



УДК 622.23:681.518.43

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РЕДУКТОРОВ ГОРНЫХ МАШИН

Герике Б.Л., Клишин В.И., Герике П.Б., Мокрушев А.А.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН

Информация о статье

Принята 01 февраля 2018 г.

Ключевые слова: горные машины и оборудованиис, редуктор, техническая диагностика, вибродиагностика, тепловизионный контроль, анализ смазочных материалов, оценка технического состояния, прогноз.

Аннотация.

В статье приводится обоснование перехода на интеллектуальное обслуживание приводов горных машин по их техническому состоянию на основе методов диагностики вместо системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Показана целесообразность применения метода опорных спектральных масок в качестве критерия оценки состояния редукторов по параметрам вибрации. Приведены результаты диагностики состояния редукторов привода конвейера в промышленных условиях по совокупности диагностических признаков с учетом параметров смазочного масла, вибрации и температуры. Использование комплексного подхода для оценки технического состояния позволяет повысить достоверность прогноза, что разрешает не только предотвращать аварийные выходы из строя, исключать незапланированные простои, но и приносить значительный экономический эффект путем оптимизации сроков и объемов ремонтных работ.

INTELLIGENT SERVICE OF REDUCERS OF MINING MACHINES

Boris L. Gerike, Vladimir I. Klishin, Pavel B. Gerike, Andrey A. Mokrushev

¹ Federal Research Center of Coal and Coal chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Article info

Received February 01, 2018

Keywords: mining machines and equipment, reducer, technical diagnostics, vibrodiagnostics, thermal imaging control, analysis of lubricants, estimation of technical condition, forecast.

Abstract.

The article substantiates the transition to the intelligent maintenance of drives of mining machines based on their technical state on the basis of diagnostic methods instead of the preventive maintenance system (PMS). The expediency of using the method of reference spectral masks as a criterion for evaluating the state of reducers in terms of vibration parameters is shown. Results of diagnostics of a condition of reducers of a drive of the conveyor in industrial conditions on set of diagnostic signs taking into account parameters of lubricating oil, vibration and temperature are resulted. The use of an integrated approach to assessing the technical condition allows to increase the reliability of the forecast, which allows not only to prevent emergency failures, to exclude unplanned downtime, but also to bring a significant economic effect by optimizing the terms and volumes of repair work.

Введение. Тяжелые условия эксплуатации горных машин, а также высокий уровень динамической нагруженности приводят к снижению их срока эксплуатации. Количественная оценка надежности машин по одному из показателей – ресурсу, получила широкое распространение во всех отраслях техники. Одним из важных методов повышения надежности в условиях эксплуатации является техническое диагностирование.

При этом задачами технического диагностирования являются [1-3]:



- контроль технического состояния (то есть проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния на данный момент времени);
- поиск места и определение причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния.

В соответствии с НПА ОП-10.0-3.01-90 «Нормативы по безопасности забойных машин, комплексов и агрегатов» определены следующие требования к технической диагностике:

- горные машины и оборудование должны включать в себя подсистему диагностического обеспечения, выполняющую безопасный контроль технического состояния путем измерения и индикации параметров машин, устройств автоматики, электрических, гидравлических и пневматических систем, систем смазки, а также подшипниковых узлов;
- в подсистеме диагностического обеспечения, как правило, должно предусматриваться: неразрушающий контроль технического состояния объектов, определение внезапных и параметрических отказов горных машин и их систем, обнаружение постепенных отказов путем прогнозирования изменения контролируемых параметров, непрерывный и периодический контроль технического состояния.

