

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ
GEOTECHNOLOGY**

Научная статья

УДК 622.823

DOI: 10.26730/1999-4125-2026-4-144-154

**ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ВИБРАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНЫХ
МАШИН****Герике Павел Борисович**

Институт угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН

* для корреспонденции: am_besten@mail.ru

Аннотация.

В данной работе приведены некоторые результаты анализа диагностических данных, характеризующих техническое состояние горных машин различных марок и конструкций, эксплуатируемых на угольных предприятиях Кузбасса. Полученные результаты позволили выявить основные причины выхода из строя диагностируемого оборудования, классифицировать базовые дефекты и предложить пути решения проблемы минимизации аварийных отказов оборудования горных машин. Предложения по уменьшению уровней регистрируемой вибрации основаны на инновационном подходе к использованию результатов диагностики с применением новых диагностических критериев. Цель работы: осуществить поиск причин возникновения повышенной вибрации оборудования горной техники, а также провести апробацию новых единых диагностических критериев для решения задач, связанных с оценкой технического состояния обследуемого оборудования и прогнозированием возникновения аварийных выходов его из строя. Для решения поставленных задач в рамках настоящего исследования применялся комплексный диагностический подход к анализу параметров вибрации, а также метод оптимальной скаляризации регистрируемых диагностических характеристик. Анализ результатов диагностических измерений, а также изучение статистики отказов энерго-механического оборудования горных машин позволили найти системное решение проблематики превышения нормативных показателей вибрации, приводящих к увеличению числа аварий диагностируемого оборудования, и предложить пути снижения виброн нагруженности агрегатов горной техники с использованием новых критериев для диагностики фактического состояния и результатов прогностического моделирования процессов развития дефектов. Предложенный путь совершенствования системы управления ремонтами горной техники позволит уменьшить себестоимость добываемого угля и повысить безопасность выполняемых горных работ, сведя до минимума риски аварий, возникающих по причине недопустимого технического состояния эксплуатируемых горных машин.

**Информация о статье**

Поступила:

12 марта 2026 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 сентября 2026 г.

Принята к публикации:

15 сентября 2026 г.

Ключевые слова:вибродиагностика, горные
машины, карьерные
экскаваторы, подшипники
качения, механические
дефекты

Для цитирования: Герике П.Б. Причины повышенной вибрации оборудования горных машин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2026. № 4 (176). С. 144-154. DOI: 10.26730/1999-4125-2026-4-144-154, EDN: YLESPS

Введение

По разным оценкам, в настоящий момент до 20% от общего количества технических устройств, эксплуатируемых на угольных предприятиях Кузбасса и подпадающих под обязательное проведение экспертизы промышленной безопасности (экскаваторов, буровых станков, самосвалов, погрузчиков, дробильно-сортировочного и углеобогатительного оборудования) находится в предельно допустимом или вообще в недопустимом техническом состоянии [1]. Несовершенство действующей нормативной базы в области контроля параметров механических колебаний горной техники [2, 3] позволяет оставлять в эксплуатации заведомо неисправные машины, при этом на практике может иметь место работа до поломки, в результате чего и без того не очень высокая эффективность морально устаревшей системы планово-предупредительных ремонтов сводится к минимуму, не позволяющему обеспечить безопасную работу эксплуатируемой горной техники.

В новых экономических условиях, с которыми столкнулась угольная промышленность региона, таких как изменение структуры экспорта, экономические санкции, проблемная логистика перевозок угля и ряд других специфических проблем отрасли, остро встал вопрос об оптимизации затрат на проведение горных работ. За 2025 год добыча угля в Кузбассе еще более снизилась, второй год подряд становясь убыточной. Так, все вместе угольные предприятия Кемеровской области за

12 месяцев 2025 года добыли только 190,7 млн тонн угля, что на 3,9% меньше, чем годом ранее. В таких условиях предприятия вынуждены выживать, сокращая любые расходы, не связанные с поддержанием основной деятельности.

Анализ результатов вибродиагностики горно-транспортного и углеобогатительного оборудования, полученных в рамках проведения экспертизы промышленной безопасности технических устройств на опасных производственных объектах, а также выполненный анализ непроизводительных простоев карьерных экскаваторов и буровых станков, эксплуатирующихся в УК «Кузбассразрезуголь», позволили выявить наиболее проблемные места диагностируемой техники, а также найти дополнительные пути для минимизации потерь времени, затрачиваемого на восстановление работоспособного состояния горных машин. Опыт международных исследований в области анализа параметров вибрации различных технических устройств показывает, что количество аварийных простоев эксплуатируемой техники можно минимизировать при условии перехода ремонтных подразделений промышленных предприятий на использование результатов диагностики и прогнозирования технического состояния сложных механических систем с применением методов и средств неразрушающего контроля и технической диагностики [4, 5].

Научные результаты, полученные в рамках выполненного цикла исследований в области

