



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Т.Ф.ГОРБАЧЕВА»
(КузГТУ)

Весенняя ул., д. 28, г. Кемерово, 650000

факс: (384-2) 68-23-23

тел./ факс: (384-2) 39-69-60

<http://www.kuzstu.ru> e-mail: kuzstu@kuzstu.ru

ОКПО 02068338 ОГРН 1024200708069

ИНН / КПП 4207012578 / 420501001

30.12.2022 № 04-06/1-5363
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
международному сотрудничеству

Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Кузбасский государственный
технический университет
имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ)

 К.С. Костииков

«30» 12 2022 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Кузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева» на диссертационную работу
Севагина Сергея Васильевича на тему «**Повышение ресурса гидроцилиндров**
погрузочно-доставочных машин», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
2.8.8 «Геотехнология, горные машины»

Актуальность темы диссертационного исследования

Эффективность освоения рудных месторождений во многом определяется техническим состоянием и уровнем надежности применяемой горной техники. По мере выработки легкодоступных месторождений и вовлечения в разработку сложных тонких пластов глубокого залегания более востребованными для выемки и транспортировки горных пород становятся погрузочно-доставочные машины (ПДМ). При этом к ПДМ предъявляют достаточно жесткий комплекс требований - машина должна быть надежной, мощной, экономичной, компактной, маневренной, удобной в обслуживании и ремонтпригодной. Вместе с тем реальная долговечность ПДМ часто отличается от проектной, по причине воздействия различных специфических факторов, обусловленных условиями их эксплуатации - наличием ударных нагрузок, абразивных сред, высокой влажности и др. Особенно чувствительны к воздействию внешних факторов гидроцилиндры ПДМ, обеспечивающие необходимые движения ковша. Под влиянием этих факторов происходит

ускоренный износ и коррозия сопрягаемых поверхностей деталей соединений, что приводит к значительным расходам на замену вышедших из строя узлов и их ремонт и оказывает существенное влияние на эффективность эксплуатации ПДМ. Частые отказы гидроцилиндров ПДМ по причине интенсивного износа сопряжения шток-уплотнение указывает на то, что существующие базовые технологии отделочной обработки не обеспечивают должного ресурса соединения. В связи с этим представленная диссертационная работа, посвящённая повышению ресурса гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин на основе обоснования и технологического обеспечения требуемых макро- и микрогеометрических параметров рабочей поверхности штока и высоких эксплуатационных характеристик пары трения «шток-уплотнение» является актуальной и имеет важное научное и практическое значение.

Структура и основное содержание диссертационной работы

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, содержащего 106 источников, и двух приложений. Работа изложена на 147 страницах машинописного текста, содержит 22 таблицы и 70 рисунков. На отзыв также представлен автореферат на 24 страницах.

В первой главе автором обоснована важность и актуальность задачи повышения ресурса гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин. Проведен анализ состояния изученности вопросов обеспечения параметров макро- и микропрофиля рабочей поверхности штока и методов достижения высокого качества рабочей поверхности, контактирующей с уплотнением. На основе проведенного анализа сформулированы цель и основные задачи исследования. **Вторая глава** посвящена обоснованию требований микропрофиля поверхности штока с целью обеспечения благоприятных условий контакта с уплотнением и достижения заданного ресурса пары трения «шток-уплотнение». Выявлен комплекс параметров микропрофиля поверхности, оказывающих влияние на износостойкость сопряжения шток-уплотнение. Выполнен анализ принятых моделей микропрофиля поверхности штока, получаемых различными технологическими методами. Предложена расчетная схема контакта жесткого тела различной формы с упругим полупространством, отражающая характер взаимодействия микропрофиля поверхности штока и уплотнения. На основе конечно-элементного анализа НДС эластомера при взаимодействии с единичными выступами поверхности штока различной формы определены параметры микропрофиля штока, обеспечивающие наиболее благоприятные условия контакта с уплотнением. **В третьей главе** представлены экспериментальные исследования, и технологические рекомендации по достижению требуемых макро- и микрогеометрических параметров поверхности штока, обеспечивающих наиболее благоприятные условия контакта штока с уплотнением. Установлено, что для обеспечения требуемой макрогеометрии поверхности после хромирования целесообразно взамен традиционного