Все детали горных машин и оборудования, в зависимости от условий работы и вида изнашивания, могут быть разделены на следующие группы:

- в первую группу входят зубья и режущие кромки ковшей экскаваторов; основания крепи; перекрытия крепей; шнеки; бары, отвалы бульдозеров; траки, опорные ролики, пальцы, втулки, звездочки ходовой части машин на гусеничном ходу и др., долговечность деталей которой обуславливается абразивным износом;
- во вторую группу входят детали со шлицами и резьбами, зубчатые муфты, посадочные места под подшипники качения валов, станков, поверхности зубчатых передач и др., долговечность которых определяется механическим износом поверхностей деталей;
- в третью группу входят детали двигателей внутреннего сгорания автосамосвалов, бульдозеров, скреперов, дизелевозов, устройства для термического разрушения горных пород и огневого бурения и др., долговечность которых лимитируется молекулярно-химическим или коррозионно-механическим износом;
- в четвертую группу входят подшипники качения и скольжения, рессоры, пружины, шатуны, шатунные болты и др., долговечность которых зависит от усталостной прочности металла.

Постановка задачи. В настоящее время на угольных предприятиях эксплуатируется значительное количество ленточных конвейеров [4], от работоспособного состояния которых зависят показатели работы всей угольной промышленности Кузбасса. В ближайшее время ожидается увеличение энерговооруженности и технической оснащенности ленточных конвейеров, производительности и длины транспортирования горной массы, широко внедряется частотно-регулируемый электропривод [5, 6].

Повышающиеся объемы добычи угля подземным способом требуют создания надежных транспортных систем – основная задача, стоящая перед производителями поточных линий шахтных ленточных конвейеров. Другой, не менее важной задачей, является сокращение затрат на их техническое обслуживание и ремонт [7, 8]. Для обеспечения безотказности работы ленточного конвейера в течение как можно более продолжительного времени необходимо определить причины выхода из строя различных составляющих элементов [3, 9], и в первую очередь зубчатых зацеплений и подшипниковых узлов, долговечность которых определяется механическим износом трущихся поверхностей.

Анализ простоев, вызванных отказом редукторов магистральных и забойных конвейеров [3, 10], показывает, что их доля колеблется от 7% до 18%, при этом среднее время восстановления работоспособного состояния составляет от 24 до 48 часов, что свидетельствует об актуальности исследований.

Методы исследования. Для контроля технического состояния механического оборудования хорошо зарекомендовал себя метод вибрационного контроля [3, 11, 12]. Вибрационная диагностика применяется:



- для контроля текущего состояния оборудования;
- для разделение множества возможных технических состояний агрегата на два подмножества – исправных и неисправных;
- для постановка диагноза, состоящего в определении характера и локализации одного или группы дефектов, соответствующих вибрационному состоянию агрегата;
- для обнаружения возможного дефекта на ранней стадии и прогнозирование его развития во времени;
- для оценки остаточного ресурса;
- для определения сроков и объемов ремонтных работ;
- для снижения риска возникновения аварийной ситуации.

Как показывает опыт контроля технического состояния горного оборудования, для обнаружения возможных износных отказов наиболее эффективен (до 77%) контроль по параметрам вибрации [11], а с привлечением других методов функциональной диагностики – спектрального анализа масла [13] и тепловизионного контроля [14], достоверность распознавания причин возникновения дефекта возрастает до 95%.

Результаты исследования.

Полный анализ технического состояния редуктора после сборки и обкатки на испытательном стенде (рис. 1) позволит не только выявить и локализовать дефекты изготовления, но и исключит возможность поставки потребителю некачественной продукции. Помимо этого, полученные данные могут лечь в основу разработки системы автоматизированного контроля качества.



Рис. 1. Общий вид испытательного стенда на ОАО «АНЖЕРОМАШ»

Анализ методов вибрационного контроля позволяет сделать вывод, что для автоматизации контроля выпускаемой продукции предназначенной для угольной отрасли целесообразно применять метод опорных масок. Этот метод основан на том, что дефекты, которые закладываются в результате изготовления и сборочных работ, генерируют вибрацию в определенных частотных полосах с определенным соотношением величин контролируемых параметров.

Метод опорных масок дает возможность устанавливать ширину частотной полосы, её положение и значения критериев оценки, которые сравниваются с текущими значениями в произвольном порядке. Анализируя изменения контролируемого параметра в частотной полосе (число полос может изменяться от 6 до 30), осуществляется оценка и прогноз состояния оборудования [16].