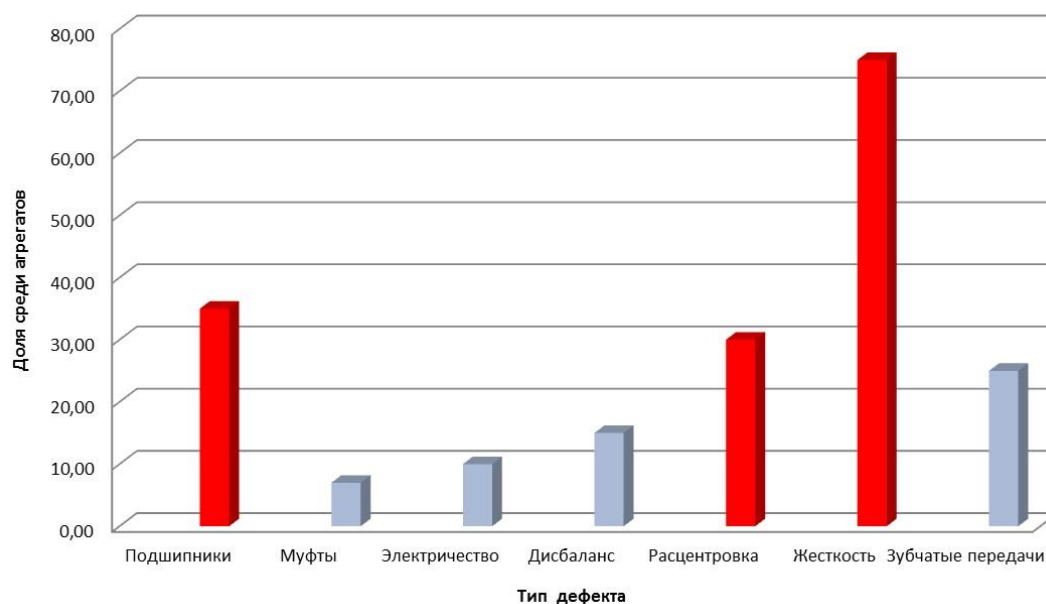


Рис. 1. Структура выявляемых дефектов динамического оборудования горных машин на примере электрических карьерных экскаваторов

Fig. 1. The structure of revealed defects in dynamic mining machinery equipment using the example of electric mining shovels

контроля параметров механических колебаний горных машин, позволили выявить ряд основных неисправностей и повреждений динамического оборудования горной техники, сопутствующих условиям эксплуатации изношенного оборудования, подпадающего под проведение процедуры экспертизы промышленной безопасности [1, 6].

Все диагностируемые дефекты динамического оборудования горной техники были классифицированы по причинам возникновения и степени опасности, которую

они представляют для работоспособности машинных агрегатов.

Так, среди выявленных дефектов наибольший интерес с точки зрения анализа процессов формирования аварийных отказов может представлять неуравновешенность роторов электрических машин, развитие которой часто приводит к превышению предельных норм вибрации и созданию условий для появления сопутствующих дефектов – например, таких, как многообразные повреждения подшипниковых узлов.

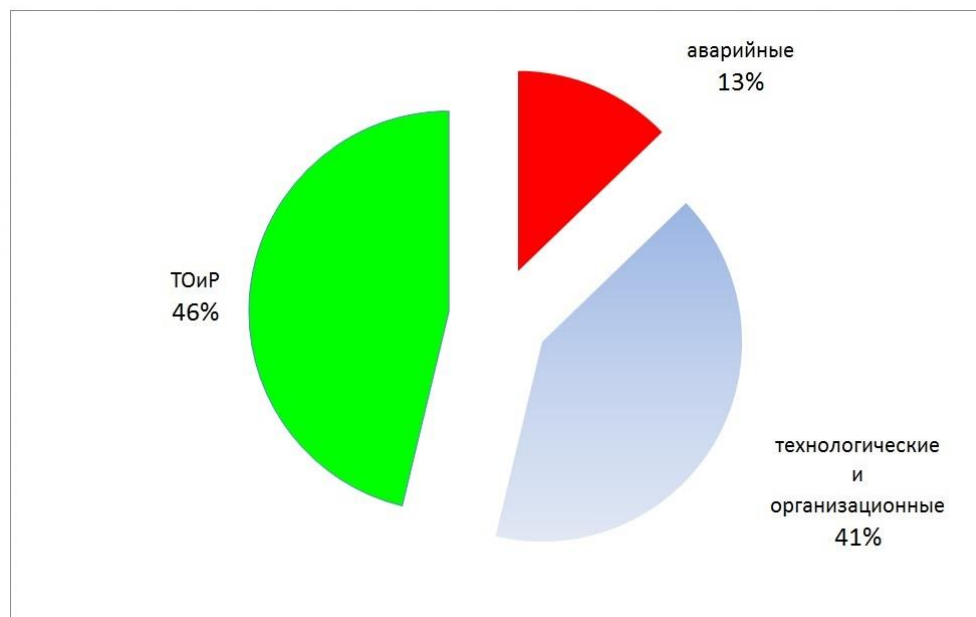


Рис. 2. Общая структура простоев парка карьерных экскаваторов на примере разреза «Талдинский»
Fig. 2. The general structure of downtime of the mining shovels fleet on the example of the coal mine «Taldinsky»

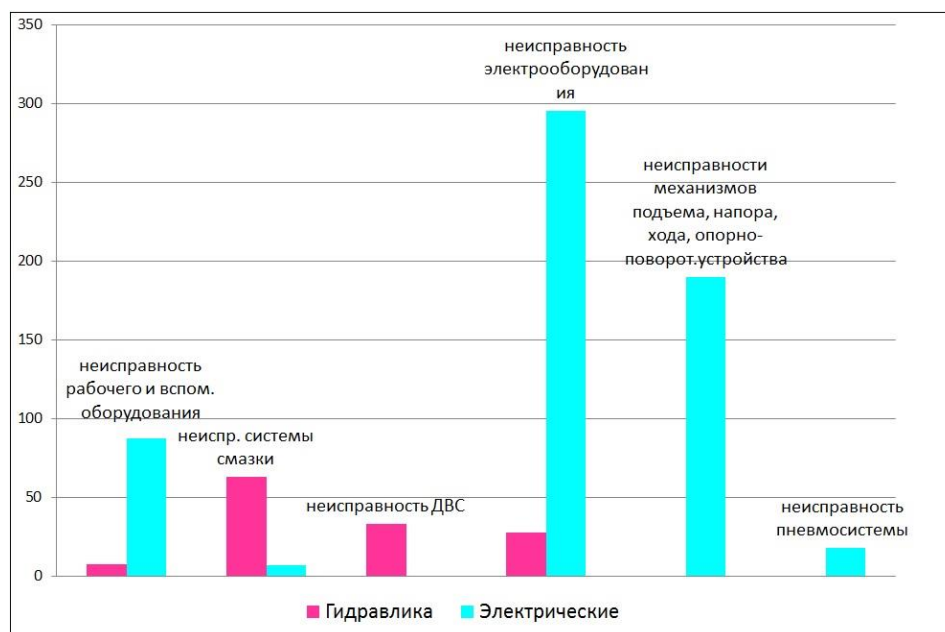


Рис. 3. Сводная структура аварийных простоев экскаваторного парка
Fig. 3. Summary structure of emergency downtime in the mining shovels fleet

