский просп., 64.  
Тел. (499) 346-01-68 доб. 12-00, факс (499) 151-89-65. Интернет: <http://www.madi.ru>. E-mail: [info@madi.ru](mailto:info@madi.ru)

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
диссертационного совета 24.2.286.06,  
кандидату технических наук, доценту  
Мандрыкину А.В.  
ФГБОУ ВО "Воронежский государственный  
технический университет"  
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента**

на диссертационную работу Яковлевой Анны Петровны на тему  
«Разработка процессов комбинированной обработки деталей  
концентрированными потоками энергии и поверхностной пластической  
деформацией для получения модифицированных износостойких поверхностных  
слоев», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-  
технической обработки (технические науки)

### **1. Актуальность темы диссертационного исследования**

Снижение простоев техники играет ключевую роль в повышении эффективности производства и укреплении конкурентных позиций. Время простоя удлиняет производственный цикл, уменьшает производительность и увеличивает затраты. Оборудование, применяемое в строительстве, дорожной отрасли, на железной дороге и в сельском хозяйстве, может выходить из строя по разным причинам, среди которых значительное место занимает отказ гидравлической системы. Это создает серьезные трудности для коммунальных служб, фермеров и дорожных организаций. В связи с этим задача продления срока службы гидравлических узлов, особенно за счет повышения износостойкости таких элементов, как золотники и плунжеры, остается крайне актуальной.

## **2. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Целью диссертационной работы является разработка технологий комбинированной обработки, направленных на формирование модифицированных поверхностных слоёв, установление зависимости между характеристиками этих слоёв и износостойкостью золотников и плунжеров, а также создание предпосылок для продления срока службы гидравлических систем, применяемых в различной технике.

Содержание решённых в работе задач логично вытекает из поставленной цели, отличается чёткостью формулировок и обоснованностью выбора методов. Научные результаты и сформулированные выводы в полной мере соответствуют намеченным направлениям исследования.

**В первой главе** был проведен анализ причин отказов различных видов техники, классификация технологических методов повышения износостойкости, а также исследование литературных источников по обеспечению эксплуатационных свойств деталей с учетом технологической наследственности. Кроме того, изучены комбинированные методы обработки.

В работе отмечено, что перспективными и универсальными способами повышения износостойкости деталей машин являются методы упрочнения с использованием концентрированных потоков энергии, а применение комбинированной обработки создает дополнительный ресурс для улучшения эксплуатационных характеристик деталей, устраняет недостатки и формирует новые свойства поверхностных слоев.

**Во второй главе** автор высказала предположение, что совмещение методов обработки концентрированными потоками энергии и ППД может дать положительный эффект – создать резерв для повышения износостойкости золотников и плунжеров у гидравлического оборудования. Теоретические исследования подтвердили правильность предположений автора. Для этого Яковлева А.А. теоретически определила основные параметры качества поверхностного слоя, а так же глубину масляного кармана. Были представлены

теоретические зависимости остаточных напряжений, глубины упрочнения, глубины масляного кармана в зависимости от режимов комбинированной обработки, а так же эмпирические зависимости шероховатости поверхности от режимов комбинированной обработки. Яковлева А.П. рассмотрела несколько вариантов комбинированной обработки: электромеханическая обработка и алмазное выглаживание; лазерная закалка и алмазное выглаживание. Кроме того, Яковлева А.П. разработала методику проектирования процессов комбинированной обработки, которая отличается от ранее представленных. В этой методике учтены типы производства, и значимые результаты анализируются с учетом технологической наследственности.

**Третья глава.** Были представлены экспериментальные и промышленные установки для исследований комбинированных процессов обработки, подробно описаны принципы работы, показан инструмент и рациональные режимы обработки. Яковлева А.П. разработала программу научного исследования. Эта программа содержит основные научные и экспериментальные направления, по которым проводились исследования. В работе автор использует современные, высокоточные методики для общих измерений и специальных исследований.

