

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», д-р физ.-мат. наук, доцент



А.И. Швейкин

04 » сентября 2025 г.

М.П.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Корогодина Артура Сергеевича** на тему: «Повышение межремонтного ресурса и ремонтной технологичности подшипниковых узлов барабанной мельницы без демонтажа цапф на месте эксплуатации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

1. Структура и объем диссертационной работы

На отзыв представлена диссертация, состоящая из оглавления, введения, четырех глав с выводами, заключения, списка литературы и трех приложений. Работа изложена на 163 страницах машинописного текста, включающего 49 рисунков, 7 таблиц, 122 литературных источника.

2. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Корогодина А.С. посвящена решению актуальной задачи – повышению межремонтного ресурса и ремонтной технологичности подшипниковых узлов барабанных мельниц, что особенно значимо в условиях растущего спроса на свинцово-цинковые концентраты.

В современных условиях российская минерально-сырьевая база характеризуется преобладанием труднообогатимых руд низкого качества, что обусловлено низким содержанием полезных компонентов и высоким процентом примесей в исходном сырье. Это создает существенные сложности при переработке и снижает экономическую эффективность добычи. Для удовлетворения растущего спроса на концентраты необходимо совершенствовать технологии переработки высокопрочных руд на действующих горно-обогатительных комбинатах (ГОКах) Урала и Сибири, а также разрабатывать новые подходы к организации производства. Особую актуальность приобретает создание модульных комплексов горного оборудования, размещаемых вблизи месторождений, в частности, в арктической зоне.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-97 от 09.09.25
АУ УС

Барабанные мельницы, являясь ключевым оборудованием измельчения в структуре ГОКов и модульных комплексов, работают в условиях высоких динамических нагрузок. Это приводит к интенсивному износу опорных подшипников скольжения, что усугубляется использованием баббита в качестве материала вкладышей. Ситуация осложняется и ограниченным рабочим пространством при эксплуатации барабанных мельниц как в условиях поточного производства, так и в составе компактных модульных комплексов.

В этих условиях особую значимость приобретает разработка новых подходов к техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) подшипниковых узлов, позволяющих повысить их надежность и эффективность эксплуатации в специфических условиях современного горно-обогатительного производства.

Таким образом, для поддержания работоспособности критически важных ресурсопределяющих узлов – опорных подшипников скольжения, необходимо создание новых обоснованных технико-технологических решений. Они должны включать как внедрение превентивных методов диагностики с последующим применением корректирующего технического обслуживания для увеличения межремонтного ресурса подшипниковых узлов, так и разработку способов ремонта барабанной мельницы на месте ее эксплуатации без полного демонтажа. Необходимо повышать ремонтную технологичность опорных узлов мельницы и снижать время нахождения мельницы в ремонте, чему и посвящена настоящая работа.

3. Общая характеристика работы

Целью диссертационной работы является повышение межремонтного ресурса опорных баббитовых гидростатических подшипников скольжения как ресурсопределяющих узлов барабанной мельницы и снижение времени нахождения ее в ремонте.

Научная новизна исследования заключается в установлении функциональных зависимостей величины нагрева и интенсивности роста температуры в опорных подшипниках от отклонения формы поверхностей цапф, а также в разработке алгоритма корректирующего ТО.

Методология исследования основана на комплексном подходе, включающем анализ, экспериментальные исследования и практическую апробацию. Положения основаны на общепризнанных научных фактах и согласуются с результатами производственных наблюдений. Достоверность положений выносимых на защиту выводов и рекомендаций обусловлена проведением экспериментальных исследований, которые подтверждаются репрезентативным объемом статистических данных и воспроизводимостью результатов.

Стендовые экспериментальные исследования выполнены с использованием современных приборов и аппаратуры. Методы проведения и обработки полученных результатов экспериментальных данных соответствуют государственным методикам и стандартам. Результаты испытаний подтверждены многократной проверкой зависимостей при различных режимах работы оборудования.

Публикации по теме диссертации включают 15 печатных работ, среди которых особое значение имеют публикации в рецензируемых научных изданиях. Две статьи опубликованы в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Еще две статьи опубликованы в научных изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Также получен патент на изобретение, что подтверждает практическую значимость и новизну проведенной работы.