Кроме того, значительный вклад в общий уровень виброактивности агрегатов привносят такие дефекты монтажа обследуемого энерго-механического оборудования, как нарушение соосности сопряженных валов и нарушение жесткости опорной системы машин и механизмов [7, 8]. Остальные выявленные дефекты могут являться как следствием причин некачественно выполненного монтажа, так и результатом заводского брака (производственные дефекты), а также являться следствием длительной эксплуатации с нагрузками, значительно превышающими расчетные показатели [9, 10]. Так, например, дефекты зубчатых передач могут являться следствием всех этих трех причин – преждевременный износ и развитие дефектов в данном случае могут вызвать дефекты монтажа (несоосность валов редуктора), нарушения эксплуатации (нарушение режима смазки, работа с ударными нагрузками, значительно превышающими расчетный уровень) и/или производственные дефекты, такие как несоответствие твердости или геометрических параметров деталей редукторов [11, 12].

Как видно из представленной на Рис. 1 гистограммы, выполненной на основе обобщения имеющейся диагностической информации по параметрам вибрации динамического оборудования электрических карьерных экскаваторов (26 единиц, период наблюдения один год), наибольшее распространение здесь получили такие дефекты, как расцентровка, нарушение жесткости системы и разнообразные дефекты подшипников, включая нарушение режима их смазки. Другие повреждения оборудования, например, такие, как дефекты соединительных муфт или зубчатых

передач в составе редукторов, отчасти можно рассматривать как следствие развития этих трех основных причин формирования повышенного уровня вибронегруженности узлов и агрегатов горной техники [13, 14].

На Рис. 2 и 3 приведены результаты обобщения статистических данных за 2024 год по простоям экскаваторного парка разреза «Талдинский», состоящего из 39 карьерных экскаваторов (гидравлических – Hitachi, WK, P&N и электрических – ЭКГ, ЭШ).

Наибольшую долю аварийных простоев составляют неисправности электрооборудования и динамических агрегатов электрических карьерных экскаваторов, а также неисправности двигателей внутреннего сгорания и систем смазки оборудования гидравлических машин. Очевидно, что именно долю аварийных простоев (которая здесь составляет 13% от величины совокупных простоев экскаваторного парка), а также простои под ТО и ремонты можно попытаться оптимизировать при помощи методов и средств технической диагностики и совершенствования методологии управления системой ремонтов карьерного оборудования [15, 16].

Результаты и их применение. Результаты диагностики энерго-механического оборудования горных машин по параметрам вибрации нашли свое применение при разработке новых единых диагностических критериев (ЕДК), предназначенных для оценки и прогнозирования параметров фактического состояния горной техники [1]. Результаты апробации созданных критериев, полученные на комплексных диагностических данных по параметрам вибрации горных машин, свидетельствуют об эффективности их

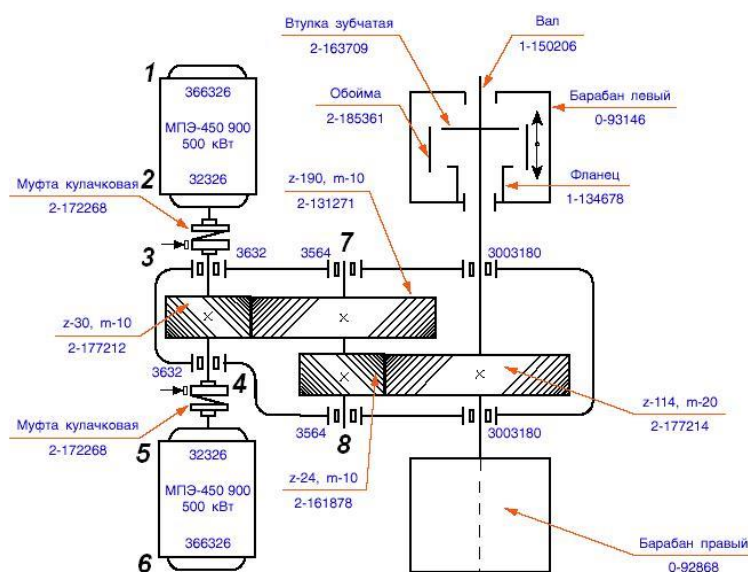


Рис. 4. Схема проведения измерений вибрации на подъемной лебедке драглайна
Fig. 4. Scheme of vibration measurements on a dragline lifting winch

применения для решения задач технического диагностирования и планирования ремонтов в условиях действующей сегодня на предприятиях ТЭК Кузбасса системы планово-предупредительных ремонтов карьерной техники.

На примере одного из наиболее энергоемких процессов, сопутствующих развитию целой группы дефектов оборудования горных машин, рассмотрим причины повышения вибрации промышленного оборудования и способы минимизации воздействия этих причин на техническое состояние эксплуатируемой горной техники.

Известно, что дефекты зубчатых передач приводят к развитию сложных энергоемких деградиционных процессов и могут привести к продолжительному и дорогостоящему ремонту оборудования [17, 18].