полирования применять обработку твердым точением, благодаря чему устраняется погрешность формы. В результате проведения и обработки данных экспериментальных исследований получены оптимальные режимы обработки твердым точением, обеспечивающие требуемую точность геометрической формы хромированных штоков. Также установлено, что требуемый микропрофиль поверхности штока, обеспечивающий благоприятные условия контакта с уплотнением, достигается сглаживающей обработкой хромированного штока алмазным выглаживанием. В результате проведения серии экспериментальных исследований получены уравнения регрессии, устанавливающие связь между шероховатостью обработанной поверхности и режимами выглаживания. Обработка хромированных образцов штоков алмазным выглаживанием позволила получить шероховатость поверхности Ra в пределах 0,28...0,32 мкм с радиусом скругления вершины от 50 мкм. В четвертой главе представлен сравнительный анализ трибологических характеристик и эксплуатационных свойств пары трения шток-уплотнение для хромированных образцов, обработанных полированием и алмазным выглаживанием, в контакте с уплотнениями из различных материалов. На основе проведения экспериментальных исследований установлено, что фактическая площадь контакта у образцов штоков, обработанных алмазным выглаживанием, находящихся в сопряжении с уплотнением из материала *PTFE*, увеличилась на 31%, а с уплотнением из материала *NBR* на 61% по сравнению с фактической площадью контакта с уплотнениями полированных образцов при нагружении образцов силой $F=30$ Н. Показано, что отделочная обработка хромированных образцов штоков алмазным выглаживанием при сравнении с образцами, обработанными полированием, позволила снизить средний коэффициент контактного трения с уплотнением из марки *PTFE* с 0,339 до 0,248, для материала *NBR* с 0,396 до 0,317. Экспериментальное определение скорости износа уплотнений при взаимодействии с полированными и выглаженными образцами позволило рассчитать и сравнить ресурс сопряжений, который для уплотнений из материала *PTFE* при контакте с выглаженными образцами вырос на 24%, а для *NBR* – на 28%, по сравнению с ресурсом сопряжения при использовании полированных образцов.

Завершают диссертационную работу заключение и общие выводы, позволяющие объективно оценить значимость проведенных исследований.

Научная новизна и достоверность результатов исследования

Новизна проведенного автором исследования заключается в решении актуальной научной задачи, заключающейся в раскрытии связи ресурса сопряжения шток-уплотнение с параметрами микропрофиля поверхности штока и технологическими методами их достижения, что имеет большое практическое значение для повышения эффективности эксплуатации гидроприводов горных машин.

Научное значение работы очевидно и заключается в разработке научного подхода к определению благоприятного микропрофиля поверхности хромированного штока с целью повышения ресурса пары трения «шток-

уплотнение» гидроцилиндров ПДМ, выявлении благоприятного микропрофиля поверхности штока при контакте с уплотнением на основе исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) материала уплотнения, разработке методов отделочной обработки хромированных штоков, обеспечивающих благоприятный микрорельеф поверхности и повышение эксплуатационных характеристик пары трения «шток-уплотнение».

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации Севагина С.В. подтверждается достаточным количеством экспериментальных данных по обработке хромированных образцов штоков твердым точением и алмазным выглаживанием, а также по оценке трибологических характеристик исследуемых сопряжений, хорошей сходимостью теории и эксперимента, применением сертифицированных программ, оборудования с высокими метрологическими характеристиками, использованием апробированных методов испытаний и обработки экспериментальных данных.

Практическая значимость и реализация результатов диссертации

Практическую ценность работы представляют разработанные в диссертации технология обработки рабочей поверхности штока твердым точением, позволяющая устранить погрешности геометрической формы, возникающие в процессе хромирования, методика выявления благоприятного для контакта с уплотнением микропрофиля поверхности штока с учетом физико-механических свойств эластомеров и технологическое обеспечение требуемой микрогеометрии поверхности при помощи обработки алмазным выглаживанием, технологические рекомендации, направленные на повышение эксплуатационных характеристик пары трения «шток-уплотнение», переданные в АО «Можайское экспериментальное механическое предприятие», ООО «ПТК ГИДРОФОРС» и в ООО «НПЦПОДЗЕММАШ, где используются при проектировании, изготовлении и ремонте гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

В работе получен ряд новых результатов, которые представляют интерес для профильных специалистов, научных организаций и производственных предприятий, специализирующихся в области проектирования, изготовления и ремонта силовой гидравлики горной техники. Результаты диссертации, в частности, технология сглаживающе-упрочняющей обработки хромированной поверхности штока алмазным выглаживанием, позволяющая создать благоприятный микрорельеф поверхности для контакта с уплотнением; технология обработки хромированной поверхности штока твердым точением, позволяющая устранить погрешности геометрической формы, возникающие в процессе хромирования; методика выявления благоприятного для контакта с уплотнением микропрофиля поверхности штока с учетом физико-механических свойств эластомеров, определяемых при одноосном растяжении с последующим моделированием испытаний в программе