**В четвертой главе** основные результаты экспериментального исследования подтвердили правдивость теоретических исследований – разработанные процессы комбинированной обработки могут создать резерв для повышения износостойкости золотников и плунжеров у гидравлического оборудования.

Яковлева А.П. провела экспериментальные исследования по определению основных параметров качества поверхностного слоя:

- остаточных напряжений и деформации кристаллической решетки;
- шероховатости поверхности;
- наличия зон концентрации напряжений;

В работе проведено сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований. Сравнение показало высокую степень сходимости – до 80%. При исследовании наличия зон концентрации напряжений

впервые было установлено, что алмазное выглаживание является технологическим барьером для большинства поверхностных дефектов.

**В пятой главе** представлены исследования износостойкости образцов с модифицированным слоем после комбинированной обработки. Автор высказала предположение, что процессы комбинированной обработки создадут резерв для повышения износостойкости деталей гидравлического оборудования и доказала это. Были изготовлены образцы из различных материалов, применяемых для изготовления золотников и плунжеров, и обработаны по разным вариантам: по заводской технологии и с применением процессов комбинированной обработки. Яковлева А.П. проводила исследования на современном оборудовании и оценивала результаты высокоточными методами: весовым и методом поверхностной активации.

**В шестой главе** дана оценка экономическому эффекту, полученному после замены заводской технологии (азотирование), при изготовлении партии деталей, на процесс комбинированной обработки (электрохимическая обработка и алмазное выглаживание). Расчет показал, что при замене заводской технологии на предлагаемую получен значимый экономический эффект (около 4,5 млн. руб.).

В этой главе Яковлева А.П. показывает возможность разработки нового научного направления комбинированных методов обработки с наложением физических воздействий. Автор представила несколько направлений развития процессов комбинированной обработки, по которым проведены исследования и имеются положительные результаты:

- применение в авиационной промышленности, например для изготовления деталей легкомоторных самолетов и беспилотных летательных аппаратов;
- экспериментальное исследование параметров модифицированного поверхностного слоя в низкотемпературных средах;
- дальнейшая разработка методов с наложением физических воздействий, например сочетание методов упрочнения концентрированными потоками энергии и методов ППД с ультразвуком.

### **3. Достоверность и новизна полученных выводов и предложений**

Достоверность результатов диссертационного исследования определяется критическим анализом представительного массива научных публикаций, аналитических и статистических материалов по рассматриваемой тематике (библиография исследования включает 339 наименований), обусловлена применением научно-методологического комплекса управления структурообразованием в инженерии поверхности металлов, использованием современного сертифицированного оборудования, оценкой погрешности проведённых измерений, а также повторяемостью экспериментальных результатов. Теоретические положения и результаты моделирования не противоречат литературным и известным экспериментальным данным.

Диссертационное исследование содержит целый ряд моментов, которые, несомненно, обладают научной новизной. Среди них, в качестве наиболее существенных, можно выделить следующие:

- разработана научно обоснованная методика проектирования процессов КО с применением концентрированных потоков энергии и ППД, отличающиеся от существующих тем, что учтен тип производства при выборе оборудования, инструмента, оснастки и анализ результатов (параметров качества модифицированной износостойкой поверхности) проводят с учетом технологической наследственности. По данной методике разработаны процессы для получения модифицированных износостойких поверхностных слоев на примере деталей золотниковых и плунжерных пар гидравлического оборудования. Полученные параметры качества поверхностей: твердость (до 62 HRC), глубина упрочнения (до 1,3 мм), шероховатость (до Ra 0,4 мкм) и остаточные напряжения (до 1900 МПа) в сочетании с масляными карманами, – создают резерв для повышения износостойкости;
- впервые установлено влияние технологической наследственности, методов и режимов комбинированной обработки на образование зон концентрации напряжений (ЗКН) в модифицированном поверхностном слое. После