Среди дефектов редукторов можно выделить,

например, нарушение соосности валов редуктора (перекос валов, например, быстрогоходного и промвала редуктора в измерительных точках 3-4 и 7-8 лебедки подъема драглайна ЭШ 10/70 – см. Рис. 4), нарушение центровки систем «электродвигатель – редуктор», изменение геометрии и износ зубчатых зацеплений, питтинг, излом и выкрашивание зубьев.

Большинство дефектов оборудования горных машин взаимосвязаны, и возникновение одной неисправности может приводить к появлению других повреждений. Так, например, нарушение режима смазки контактирующих поверхностей шестерен зубчатых передач может приводить к скачку температуры на поверхности металла, разрушению поверхностных оксидных пленок и возникновению адгезионных связей между контактирующими зубьями. В этом случае на тяжело нагруженных зубчатых передачах возможно образование, как вариант,



Рис. 5. Нарушение режима смазки зубчатой передачи привело к формированию вырывов металла на вершинах зубьев шестерни редуктора подъема ЭКГ-5А

Fig. 5. Violation of the gear lubrication regime led to the formation of metal breakouts on the tops of the gear teeth of the EKG-5A lifting gearbox

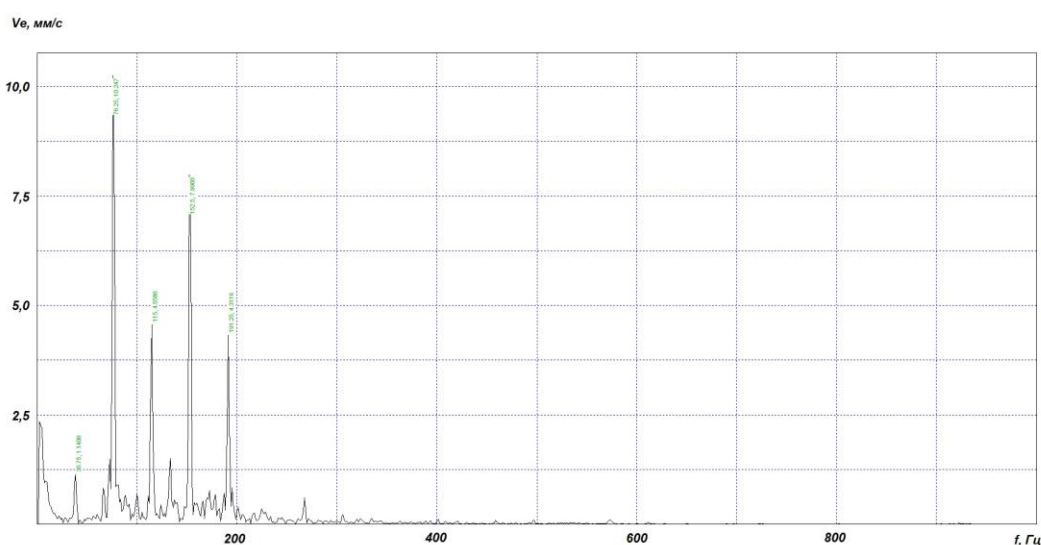


Рис. 6. Нарушение смазки, износ зубчатых зацеплений и расцентровка валов подъемного редуктора драглайна

Fig. 6. Lubrication failure, wear of gear engagements and misalignment of the shafts of the dragline lifting gearbox

поверхностных вырывов металла на сопрягающихся зубьях (см. Рис. 5). Развитие этого дефекта, как и многих других, можно было бы избежать при условии точного соблюдения регламента работ, предусмотренных системой управления ремонтами эксплуатируемой горной техники. В данном случае развитие дефекта может привести к изменению геометрии зубчатого зацепления и создаст условия для

появления концентраторов напряжений на сопрягаемых поверхностях зубьев, что ускорит процесс развития трещин и появления сколов на шестернях редуктора.

Обычно принято считать, что основным спектральным признаком нарушения режима смазки зубчатых передач является рост зубчатых составляющих спектра вибрации (см. Рис. 6), увеличивающихся из-за возрастания силы трения

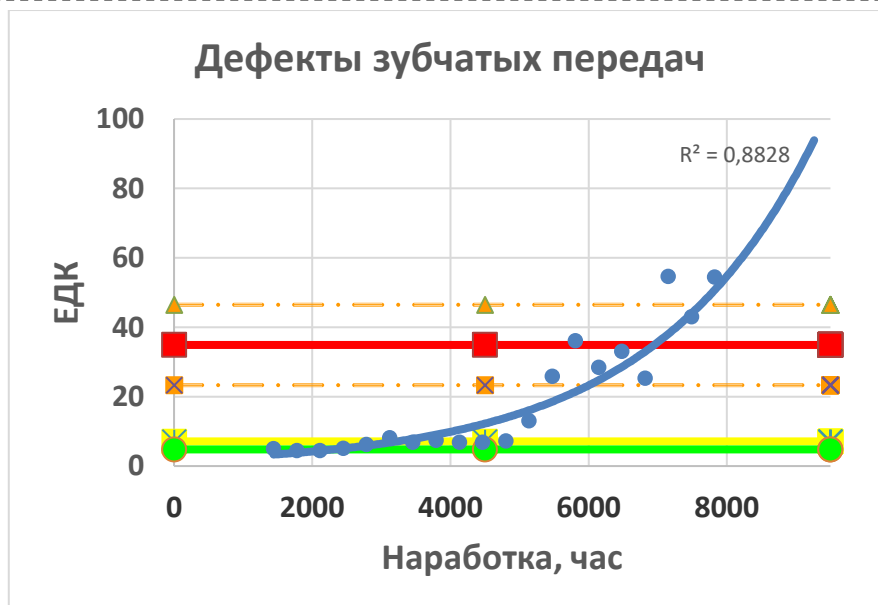


Рис. 7. Результаты прогнозирования с использованием единого диагностического критерия для зубчатых передач

Fig. 7. Results of prediction using a unified diagnostic criterion for gear transmissions