Частотные диапазоны спектральной маски (ширина полос) обычно принимают значения исходя из следующих условий [12, 16]:

- «высокоэнергетические» составляющие спектра, сопровождающие дисбаланс или расцентровку – $(0,5...1,5) \times f_r$ и $(1,5...2,5) \times f_r$;
- «низкоэнергетические» составляющие колебаний, сопровождающие дефекты подшипника качения – $(7,5...15,5) \times f_r$;
- $(2,5...10,5) \times f_r$ – общее нарушение жесткости системы;

- первая среднечастотная полоса $(3...15) \times f_r$;
 - вторая среднечастотная полоса $(15...40) \times f_r$;
 - первая высокочастотная полоса $40 \times f_r...20$ кГц;
 - $(n \pm 1) \times f_r$ – для повреждения элементов соединительных муфт,
- здесь f_r – частота вращения приводного двигателя.

Применение современных технологий автоматизации контроля технического состояния оборудования позволяет осуществлять индивидуальный подход к каждому выпускаемому агрегату при оценке его технического состояния и устанавливает пороговые значения исходного, работоспособного и предельного состояния.

В качестве примера на рисунке 2а приведены спектр вибрационного сигнала в 1 контрольной точке редуктора РКЦ-400 производства ОАО «Анжеромаш» (рис. 3), а на рис. 2б – его осредненная спектральная маска. Замеры производились виброанализатором «Согвет», а обработка сигнала на программной платформе «Safe Plant», разработанной НПО «Диатех».

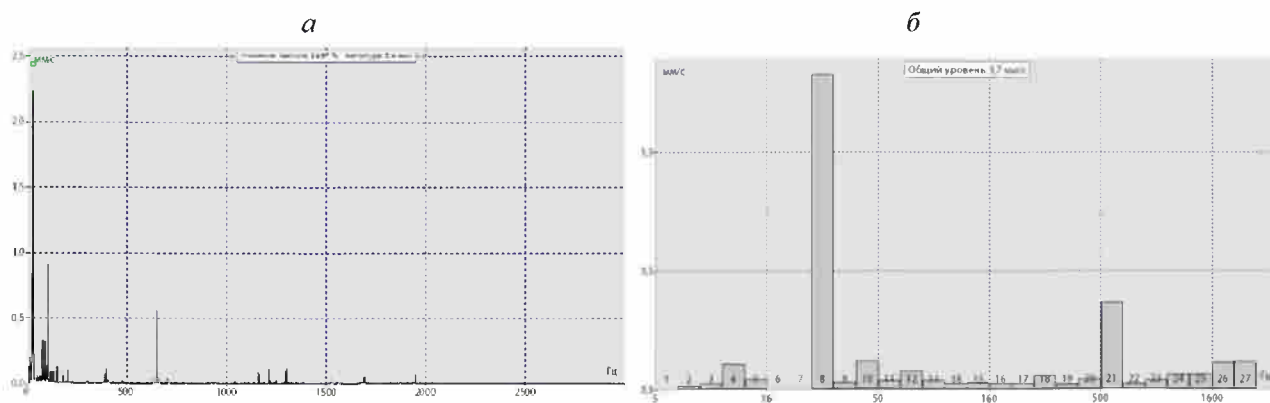


Рис. 2. Спектр вибрационного сигнала (а) и осредненная спектральная маска вибрационного сигнала (б)