MCalibration; управляющая программа для токарного станка с ЧПУ, обеспечивающая достижение требуемых параметров качества поверхности хромированного штока гидроцилиндра в процессе алмазного выглаживания, а также технологические рекомендации, направленные на повышение эксплуатационных характеристик пары трения «шток-уплотнение» могут быть рекомендованы для использования в таких организациях как ООО «Березовский ремонтно-механический завод» (Свердловская область, г. Берёзовский), АО «Можайское экспериментально-механическое предприятие» (Московская область, г. Можайск), ООО «ПТК Гидрофорс» (Московская область, г. Протвино), ООО «ПТК Калугаремпутьмаш-Сервис» (Калужская область, г. Калуга) и др.

Значимость полученных автором результатов для развития геотехники (горных машин)

Полученные в работе результаты содержат научные знания, открывающие возможность управлять ресурсом гидроцилиндров на основе технологического обеспечения качества их изготовления, что имеет важное научно-практическое значение.

Результаты диссертационной работы представлены в 6 научных трудах, в том числе 5 – в изданиях, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки РФ (из которых 2 - в изданиях, входящих в наукометрическую базу *SCOPUS*, и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ).

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях: XVII Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов горно-геологического, нефтегазового, энергетического, машиностроительного и металлургического профиля в СПбГУ 2019 г.; форуме молодых ученых, приуроченном к международной студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии», МГТУ Станкин, 2019 г.; XIX Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» в СПбГУ 2021 г., а также в международном научном симпозиуме «Неделя горняка» 2018-2020 г.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

В автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований. Содержание автореферата отражает основные положения диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе не представлены производственные данные по реальному ресурсу уплотнений в гидроцилиндрах ПДМ.

2. Экспериментальные исследования износостойкости контактной пары шток-уплотнение проводились для условий сухого трения, тогда как в реальных условиях эксплуатации имеет место граничная смазка.

3. Раскрывая технологические возможности и преимущества твердого точения и алмазного выглаживания, предлагаемых в качестве финишной обработки хромированных штоков, автор не рассматривает экономические аспекты усовершенствованного технологического процесса, которые могут ограничить ее применение.

4. В актуальности и в работе в целом автор указывает, что исследование проводится для образцов штоков с покрытием из твердого хрома. Неясно, возможно ли практическое применение разработанной технологии к другим видам покрытий?

Замечания по тексту:

5. Обозначение коэффициента Пуассона в формуле (1.5) (ν), а в формуле (2.25) (μ), что затрудняет восприятие информации. Следовало принять единую форму обозначения.

6. Контрастность рисунка 3.2 «Круглограммы поперечных сечений», представленного на стр. 78 диссертации, не позволяет отчетливо его рассмотреть.

В целом, указанные замечания не снижают ценность диссертационной работы Севагина Сергея Васильевича, имеющей научную новизну и практическую значимость в области создания и модернизации горно-шахтного оборудования. Работа хорошо оформлена, изложена грамотным техническим языком.

Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основе выполненных автором исследований дано решение актуальной научной задачи повышения ресурса гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин на основе раскрытия связи эксплуатационных свойств сопряжения шток-уплотнение с параметрами микропрофиля поверхности штока и технологическими методами их достижения, что способствует увеличению срока эксплуатации погрузочно-доставочных машин и имеет важное научно-практическое значение для горной промышленности.

Диссертационная работа по актуальности поставленных задач, научной новизне, объему, уровню опубликованных работ, практической значимости, достоверности полученных результатов и степени обоснованности выводов соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., ред. от 26.09.2022 г.), также отвечает требованиям положения «О порядке присуждении ученых степеней в НИТУ «МИСиС».

По научно-технической направленности, содержанию, выводам и практической значимости работа соответствует паспорту специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины»

Диссертационная работа выполнена соискателем на высоком научно-техническом уровне. Автор диссертации – Севагин Сергей Васильевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины».

Отзыв подготовил профессор кафедры горных машин и комплексов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ), доктор технических наук, профессор



Хорешок Алексей Алексеевич

Отзыв ведущей организации по диссертационной работе Севагина Сергея Васильевича обсужден и утвержден на заседании кафедры горных машин и комплексов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (протокол № 10 от 19 декабря 2022 г.)

Заведующий кафедры горных машин и комплексов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ), кандидат технических наук, доцент



Ананьев Кирилл Алексеевич

Подпись Хорешок А.А., Ананьев К.А.
ЗАВЕРЯЮ
ученый секретарь совета
Э.В. Хеймин
«30» 12 2022г.