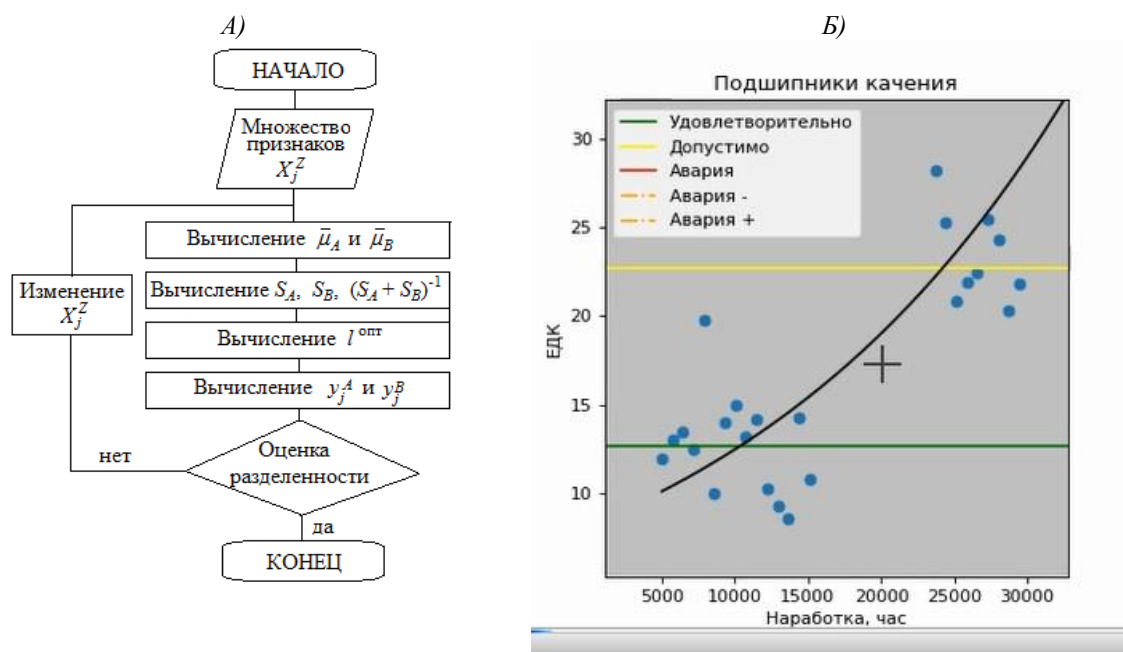


Рис. 8. Скриншоты программного обеспечения для прогнозирования технического состояния горных машин: А) Алгоритм формирования единого диагностического критерия; Б) Пример масштабирования графических результатов прогнозирования

Fig. 8. Screenshots of software for predicting the technical condition of mining machines: A) Algorithm for the formation of a unified diagnostic criterion; B) An example of scaling graphical forecast results

в зубчатом зацеплении из-за недостатка смазки, что приводит к заметному росту виброактивности, особенно на низших значащих гармониках [2]. Однако использование наряду с классическими признаками для диагностики технического состояния редукторов новых ЕДК позволяет не только оценить фактическое состояние обследуемого узла, но и спрогнозировать на интервал до шестидесяти календарных дней процесс развития базовых дефектов и сделать обоснованное предположение о возможности возникновения аварийных ситуаций и выхода обследуемого оборудования из строя.

Так, например, график на Рис. 7 иллюстрирует динамику развития величины ЕДК для редуктора карьерного экскаватора ЭШ 20/90. Результаты расчетов свидетельствуют, что в течение ближайших шестидесяти суток с момента последнего измерения авария по критерию недопустимого состояния зубчатых передач не произойдет, т. к. расчетный уровень критерия укладывается в доверительные границы прогноза. Величина достоверности аппроксимации при этом составляет $R^2 \approx 0.87$, что позволяет говорить о достаточно высокой точности результатов моделирования.

Результатом выполненных коллективом авторов работ по поиску новых эффективных способов оценки состояния горных машин стала разработанная программа для прогнозирования технического состояния оборудования горных машин и расчета единых диагностических критериев (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025665712 от 19.06.2025).

Специализированная программа (см. иллюстрации на Рис. 8) основана на результатах комплексного анализа вибрации и предназначена для расчета величин единых диагностических критериев и прогнозирования технического состояния диагностируемого оборудования. Реализованный алгоритм использует для проведения расчетов математическую деградационную модель развития типовых дефектов динамического оборудования горной техники [1]. Применение в расчетах величин единых диагностических критериев (каждый из которых предназначен для выявления дефектов по своей «специализации» — в частности, расцентровки, дисбаланса, нарушения жесткости, дефектов соединительных муфт, подшипников, зубчатых передач, компрессоров, электродвигателей) позволяет получать в графическом виде результаты среднесрочного прогнозирования процессов изменения фактического состояния обследуемой горной техники. Разработанная компьютерная программа включает в свою структуру адаптивную модель изменения технического

состояния диагностируемого объекта, расчетный модуль, базу данных по параметрам вибрации (Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2025622208 от 24.05.2025) и пользовательский интерфейс. Используемая при написании программного кода прогностическая математическая модель обладает свойством изменять свои параметры, адаптируясь к меняющимся параметрам входных диагностических данных, что позволяет получать результаты моделирования процессов возникновения аварий с достаточно высокой достоверностью и строить среднесрочные прогнозы для оценки технического состояния всего базового динамического оборудования электрических карьерных экскаваторов.

Результаты наблюдения за параметрами вибрации, генерируемой при работе сложных механических систем, позволяют сделать вывод о том, что более чем $\frac{2}{3}$ от общего числа заведомо исправных подшипников качения преждевременно выходят из строя из-за нарушения режима смазки, расцентровки валов сопрягаемых агрегатов и повышенных нагрузок [19, 20]. Использование принципов диагностирования с применением ЕДК позволит минимизировать влияние причин возникновения дефектов с помощью их своевременного выявления и получения результатов эффективного прогнозирования, отвечающего требованиям действующей системы плановых ремонтов.