комбинированной обработки в поверхностном слое не выявлены ЗКН. Установлено, что алмазное выглаживание является технологическим барьером для поверхностных дефектов, а методы термического воздействия (лазерная закалка, электрохимическая обработка или плазменная закалка) не являются технологическим барьером для некоторых поверхностных дефектов;

- исследованы триботехнические свойства модифицированных поверхностей, решена обратная задача по схеме: оптимальный уровень эксплуатационных свойств (износостойкость) – > оптимальный диапазон режимов комбинированной обработки;
- установлена взаимосвязь содержания процессов КО, режимов обработки с параметрами качества модифицированных поверхностей и износостойкостью – сочетание твердости, глубины упрочнения, шероховатости, остаточных напряжений с масляными карманами, полученными при КО создают резерв для увеличения износостойкости.

#### **4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта**

Практическая значимость заключается в разработке методики проектирования процессов комбинированной обработки с применением концентрированных потоков энергии и ППД для повышения эксплуатационных показателей; эффективность разработанных методов подтверждена внедрением и испытаниями на ведущих предприятиях (акты о внедрении и испытаниях на более 10 ведущих предприятиях РФ); представлены готовые инженеринговые решения для внедрения на предприятиях (рекомендации по выбору режимов обработки для различных сталей, руководство по эксплуатации установки по ЭМО и др.).

Научная ценность работы заключается в представленных теоретических зависимостей параметров модифицированных поверхностей и режимов комбинированной обработки, которые позволяют управлять свойствами поверхностных слоев на этапе технологической подготовки производства, а так

же разработаны процессы комбинированных методов обработки для получения модифицированных поверхностей, повышения качества поверхностного слоя и износостойкости золотниковых и плунжерных пар.

### **Замечания по работе**

Автор диссертационной работы поставила в числе задач исследования «найти универсальный метод» обеспечения требуемой износостойкости различных ответственных деталей, но в итоге предложила целый спектр методов упрочнения, основанный на применении лазерной закалки, электрохимической обработки и плазменной закалки.

А.П. Яковлева рассмотрела достаточно широкий спектр методов упрочнения, вместе с тем упущены в анализе различных методов такие, как магнитно-импульсная обработка, волновое деформационное упрочнение и др.

В диссертационной работе неоднократно отмечается перспективность для развития комбинированных технологий использования в процессах ППД ультразвука, вместе с тем в автореферате отсутствуют прямые как теоретические, так и экспериментальные результаты влияния ультразвука на технологические параметры ППД при комбинированной обработке.

При расчете технико-экономической эффективности разработанных технологий не рассматривалось и не учитывалось увеличение долговечности деталей при их эксплуатации.

К сожалению, диссертационная работа не свободна от недостатков орфографического и стилистического характера.

Однако данные замечания не снижают ценность работы.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Основные результаты достаточно полно отражены в публикациях, в том числе и по перечню ВАК.

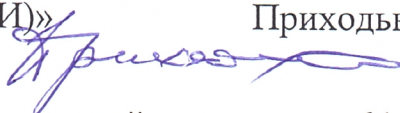
Диссертационная работа Яковлевой А.П. на тему «Разработка процессов комбинированной обработки деталей концентрированными потоками энергии и поверхностной пластической деформацией для получения модифицированных износостойких поверхностных слоев» отвечает требованиям, предъявляемым к

докторским диссертациям согласно «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ пунктам 9-14, а ее автор Яковлева Анна Петровна достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

**Официальный оппонент:**

член-корреспондент РАН,  
доктор технических наук (специальность 05.20.03  
«Технологии и средства технического  
обслуживания в сельском хозяйстве»),  
профессор, профессор кафедры  
«Технология конструкционных материалов»  
ФГБОУ ВО «Московский  
автомобильно-дорожный государственный  
технический университет (МАДИ)»

Приходько Вячеслав Михайлович



Адрес: 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64

Телефон: +7(499)155-03-31

E-mail: prikhodko@madi.ru

Подпись Приходько В.М.



Ученый секретарь ученого  
совета Университета



Алексеева Марина Юрьевна

Дата «03» 09 2025 г.