

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Ефимова Дениса Александровича
«Повышение долговечности бандажей валковой дробилки карьерного
дробильно-сортировочного комплекса с учетом процессов их
абразивного изнашивания», представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8.
Геотехнология, горные машины (технические науки)**

Работа Д.А. Ефимова посвящена исследованию абразивного изнашивания футеровочных бандажей валковых дробилок и разработке способов повышения их долговечности. Актуальность выбранного направления определяется тем, что износ рабочих поверхностей валков является нестационарным процессом: по мере эксплуатации изменяются твердость, микрогеометрия, условия контактного взаимодействия и энергетические показатели дробления. Поэтому переход от моделей с условно постоянной интенсивностью износа к описанию эволюции состояния поверхностного слоя представляет научный и практический интерес.

Исследование ориентировано на условия переработки крупнокусковых абразивных вскрышных пород разреза «Восточный» с пределом прочности при сжатии до 120 МПа. Цель работы состоит в повышении срока службы бандажей валковых дробилок при их абразивном изнашивании в реальных условиях эксплуатации. Для достижения цели автор сочетает анализ эксплуатационных данных, математическое моделирование и комплекс экспериментальных методов.

С позиции математического моделирования существенным результатом является установленная двухстадийная схема изнашивания: первоначальное деформационное упрочнение поверхностного слоя сменяется его усталостной деградацией. Изменение твердости HV10 и микротвердости HV0,1 сопоставлено с параметрами кривой Эбботта-Файрстоуна. На этой основе развита контактно-энергетическая модель Арчарда-Рэя-Хрущева и введен коэффициент ускорения изнашивания $\beta(t)$, связанный с интегральным показателем микрогеометрии $\Phi(t)$, определяемым через R_{pk} (приведенная высота пиков), R_k (глубина ядра профиля) и R_{vk} (приведенная глубина впадин). Для выделения момента включения усталостного механизма используется коэффициент накопления усталости с функцией Хевисайда. Достоинством подхода является физическая интерпретируемость параметров модели и возможность их определения по измеряемым характеристикам поверхности.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-537 от 10.09.22
ЛУ УС

Достоверность результатов подтверждается сочетанием измерений твердости и микротвердости, оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии, трехмерного сканирования, анализа профилограмм и опорных кривых. Такая экспериментальная база позволяет проследить изменение поверхности на разных масштабных уровнях и сопоставить расчетные зависимости с наблюдаемыми механизмами наклепа, микровыкрашивания и кавернообразования. Полученные аппроксимации характеризуются высокими значениями коэффициента детерминации.

Практическая значимость работы подтверждается исследованием покрытия WC-TiN и конструктивной модернизацией бандажей. Показано снижение средней скорости абразивного изнашивания покрытых образцов на 28–30 % и смещение момента перехода к выраженной деградации примерно с 645 до 760 ч. Применение профиля Рело и сегментированного исполнения бандажей позволяет перераспределять контактные нагрузки и снижать пиковую мощность привода по сравнению с традиционной круглой геометрией. Тем самым автор объединяет два взаимодополняющих направления: изменение свойств поверхностного слоя и рационализацию конструкции рабочего органа.

Основные результаты исследования опубликованы в четырех печатных работах, в том числе в двух статьях из Перечня ВАК и двух публикациях, индексируемых в Scopus; получен патент на изобретение и зарегистрирована заявка. Автореферат логично отражает структуру диссертации, научные положения, методы исследования и основные результаты.

Вместе с тем к автореферату можно высказать следующие замечания и вопросы, прежде всего относящиеся к математической постановке модели:

1. Коэффициент чувствительности γ в зависимости $\beta(t)=1+\gamma\Phi(t)$ является эмпирическим. Для воспроизводимости модели целесообразно было бы подробнее раскрыть процедуру его идентификации и оценить чувствительность прогнозируемого износа к вариациям γ и исходных значений R_{pk} , R_k и R_{vk} .

2. Использование функции Хевисайда позволяет четко фиксировать момент перехода к усталостной деградации, однако реальный переход, вероятно, происходит в течение конечного интервала времени. Представляет интерес сравнение принятой кусочно-заданной модели со сглаженной функцией перехода и оценка влияния такого выбора на прогноз момента ускоренного изнашивания.

3. Высокое значение коэффициента детерминации подтверждает качество аппроксимации экспериментальных данных, но не полностью характеризует прогностическую устойчивость модели. В дальнейшем было

бы полезно дополнить верификацию анализом остатков, доверительными интервалами параметров либо проверкой на независимой серии испытаний.

Указанные замечания носят дискуссионный и рекомендательный характер, не затрагивают достоверность основных результатов и не снижают положительной оценки выполненной работы.

Диссертация Ефимова Дениса Александровича «Повышение долговечности бандажей валковой дробилки карьерного дробильно-сортировочного комплекса с учетом процессов их абразивного изнашивания», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача повышения долговечности рабочих органов валковых дробилок. Работа 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 от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

Сведения о лице, представившем отзыв

Холодова Светлана Евгеньевна, доктор физико-математических наук, доцент, доцент федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Адрес организации: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, литер А

e-mail: kholodovase@yandex.ru

Дата: «7» сентября 2026 г.

Я, Холодова Светлана Евгеньевна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их размещение в открытом доступе и дальнейшую обработку.

Подпись: _____ Дата: «7» сентября 2026 г.

ПОДПИСЬ
УДОСТОВЕРЯЮ
МЕНЕДЖЕР ОПС
КОТОВА С. П.