Основными недостатками предлагаемой методологии является узкая область применения результатов контроля, которая ограничена динамическим оборудованием карьерных экскаваторов, а также несовершенство на данном этапе развития работы самих единых критериев, которые необходимо дополнительно модернизировать и нормировать с учетом специфики широкого номенклатурного ряда эксплуатируемой на предприятиях ТЭК Кузбасса горной техники. Таким образом, потребуются совершенствование существующих и разработка новых ЕДК, в частности, для диагностики двигателей внутреннего сгорания и гидравлического оборудования. Кроме того, доработки потребует и созданное программное обеспечение, которому на данном этапе значительно не хватает гибкости и функционала.

Таким образом, появятся дополнительные инновационные возможности для минимизации последствий и своевременного выявления причин возникновения повышенной вибрации горной техники. Метод диагностики с применением ЕДК может быть использован там, где из-за имеющихся ограничений на область применения существующих традиционных методов виброконтроля часть из них не может быть использована (спектр огибающей, эксцесс),

и, соответственно, эксперт недополучает часть ценной диагностической информации о фактическом состоянии обследуемого объекта (например, таких, как недостаток времени на проведения измерений, изменяющиеся во время работы агрегата частоты вращения валов, ударные нагрузки при работе зубчатых зацеплений, низкие частоты вращения т. д.).

Выводы.

Результаты анализа аварийных отказов горной техники, эксплуатируемой на угольных предприятиях Кузбасса, позволили выявить основные причины возникновения повышенной вибрации и выхода из строя диагностируемой техники. На примере выборки из электрических карьерных экскаваторов удалось выяснить, что до 31,8% от общего времени их аварийных простоев приходится на поломки энерго-механического оборудования, большинство из которых является следствием длительного воздействия чрезмерных нагрузок, нарушения регламента технического обслуживания, неквалифицированного монтажа или заводского брака. В числе основных причин аварий динамического оборудования горной техники можно назвать дефекты подшипников, расцентровку валов агрегатов, неуравновешенность роторов электродвигателей и дефекты зубчатых передач в редукторах.

Несовершенство действующей на предприятиях системы планово-предупредительных ремонтов дополняется на практике реализацией принципов «работы до поломки», когда ремонтные подразделения знают о имеющихся проблемах, но, не имея возможности решить ее собственными силами, доводят агрегат до аварии, заменяя его на резервный. Эти факторы также увеличивают непроизводительные простои горного оборудования и повышают себестоимость горных работ. Оптимизировать существующие технологические процессы и снизить долю аварийных простоев можно при условии внедрения на предприятиях более совершенных форм управления техническим обслуживанием, основанных на комплексном использовании результатов технической диагностики и прогнозного моделирования [3].

Одним из важных элементов системы проактивного обслуживания является прогнозирование технического состояния эксплуатируемой техники. Результаты прогнозирования позволят эффективнее управлять техническим обслуживанием горных машин и оптимизировать логистику и складское хозяйство угольных предприятий, заранее планировать поставки необходимых запасных частей и материалов. Как результат, появляется дополнительное окно возможностей для

снижения непроизводительных простоев и уменьшения риска возникновения аварий.

Новые единые диагностические критерии, созданные учеными ФИЦ УУХ СО РАН и КузГТУ в рамках выполнения гранта РФФИ 20-48-420010, доказали свою эффективность при их использовании для оценки фактического состояния динамического оборудования и построения средне- и краткосрочных прогнозов возникновения аварийных отказов горной техники [1]. Результатом развития этой технологии станет появление инновационной возможности для совершенствования системы управления ремонтами горного оборудования, действующей сегодня на угольных предприятиях Кузбасса, что неминуемо скажется не только на итоговой себестоимости добываемого угля, но и на безопасности осуществляемых горных работ.

Заключение. Основными причинами повышенной вибрации горных машин являются эксплуатационные дефекты, а также неисправности, заложенные на стадии производства и/или монтажа их узлов и агрегатов. Разработанные новые единые диагностические критерии оценки технического состояния горной техники, основанные на комплексном подходе к оценке параметров вибрации, показали свою жизнеспособность при анализе технического состояния основного энерго-механического оборудования, а созданный на их основе алгоритм прогнозирования изменения фактического состояния оборудования горных машин может быть использован для осуществления кратко- и среднесрочного прогнозирования процессов деградации горного оборудования на срок до шестидесяти календарных дней. Данный период перекрывает потребности системы плановых ремонтов в получении информации о возможных поломках технологического оборудования и, как следствие, предложенный подход к диагностике и прогнозированию состояния оборудования горных машин имеет перспективы для использования в условиях работы угольных производств. При условии устранения выявленных замечаний, относящихся к точности получаемых результатов диагностики и прогнозирования, а также к области их применения, разработанный метод вибродиагностики с использованием единых диагностических критериев может применяться для совершенствования системы управления ремонтами горной техники и оптимизации логистики предприятий топливно-энергетического комплекса Кузбасса. В настоящее время ведется работа по патентованию нового метода диагностики с применением единых диагностических критериев. Предложенный инновационный путь совершенствования системы управления

ремонтами эксплуатируемой на угольных предприятиях горной техники призван уменьшить себестоимость добываемого угля и повысить безопасность выполняемых горных работ, сведя до минимума риски аварий, возникающих по причине недопустимого технического состояния эксплуатируемых горных машин.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2026-0001 «Разработка комплексных геотехнологий добычи запасов угля в сложных горно-геологических условиях без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, а также методов повышения эффективности эксплуатации и контроля технического состояния роботизированного оборудования» (рег. № 1023032000051-1-1.5.1;2.7.5).

