

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО ИРНИТУ

А.М.Кононов

2022 г.



### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Овсянникова Виктора Евгеньевича на тему «Повышение долговечности рабочего оборудования строительно-дорожных машин», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки в диссертационный совет. Д 212.250.02 Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ)

На отзыв представлены: докторская диссертация, автореферат диссертации, работы, опубликованные по теме диссертации.

Диссертация, представленная на отзыв, состоит из введения, семи глав, заключения, списка источников и приложений. Работа содержит 210 страниц печатного текста 136 рисунков, 63 таблицы, список литературы из 152 источников и 3 приложения.

### Актуальность темы

В стратегии развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года говорится о том, что одной из главных проблем, которые препятствуют развитию отрасли, является низкая конкурентоспособность продукции и, как следствие, высокая доля импортной техники, которая используется в дорожном строительстве (для некоторых видов машин может достигать до 90%).

Повышение уровня обеспеченности техникой строительных компаний возможно путем увеличения объемов отечественного производства по отдельным видам техники, при этом уровень качества продукции должен соответствовать ведущим мировым аналогам, что повысит уровень конкуренции и снизит стоимость продукции на внутреннем рынке.

Существенным фактором, который, в том числе, определяет качество строительно-дорожных машин, является долговечность их рабочего оборудования, т.к. данное свойство напрямую влияет на эффективность эксплуатации парка техники и стоимость дорожного строительства.

Обеспечение долговечности возможно только на основе комплексного подхода, который должен быть реализован на всех основных этапах жизнен-

ФГБОУ ВО «СибАДИ»		
ОГРН 1025500523950		
Вх. №	dd-1346	
от	19	04 20 dd г.

ного цикла машины: при проектировании, производстве, на этапе эксплуатации и ремонта.

Научные исследования в этом направлении проводятся в недостаточном объеме и носят несистематизированный и фрагментарный характер.

Это дает основание утверждать, что тема настоящего диссертационного исследования, целью которого является повышение долговечности рабочего оборудования на основе обеспечения требуемых параметров качества исполнительных поверхностей, актуальна и очень своевременна.

### Структура и содержание работы

**Во введении** выполнено обоснование актуальности теоретических и технологических основ повышения долговечности рабочего оборудования строительно-дорожных машин, при этом отмечается, что решение поставленной проблемы должно быть получено на базе системного подхода при учете конструкторских, технологических и эксплуатационных аспектов. Представленные основные структурные элементы для общей характеристики работы соответствуют требованиям к диссертации и автореферату.

**В первой главе** дан анализ проблемы обеспечения и повышения надежности и долговечности строительно-дорожных машин и оборудования. Показано, что многие элементы рабочего оборудования имеют недостаточную долговечность, кроме того, отмечается, что износ режущих элементов рабочих органов негативно влияет на долговечность машины в целом.

Определены узлы рабочего оборудования, долговечность которых предполагается повышать. Проведен анализ методов повышения долговечности и ремонта рабочего оборудования строительно-дорожных машин. Сформулирована цель и задачи исследования.

**Во второй главе** представлены результаты общих теоретических исследований повышения долговечности рабочего оборудования строительно-дорожных машин. Сформулирована концепция решения поставленной научной проблемы, которая основана на возможности направленного обеспечения долговечности за счет более точных методик ее прогнозирования и совершенствования технологий производства и ремонта.

На основе комплексного технико-экономического анализа методов повышения долговечности и ремонта узлов трения установлено, что наиболее рациональным является использование термодиффузионного легирования и метода ремонтных размеров.

Проведено теоретическое обоснование нового метода поверхностного упрочнения, использование которого позволяет получить слой толщиной до 3 мм с обратным распределением микротвердости.

Выполнены исследования текстуры шероховатости шарниров рабочего оборудования после токарной обработки. Установлено, что влияние вибраций на шероховатость при чистовой и финишной обработке существенно выше, чем при черновой.

**В третьей главе** представлен анализ научных трудов, которые рассматривают процесс разработки грунта рабочим органом с затупленной режущей кромкой. Показано, что традиционные теории копания предусматривают влияние затупления на величину усилия копания, однако механизм затупления не рассматривают. Теоретические методы расчетов непосредственно для землеройных машин не применялись, а также в них присутствует ряд упрощений, снижающих точность расчетов. Эмпирические зависимости применимы лишь для разработки природных грунтов и не учитывают влияние абразивных свойств грунта.