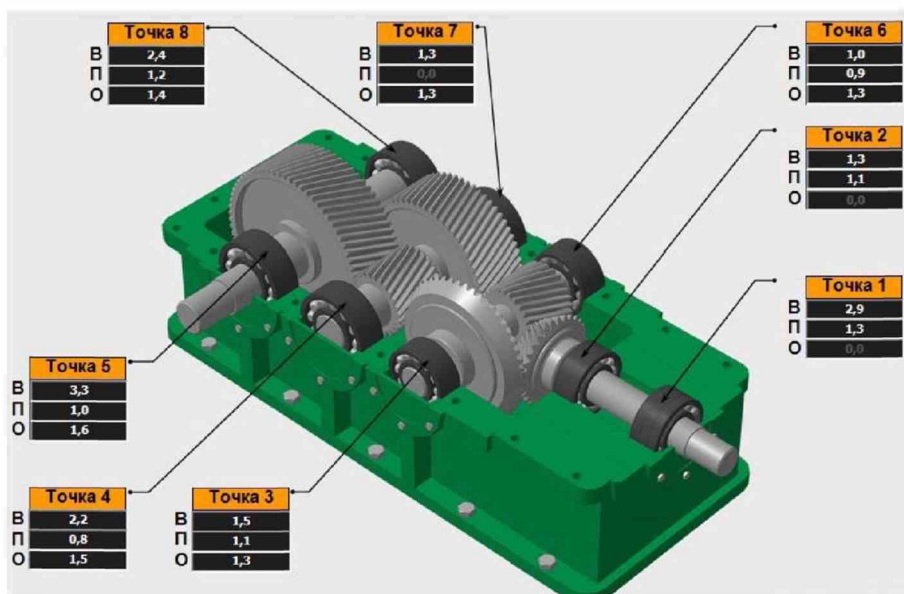


Рис. 3. Контрольные точки измерения вибрации на редукторе РКЦ-400

На представленном примере частотный диапазон (2; 3000 Гц) разделен на 27 полос, каждая из которых нормируется по среднеквадратическому значению виброскорости $V_{СКЗ}$, определенному при прямом и реверсивном вращении выходного вала.



Основные проблемы механических неисправностей горношахтного оборудования (дисбаланс, расцентровка, дефекты зубчатых передач и т.п.) приводят, как правило, к возникновению проблем функционирования опорных элементов во всевозможных приводных, преобразующих и исполнительных механизмах – подшипниках качения.

Таблица 1. Диагностические признаки поврежденности подшипников качения

Наименование повреждения	Локализация (явление)	Причина											Примечания				
		Обслуживание			Окружение подшипника		Метод смазывания		Нагрузка			Скорость					
		Складирование	Транспортировка	Монтаж	Вал, корпус	Уплотнение, вода, частицы износа	Температура	Смазочный материал	Способ смазки	Чрезмерная нагрузка, удары	Моментная нагрузка	Очень малая нагрузка		Высокая скорость, резкое ускорение, замедление	Тряска, вибрация, неподвижность	Выбор подшипника	
Усталостное выкрашивание	Дорожка качения, поверхность тела качения			•	•	•		•	•		•	•				•	
Отслаивание	Дорожка качения, поверхность тела качения					•		•	•			•	•				
	Посадочные поверхности подшипника				•	•		•	•								Сопряженные движущиеся части
Образование задиров	Торцевая поверхность края ролика, поверхность буртика			•	•	•		•	•		•	•		•			
	Направляющая поверхность сепаратора, поверхность ячеек			•		•		•	•								
Размазывание	Дорожка качения, поверхность тела качения					•		•	•			•	•				
Сколы	Буртик дорожки качения, тела качения	•	•	•	•							•	•				
Трещины	Дорожки качения, тела качения			•	•							•	•				
	Поверхность буртика, поверхность края ролика, направляющая поверхность сепаратора (термические трещины)				•						•	•	•				
Повреждение сепаратора	Деформация, (разлом)			•	•							•	•				
	Износ			•		•		•	•		•	•		•			
Выщербливание	Дорожка качения, поверхность ролика, (многочисленные мелкие выбоины)					•				•							