The work was performed within the framework of the state assignment of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Project FWEZ-2026-0001 «Development of integrated geotechnologies for coal mining in complex mining and geological conditions without the constant presence of people in the mining areas, as well as methods for improving the operational efficiency and monitoring the technical condition of robotic equipment» (Reg. No. 1023032000051-1-1.5.1;2.7.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование процессов формирования и распространения виброакустических волн для создания единых диагностических критериев оценки технического состояния горных машин. НИР: грант № 20-48-420010. Российский фонд фундаментальных исследований. 2020.
2. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах под редакцией чл.-корр. РАН В.В. Клюева. Т. 7. Москва, 2005. 828 с.
3. Сушко А. Е., Быков Д. В. Опыт использования данных о текущем техническом состоянии оборудования при корректировке стратегии ТОиР // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2024. № 1 (74). С. 35–44.
4. Бакалина Ю. А., Крылов Е. Г., Капитанов А. В. Вибродиагностика подшипников магистрального насосного агрегата на основе нечеткой логики // Известия Волгоградского Государственного технического университета. 2023. № 8(279). С. 48–51.
5. Puchalski A., Komorska I. Stable distributions and fractal diagnostic models of vibration signals of rotating systems // Applied Condition Monitoring. 2018. Vol. 9. Pp. 91–101. DOI: 10.1007/978-3-319-61927-9_9.
6. Быков Д. В., Лагунова Ю. А., Сушко А. Е. Применение автоматизированных экспертных систем оценки технического состояния оборудования на предприятиях горнодобывающей отрасли. // Горное оборудование и электромеханика. 2025. № 6. С. 16–22.
7. Tahmasbi D., Shirali H., Sajad Mousavi Nejad Souq S., Eslampanah M. Diagnosis and root cause analysis of bearing failure using vibration analysis techniques // Engineering Failure Analysis. 2024. Vol. 158. Art. 107954. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2023.107954. EDN: IAZJZJ
8. Xu Hong-yang, Zhao Xiang, Ma Hui, Luo Zhong, Han Qing-kai, Wen Bang-chun. Vibration analysis of a gear-rotor-bearing system with outer-ring spalling and misalignment // J. Cent. South Univ. 2024. № 31. DOI: 10.1007/s11771-024-5576-9.
9. Bently D. E., Hatch C. T. Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics. Bently Pressurized Press. 2002. P. 726.
10. Герике Б. Л., Герике П. Б. Анализ параметров вибрации дробильных установок // Неразрушающий контроль и диагностика. 2017. № 2. С. 49–57.
11. Герике П. Б., Герике Б. Л. Перспективы использования единых диагностических критериев для прогнозирования фактического состояния горной техники // Горное оборудование и электромеханика. 2024. № 3. С. 33–41.
12. Li X., Mao Y., Li C., Mba D. Designing of a nonlinearly fused health indicator for incipient fault detection and degradation modelling using quadratic programming // Applied Acoustics. 2025. Vol. 231. Art. 110461. DOI: 10.1016/j.apacoust.2024.110461.
13. Wang T., Han Q., Chu F., Feng Z. Vibration based condition monitoring and fault diagnosis of wind turbine planetary gearbox : A review // Mechanical Systems and Signal Processing. 2019. Vol. 126. Pp. 662–685. DOI: 10.1016/j.ymssp.2019.02.051
14. Ghasemloonia A., Rideout D. G., Butt S. D. Vibration Analysis of a Drillstring in Vibration-Assisted Rotary Drilling: Finite Element Modeling With Analytical Validation // Journal of Energy Resources Technology. 2013. Vol. 135. Art. 032902-1.
15. Десятников В. Е., Пичков С. Н. Особенности диагностирования подшипников качения методом огибающей // Контроль. Диагностика. 2023. Т. 26. № 9 (303). С. 58–64.
16. Насонов Д. А., Пузакина А. К. Влияние выбора точек контроля при вибродиагностике подшипниковых узлов электродвигателей // Машиностроение и инженерное образование. 2023. № 4 (73). С. 26–30.
17. Wrzochal M. New method of metrological evaluation of industrial rolling bearing vibration measurement systems // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2023. Vol. 124.

Pp. 587–600. DOI: 10.1007/s00170-022-10359-0.

18. Hemati Ali, Shoostari Alireza Bearing failure analysis using vibration analysis and natural frequency excitation // Journal Of Failure Analysis And Prevention. 2023. № 23(4). Pp. 1431–1437. DOI: 10.1007/s11668-023-01700-0.

19. Kumar R., Anand R. S. Statistical Analysis of Vibration Signal Frequency During Inner Race Fault of

Rolling Ball Bearings // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2023. № 23. Pp. 2260–2274. DOI: 10.1007/s11668-023-01760-2.

20. Hogir Rafiq. Condition Monitoring and Nonlinear Frequency Analysis Based Fault Detection of Mechanical Vibration Systems // Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Springer Nature. 2023. DOI: 10.1007/978-3-658-42480-0.

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Герике Павел Борисович – канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории угольного машиностроения ФИЦ УУХ СО РАН
e-mail: am_besten@mail.ru
650065, г. Кемерово, пр-т Ленинградский, 10.

Заявленный вклад авторов:

Герике Павел Борисович – формулировка задач исследования, научный менеджмент, концептуализация исследования, формулировка выводов по результатам исследований, изложенных в настоящей статье. Выполнение задач научного менеджмента, сбор и анализ данных, обзор литературы, написание текста. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

THE MAIN CAUSES OF INCREASED VIBRATION OF MINING MACHINERY EQUIPMENT

Pavel B. Gericke

Institute of Coal of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS

* for correspondence: am_besten@mail.ru



Article info

Received:
12 March 2026

Accepted for publication:
01 September 2026

Accepted:
15 September 2026

Keywords: vibration analysis, mining machines, mining shovels, rolling bearings, mechanical defects

Abstract.