Основные положения и результаты диссертационного исследования были представлены на десяти научно-технических конференциях, из которых девять имели международный статус. Данные научные мероприятия способствовали широкому обсуждению и апробации полученных результатов в профессиональном сообществе. Результаты диссертационной работы прошли проверку на достоверность и планируются к внедрению на предприятии ПАО «ЗВЕЗДА».

4. Значимость полученных результатов для науки и производства

В диссертации обосновано, что величина нагрева и интенсивность роста температуры в опорных баббитовых гидростатических подшипниках скольжения барабанной мельницы служат индикатором для оценки работоспособности узла при контроле данного параметра в режиме реального времени, позволяя определять текущее техническое состояние подшипника.

Установлено, что изменение величины нагрева и интенсивности роста температуры в опорных баббитовых гидростатических подшипниках скольжения от отклонения формы поверхностей цапф при удельной нагрузке на подшипники 3,3 МПа описываются функциональной зависимостью полинома шестой степени с величиной достоверности аппроксимации $R^2=0,98$, при этом критичным является допуск полного радиального биения цапфы, превышающий 12 % толщины масляного слоя и сопровождающийся повышением температуры в подшипнике до предельно допустимого значения в 70 °С со снижением межремонтного ресурса на 30 %.

В рамках диссертационной работы разработан алгоритм мероприятий корректирующего технического обслуживания по поддержанию температуры

в опорных баббитовых гидростатических подшипниках скольжения барабанной мельницы в заданном диапазоне для обеспечения их работоспособности на основе непрерывного контроля величины нагрева и интенсивности роста температуры в режиме реального времени с фиксацией данных в контрольных картах Шухарта, содержащих расчетные предупредительные и предельные границы, реализация которого повышает межремонтный ресурс подшипников и позволяет на основе оценки их технического состояния обоснованно принимать решение о направлении узлов в ремонт до наступления предельного состояния.

Разработан способ ремонта подшипниковых цапф барабанной мельницы без их демонтажа на месте эксплуатации (патент РФ № 2788040), обеспечивающий повышение уровня ремонтной технологичности подшипниковых узлов за счет снижения продолжительности ремонтных работ на 23 % по сравнению с базовым вариантом, а также представлен концепт конструкции модульных комплектов вспомогательного оборудования для реализации данного способа.

5. О стиле, языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата содержанию диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, отличается логичностью изложения материала, достоверностью полученных результатов и их практической значимостью. Структура работы представлена в следующей последовательности: введение, четыре основные главы, заключение, список литературы и приложения. Каждая глава посвящена конкретному аспекту исследования и содержит логически связанные между собой разделы.

Язык изложения отличается точностью формулировок, логичностью построения предложений и чёткостью изложения методологических подходов. Автор демонстрирует умение грамотно структурировать материал, последовательно излагать мысли и аргументировать выводы.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию диссертационной работы. В нем отражены все ключевые аспекты исследования, включая актуальность темы, цель и задачи работы, методологическую базу, полученные результаты и их практическую значимость. Структурное соответствие между диссертацией и авторефератом выдержано на высоком уровне.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты исследований, выполненные в рамках диссертационной работы Корогодина А.С., вносят существенный вклад в развитие теории и практики технического обслуживания и ремонта горно-обогатительного оборудования, а именно в совершенствование методов диагностики и повышения межремонтного ресурса опорных узлов барабанных мельниц. Разработанные автором алгоритмы корректирующего технического обслуживания с применением карт Шухарта и инновационные способы ремонта подшипниковых узлов без демонтажа оборудования позволяют существенно повысить эффективность эксплуатации горно-обогатительного оборудования, сократить время простоя и затраты на ремонт, что подтверждается полученным патентом и положительными результатами стендовых испытаний. Предложенные решения особенно актуальны для условий современной горнодобывающей промышленности России, где значительная часть оборудования требует модернизации и совершенствования технологических процессов обслуживания и ремонта.