Наименование повреждения	Локализация (явление)	Причина										Примечания			
		Обслуживание			Окружение подшипника		Метод смазывания		Нагрузка		Скорость				
		Складирование	Транспортировка	Монтаж	Вал, корпус	Уплотнение, вода, частицы износа	Температура	Смазочный материал	Способ смазки	Чрезмерная нагрузка, удары	Моментная нагрузка		Очень малая нагрузка	Высокая скорость, резкое ускорение, замедление	Тряска, вибрация, неподвижность
	Дорожка качения (частицы изнашивания на интервале, соответствующем шагу элементов качения)	•	•	•									•		
Поверхностное выкрашивание	Дорожка качения, поверхность тела качения					•		•	•						
Износ	Дорожка качения, поверхность тела качения, поверхность буртика			•		•		•	•						
Истирание	Дорожка качения, поверхность тела качения	•	•	•	•			•	•				•	•	
	Посадочные поверхности подшипника			•	•										
Ложное бриллирование	Дорожка качения, поверхность тела качения	•	•					•	•				•		
Ползучесть	Посадочные поверхности подшипника			•	•		•	•	•				•		Посадка с зазором
Схватывание	Дорожка качения, поверхность тела качения, сепаратор			•	•	•		•	•				•	•	
Коррозия при воздействии электрического тока	Дорожка качения, поверхность тела качения			•	•										
Ржавчина и коррозия	Дорожка качения, поверхность тела качения, сепаратор	•	•	•		•	•	•	•						
Дефекты, вызванные монтажом	Дорожка качения, поверхность тела качения			•	•										
Изменение цвета	Дорожка качения, поверхность тела качения, сепаратор							•	•						

В настоящее время наиболее полное представление о возможных дефектах подшипников качения приведено в [17, 18], которое, по мнению авторов [17], не является исчерпывающим, а содержит только основные встречающиеся повреждения, причины их вызывающие, и локализации повреждений.



Существующие методы анализа технического состояния подшипников качения [1, 16, 19] в очень редких случаях позволяют диагностировать с достаточной точностью их неисправность, поскольку использование прямого спектрального анализа виброакустического сигнала для распознавания дефектов подшипников качения затруднено из-за малых амплитуд этих частотных составляющих, теряющихся на фоне «коврового шума».

Основные методы диагностики неисправностей в подшипниках качения можно разделить на две группы:

- оценка состояния подшипника качения производится на основании сравнения с данными предыдущих замеров методом BEARCON (Schenck), узкополосным спектральным анализом, кепстральным анализом (Bruel@Kjar), анализом эксцесса случайного процесса (Диамех 2000) и т.п. [1, 16, 19];
- оценка состояния подшипника качения производится по однократному замеру методами SPM (SKF), анализа огибающих (Boeing) и т.п. [12, 20].

Для создания более чувствительного метода диагностики дефектов необходимо более глубокое изучение динамических процессов, происходящих в подшипниках качения, и их моделирование.

Рассмотрим процесс возникновения ударного импульса, который можно описать следующей моделью:

$$x(t) = a_0 \times \lambda^{-\beta t} \times \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (1)$$

где x – смещение; a_0 – начальная амплитуда; ω – частота затухающих колебаний, связанная с частотой собственных колебаний $\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2$; $\beta = rt/2m$ – скорость затухания колебаний; r – коэффициент сопротивления; m – масса колеблющейся системы. Частота собственных колебаний системы здесь понимается как частота, с которой колебалась бы система при отсутствии сил сопротивления [21]. График этой модели представлен на рисунке 4.

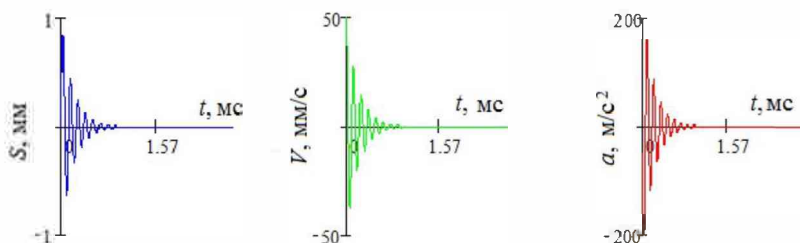


Рис. 4. Виброперемещение, виброскорость и виброускорение

В этой модели рассматривается цельная, однородная система. На практике же этот процесс выглядит сложнее. Любая машина состоит из нескольких частей: статор, ротор, станина, корпус и пр., которые обладают некоторой подвижностью относительно друг друга. Энергия, поступившая от удара, распределяется между этими узлами, заставляя их колебаться с различными, характерными для них, собственными частотами. На рисунке 5 приведена форма сигнала виброускорения, зафиксированная на неработающей экспериментальной установке, по которой производились несильные периодические удары металлическим молотком.