This paper presents some of the results of an analysis of diagnostic data characterizing the technical condition of mining equipment of various makes and designs operated at Kuzbass coal mines. The analysis allowed us to identify the main causes of equipment failure, classify the underlying defects, and propose solutions for minimizing emergency failures of mining equipment. Proposals for reducing recorded vibration levels are based on an innovative approach to using diagnostic results with new diagnostic criteria. The main objectives of this work are to search for the causes of increased vibration of mining equipment, as well as to test new unified diagnostic criteria for solving problems related to assessing the technical condition of the equipment being examined and predicting the occurrence of emergency failures. To address the objectives of this research, a comprehensive diagnostic approach to vibration parameter analysis was used, as well as a method for optimal scalarization of the recorded diagnostic characteristics. An analysis of the results of diagnostic measurements, as well as a study of the statistics of failures of energy-mechanical equipment of mining machines, made it possible to find a systemic solution to the problem of exceeding the standard vibration indicators, leading to an increase in the number of failures of the diagnosed equipment, and to propose ways to reduce the vibration load of mining equipment units using new criteria for diagnosing the actual condition and the results of predictive modeling of defect development processes. The proposed improvement of the mining equipment

repair management system will reduce the cost of coal production and improve the safety of mining operations, minimizing the risk of accidents arising from the unacceptable technical condition of mining equipment.

For citation: Gericke P.B. The main causes of increased vibration of mining machinery equipment. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2026; 4(176):144-154. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2026-4-144-154, EDN: YLESPS

REFERENCES

1. Tkachev V.A., Chernykh V.G., Prozorova Yu.A. Study of the influence of mining-geological and mining-technical factors on soil heaving in development workings. *Mining information and analytical bulletin*. 2016; 4:338-343.
2. Demin V.F., Yavorsky V.V., Demina T.V., Stefluk Yu.Yu. Development of effective methods to combat soil heaving in development workings of coal mines. *Advances in modern natural science*. 2015; 12:95-99.
3. Maksimov A.P. Rock extrusion and stability of underground workings. M.: Gosgortekhnizdat; 1963. 144 p. (In Russ.)
4. Lytkin V.A. Mechanism of rock heaving in underground workings. M.: Nedra; 1965. 205 p. (In Russ.)
5. Chernyak I.L. Prevention of soil heaving in mine workings. M.: Nedra; 1978. 232 p. (In Russ.)
6. Kovalenko V.V., Ryazantsev A.P. Justification of the parameters of the method for combating rock heaving in coal mines: monograph. D.: National Mining University; 2013. 119 p. (In Russ.)
7. Litvinsky G.G. Mechanism of rock heaving in development workings. *Coal*. 1987; 2:6-17.
8. Klykov A.E., Shirokolobov G.V. On the calculation of soil heaving in an extended working. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2016; 4 (116):43-48.
9. Litvinsky, G.G., Fesenko E.V. Forecast of rock heaving in mine workings – a probabilistic aspect. *Coll. of scientific works of Donbass State Technical University*. 2010; 31:168-177.
10. Korol A.Yu. Regularities of rock mass deformation around a single mine working during heaving of its soil. *Geotechnical mechanics: interdepartmental collection of scientific papers*. 2014;115: 170–175.
11. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals (7th Edition). Butterworth-Heinemann. 2013. 756 p.
12. Sakhno I.G. Mathematical modeling of deformation processes in development workings during soil heaving. *News of universities. Mining journal*. 2019; 4:78-86.
13. Gapeev, S.N., Lozovsky S.P., Ryazantsev A.P. Computer modeling of the soil heaving process in development workings. *Coll. of scientific papers of the international. conf. "Miner's Week". M.: Moscow State Mining University*; 2003. Vol. 1. Pp. 99-101.
14. Sakhno I., Petrenko A. Mechanical model and numerical analysis of a method for local rock reinforcing to control the floor heave of mining-affected roadway in a coal mine. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2022; 32(3):415-426.
15. Musin R.A., Demin V.F., Akhmaturov D.R., Shmidt-Fedotova I.M. Heaving of host rocks under the influence of rock pressure: numerical modeling and analysis of parameters. *Mining Journal of Kazakhstan*. 2025; 11:8-11.
16. Kazanin O.I., Sidorenko A.A., Ilyinets A.A., Vasiliev V.F. Numerical studies of soil heaving in drifts using unloading cracks at the Taldinskaya-Zapadnaya 2 mine. *Bulletin of Tula State University*. 2018; 3:171-178.
17. Sakhno I. Numerical Modeling of Controlling a Floor Heave of Coal Mine Roadways with a Method of Reinforcing in Wet Soft Rock. *Energies*. 2022; 15(8). Art. 2895.
18. Xu L., Wang Y., Zhang Q. Mechanism and control of multi-level floor heave in soft rock roadways using high-resolution FLAC3D numerical modeling with stress-release simulation technology. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2025; 147. Art. 105123.
19. Shtumpf G.G., Ryzhkov Yu.A., Shalamanov V.A., Petrov A.I. Physical and technical properties of rocks and coals of the Kuznetsk Basin. Handbook. M.: Nedra; 1994. 447 p. (In Russ.)

© 2026 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Pavel B. Gericke – C. Sc. (Engineering), Associate Professor, Senior Researcher at the Laboratory of Institute of Coal of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, 10 Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065, e-mail: am_besten@mail.ru

Contribution of the authors:

Pavel B. Gericke– formulation of research objectives, scientific management, conceptualization of research, formulation of conclusions based on the results of research presented in this article. Performing scientific management tasks, collecting and analyzing data, reviewing literature, writing a text.

All authors have read and approved the final manuscript.