Предложены новые термины, которые позволяют корректно учитывать влияние абразивных свойств грунта, и дополняют известные характеристики, установленные ГОСТ 12536-2014. Разработана модель, которая позволяет прогнозировать долговечность рабочих органов по критерию гамма-процентного ресурса.

**В четвертой главе** изложены результаты разработки метода упрочнения. На основе планирования эксперимента получены зависимости толщины упрочненного слоя и ферритной каймы (дефектного слоя) от технологических режимов: температуры и времени выдержки. Установлено, что максимальная толщина упрочненного слоя составляет 3 мм.

Проведены исследования прочности и жесткости образцов с использованием испытательного оборудования (пресса с усилием 15000 Н) и систем автоматизированного проектирования на основе метода конечных элементов. Установлено, что применение упрочнения позволяет более чем в 2 раза увеличить прочность образцов.

В ходе лабораторных испытаний по оценке долговечности на основе определения гамма-процентного ресурса по величине удельной работы абразивного износа установлено, что износостойкость образцов с упрочненным слоем сопоставима с износостойкими марками чугунов.

**В пятой главе** приведены результаты расчетного определения значений долговечности рабочих органов строительно-дорожных машин, содержащих износостойкие элементы из серого чугуна с упрочненным слоем. Расчеты проведены на основе использования экспериментальных данных, характеризующих зависимости микротвердости упрочненного слоя по толщине.

Расчеты проведены для грунтов различной категории при разработке рабочим оборудованием экскаватора и бульдозера. Показано, что использование серого чугуна с упрочненным слоем позволяет получить износостойкость, сопоставимую с легированным хромистым и износостойким чугуном.

**В шестой главе** приведены результаты исследований долговечности втулок рабочего оборудования, которые имеют упрочненный слой. На основе теоретических расчетов показано, что наличие ферритной каймы на поверхности слоя дает возможность сократить период приработки, а обратное распределение твердости позволяет увеличить зону нормального износа.

Представлены результаты прогнозирования долговечности втулок рабочего оборудования после растачивания в ремонтный размер. Показано, что

вероятность безотказной работы после ремонта для втулок с упрочненным слоем выше, чем у тех, которые его не имеют.

Изложены результаты исследований механической обработки точением деталей с упрочненным слоем. Предложены критерии для оценки износа резца, разработан алгоритм и модель системы контроля износа. Использование системы контроля износа позволит повысить качество обработанных поверхностей.

**В седьмой главе** изложены результаты испытаний рабочих органов с износостойкими элементами, которые показывают, что долговечность предлагаемых рабочих органов выше, чем тех, которые используются на базовом предприятии.

Качественное совпадение результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также испытаний подтверждает возможность использования предлагаемых автором моделей на практике.

Разработана модель экспертной системы для оценки риска выхода из строя режущих элементов с изношенной кромкой. Выполнено экономическое обоснование полученных результатов.

В приложении приведены документы, подтверждающие апробацию полученных решений, копии патентов и свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ.

### **Обоснованность и достоверность научных результатов**

Полученные автором результаты не противоречат проведенным ранее исследованиям. Теоретически полученные закономерности подтверждены экспериментальными исследованиями. Достигнута достаточная точность расчетов. Технически грамотно применяются современные методы теории копания, теории надежности, технологии машиностроения, математической статистики, теории вероятности, регрессионного анализа, теории нейронных сетей и нечеткой логики. Принятые в работе допущения и ограничения обоснованы и отражены в диссертации в полном объеме.

### **Научная новизна полученных результатов исследований, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Основные научные результаты, отражающие научную новизну:

- предложенная концепция повышения долговечности рабочего оборудования строительно-дорожных машин, основанная на направленном обеспечении требуемых параметров качества исполнительных поверхностей;
- разработанная модель, позволяющая прогнозировать долговечность рабочих органов строительно-дорожных машин на основе динамики изнашивания режущей кромки;
- результаты исследований, доказывающие возможность повышения долговечности шарниров рабочего оборудования за счет использования упрочнения с обратным распределением твердости;

- результаты теоретического и экспериментального обоснования метода поверхностного упрочнения, позволяющего получать слой толщиной до 3 мм;

- полученные результаты исследований профилей шероховатости поверхности, разработанный алгоритм и программно-аппаратный комплекс для контроля износа режущего инструмента при токарной обработке деталей с упрочненным слоем.

### **Практическая ценность**

Практическая ценность исследования определяется тем, что применение разработанных автором моделей прогнозирования долговечности рабочих органов и шарниров рабочего оборудования, а также прогнозирования риска дает возможность более точно планировать мероприятия по ремонту и обслуживанию парка машин и тем самым предотвращать длительные простои.