Даже в самом исходном сигнале заметно присутствие низкочастотных и высокочастотных составляющих. Но наиболее различимы частотные компоненты при Фурье-преобразовании виброакустического сигнала, как это можно видеть из рисунка 6.

Для каждой частоты характерны также различные скорости затухания. На рисунке 7 показано изменение амплитуд различных частотных составляющих центрального (расположенного в середине временной развертки) ударного импульса во времени. Показанные срезы разделены равными временными интервалами.

Здесь можно провести аналогию с электромагнитными волнами, которые в зависимости от длины (частоты) имеют большие, или, соответственно, меньшие свойства поглощаться (рассеиваться). С другой стороны, это связано и с массой конкретного узла, создающего эту частоту, и присутствия каких-либо демпферов (поглотителей энергии), например, таких, как амортизаторы.

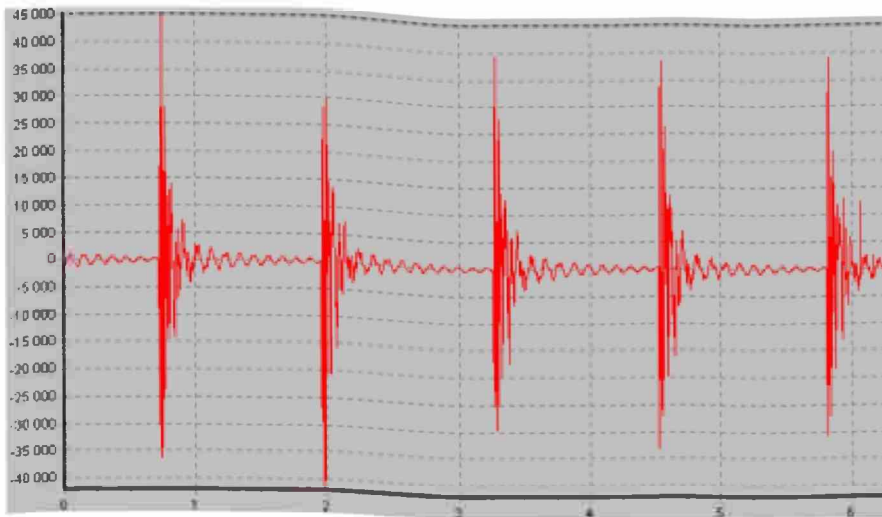


Рис. 5. Сигнал
виброускорения

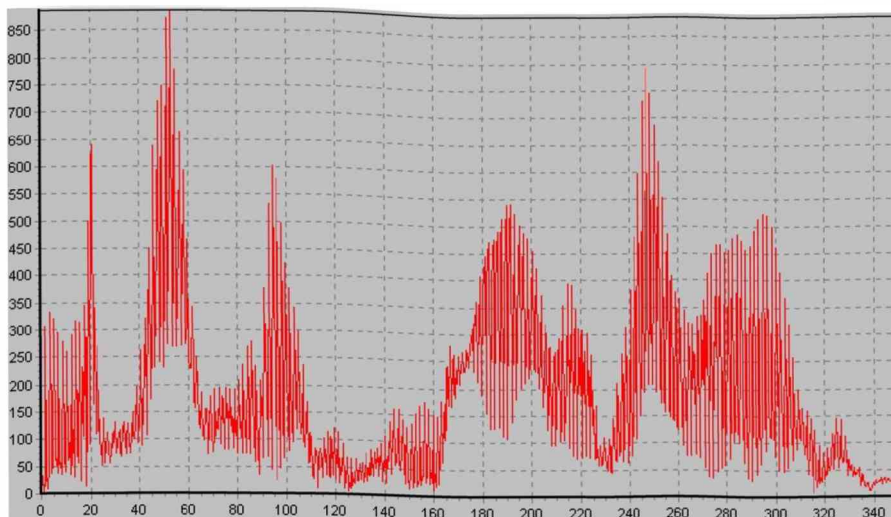


Рис. 6. Спектр сиг-
нала
виброускорения

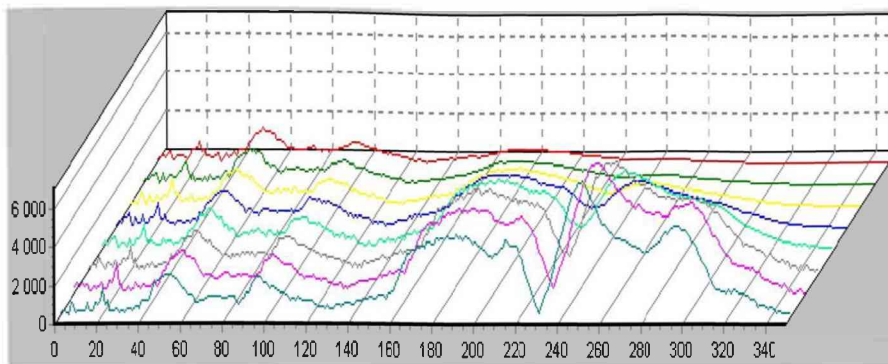


Рис. 7. Эволюция
частот импульса во
времени

Различие в амплитуде в начальный момент времени обусловлено, по-видимому, геометрией механизма – расстоянием между источником импульса и конкретным узлом, наличием препятствий для распространения энергии.

Предполагая линейность изучаемой системы, реальный импульс можно представить в виде суммы модельных импульсов с различными частотами и различными скоростями затухания



$$I(t) = \sum_{i=1}^N a_i \times \lambda^{-\beta i t} \times \cos(\omega_i t + \varphi_i). \quad (2)$$