Особую актуальность внедрение предложенных решений представляет для Горевского ГОКа в Красноярском крае, разрабатывающим одно из крупнейших свинцово-цинковых месторождений страны и где активно используются барабанные мельницы при переработке рудного сырья. Применение разработанных алгоритмов технического обслуживания и ремонта подшипниковых узлов позволит существенно сократить простои оборудования и снизить затраты на ремонт.

Челябинский цинковый завод, являющийся одним из крупнейших производителей цинка в России, также может значительно повысить эффективность работы своего обогатительного комплекса благодаря внедрению предложенных методик.

Результаты диссертационной работы также могут быть рекомендованы для внедрения на других предприятиях отрасли, эксплуатирующих барабанные мельницы в составе горно-обогатительных комплексов, особенно в случаях работы в условиях ограниченного пространства, отсутствия полноценных ремонтных баз и необходимости проведения ремонта непосредственно на месте эксплуатации оборудования.

7. Замечания по диссертационной работе

1. Судя по списку литературы, автором не проанализированы работы И. И. Воронцова, В. А. Камаева, А. Н. Новикова, С. В. Репина. В общей характеристике работы данные ученые указаны, как занимавшиеся «вопросами развития ремонтных технологий горных машин и их технического обслуживания, в частности крупногабаритных деталей и узлов».

2. В работе указано сокращение времени ремонта на 23 %, что повышает технологичность предлагаемых решений. Соискателю следовало бы выполнить оценку экономического эффекта предлагаемых решений.

3. Термин «опорные баббитовые гидростатические подшипники скольжения» является громоздким и с учетом частого его использования затрудняет восприятие текста.

4. В тексте работы не в полной мере соблюдено единообразие применяемых терминов, описывающих подшипниковые узлы барабанной мельницы, отклонения формы поверхностей цапф, величину нагрева и интенсивности роста температуры и так далее.

5. При описании методики проведения экспериментов не приведены подробные характеристики измерительного оборудования, используемого для контроля температурных режимов. Не указывается место установки температурных преобразователей. Следует пояснить, почему автором использованы термодинамические, а не вибрационные методы контроля технического состояния подшипников?

8. Заключение

Диссертационная работа Корогодина А.С. представляет собой самостоятельную, завершенную научно-квалификационную работу, в которой на основе проведенных исследований получено новое технико-технологическое решение, направленное на повышение межремонтного ресурса и уровня ремонтной технологичности подшипниковых узлов барабанных мельниц в условиях их эксплуатации.

Диссертация по своим задачам, содержанию, научно-техническому направлению и выполненным исследованиям соответствует п. 16. «Техническое обслуживание и ремонт горных машин и оборудования с учетом специфики горно-геслогических и горнотехнических условий их эксплуатации» области исследований паспорта научной специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

Диссертация **Корогодина Артура Сергеевича** на тему: «Повышение межремонтного ресурса и ремонтной технологичности подшипниковых узлов барабанной мельницы без демонтажа цапф на месте эксплуатации», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор **Корогодина Артур**

Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

Отзыв ведущей организации на диссертацию и автореферат **Корогодина Артура Сергеевича** обсужден и утвержден на заседании кафедры «Горная электромеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (протокол № 1 от 03.09.2025 года).

Заведующий кафедрой
«Горная электромеханика»
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», доктор технических наук,
профессор



Трифанов
Геннадий Дмитриевич

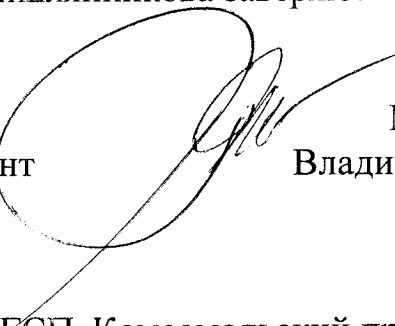
Профессор кафедры
«Горная электромеханика»
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», доктор технических наук,
доцент



Шишлянников
Дмитрий Игоревич

Подписи Г.Д. Трифанова и Д.И. Шишлянникова заверяю:

Учёный секретарь Ученого совета
ФГАОУ ВО ПНИПУ,
кандидат исторических наук, доцент



Макаревич
Владимир Иванович

614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29.
Тел./факс: +7 (342) 219-80-67, 212-39-27.
E-mail: rector@pstu.ru.