Использование разработанного метода поверхностного упрочнения и решений в части обработки резанием деталей с упрочненным слоем, позволит повысить долговечность шарниров рабочего оборудования и режущих элементов строительно-дорожных машин.

В рамках выполнения диссертации получено 7 патентов РФ на изобретение и полезные модели и 5 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ. Применение данных разработок позволит улучшить качество выпускаемого рабочего оборудования строительно-дорожных машин.

Практическая ценность проведенного исследования подтверждена широким внедрением ее результатов на предприятиях общего и строительного машиностроения. Результаты работы внедрены также в учебном процессе Курганского государственного университета и Сибирском государственном автомобильно-дорожном университете.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации, приведенных в диссертации**

Результаты исследования могут быть рекомендованы для использования предприятиями и организациями (Гипростроймаш, Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса, ВНИИСТРОЙДОРМАШ и др.), занимающимися проектированием строительно-дорожных машин, что будет способствовать созданию более конкурентоспособной продукции и импортозамещению.

По теме диссертации опубликовано 56 печатных работ, в том числе имеется 11 работ из журналов списка ВАК по специальности 05.05.04, 11 работ из журналов списка ВАК по специальности 05.02.07, 7 публикаций в издания Scopus и WoS, 7 патентов РФ, 5 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ, 2 монографии.

## Соответствие диссертации паспортам научных специальностей

Содержание диссертационной работы соответствует требованиям паспортов научных специальностей 05.05.04 (п. 5 «Методы повышения долговечности, надежности и безопасности эксплуатации машин, машинных комплектов и систем») и 05.02.07 (п. 2 «Теоретические основы, моделирование и методы экспериментального исследования процессов механической и физико-технической обработки, включая процессы комбинированной обработки с наложением различных физических и химических воздействий» и п. 3 «Исследование механических и физико-технических процессов в целях определения параметров оборудования, агрегатов, механизмов и других комплектов, обеспечивающих выполнение заданных технологических операций и повышение производительности, качества, экологичности и экономичности обработки»).

## Замечания по диссертационной работе

1. Тема диссертационной работы сформулирована не совсем корректно, т.к. в ней содержится формулировка «строительно-дорожных машин», хотя в работе рассматриваются преимущественно машины для земляных работ. Соответственно тему следовало бы уточнить, и более четко при этом определить предметную область.

2. На графиках спектров виброакустического сигнала, которые представлены на рисунках 6.6-6.11, отсутствуют единицы измерения по оси ординат и, соответственно, не совсем понятна природа полученного спектра.

3. На графике, приведенном на рисунке 6.12 и в тексте диссертации отсутствуют пояснения в каких единицах измеряется величина мощности вибросигнала  $S_w$ .

4. Графики на рисунках 6.13-6.17 представлены в виде ломаных линий, было бы более уместно провести аппроксимацию по экспериментальным точкам, например, полиномами второй или третьей степеней.

5. Встречаются отдельные неточности в ссылках на формулы в тексте диссертации, например, на стр. 69, 137 и т.д.

## Заключение

Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на достаточном высоком научном уровне.

Разработанные в диссертации теоретические и экспериментальные положения позволяют квалифицировать их как решение крупной научно-технической проблемы повышения долговечности рабочего оборудования строительно-дорожных машин, имеющей важное народнохозяйственное и

социальное значение. Полученные результаты соответствуют целевым индикаторам, установленным в Стратегии развития строительной отрасли российской Федерации до 2030 года.

Представленные в работе исследования достоверны, сделанные выводы обоснованы.

Диссертационная работа содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, подробные расчеты. Написана технически квалифицированно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом имеются выводы.

Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате.

Диссертация является законченным научным исследованием, отвечает требованиям пунктов 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Овсянников Виктор Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Заключение по диссертации и материалам исследований рассмотрены на семинаре кафедр «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы» и «Технология и оборудование машиностроительных производств» 17.03.2022 г., протокол №1.

Профессор кафедры «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы» ИРНИТУ, д.т.н. по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, профессор

В.Г. Зедгенизов

Профессор кафедры «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий» ИРНИТУ, д.т.н. по научным специальностям: 05.02.08 – Технология машиностроения, 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, профессор

17.03.2022

С.А. Зайдес

С О ТЗЫВОМ ОЗНАКОМЛЕН

В.С. Овсянников

19.04.2022 г.