Далее для преобразования исходного сигнала к виду (2) оптимальным было бы разложение исходного сигнала по базису $x_i(t)$, но, к сожалению, система $x_i(t)$ не является ортогональной. Следовательно, необходимо построить ортонормированную систему $\{[e_1(t), e_2(t), \dots, e_n(t)], [e_i(t), e_j(t)] = 0, \forall i \neq j, [e_i(t), e_i(t)] = 0, \forall i \in 1 \dots N\}$ по аналогии с рядами Фурье, причем желательно с минимальной коррекцией исходной системы $x_i(t)$.

В 70-х годах 20-го века появились так называемые вейвлет-методы (методы всплесков). На вейвлет-функцию накладываются два ограничения:

- она должна быть достаточно локализована (обращаться в ноль при удалении от начала координат);
- интеграл от функции на $(-\infty; +\infty)$ должен быть равен нулю.

Само вейвлет преобразование выглядит следующим образом:

$$W_{\Psi} f(a, b) = \frac{1}{\sqrt{C_{\Psi}}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi \left(\frac{b-x}{a} \right) f(x) dx. \quad (3)$$

где Ψ – вейвлет функция, a – масштаб, b – сдвиг.

Нормирующий коэффициент равен

$$C_{\Psi} = 2\pi \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\Psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty, \quad (4)$$

где $\Psi(\omega)$ – Фурье образ вейвлета Ψ .

Свобода в выборе базисных функций $\Psi\left(\frac{b-x}{a}\right)$ позволила ввести многие типы вейвлетов: Хаара, Добеши, Гаусса, Морле и др.

По своей сути вейвлет-преобразование представляет собой представление сигнала в виде одинаковых по форме коротких «всплесков», которые можно сдвигать и растягивать по временной оси. В этом и заключается принципиальное отличие от бесконечных волн преобразования Фурье [22, 23].

Помимо рассмотренного выше непрерывного вейвлет-преобразования, существует дискретное преобразование, в котором имеет место процесс фильтрации. Благодаря этому возникает два таких понятия как аппроксимация (приближение) и детали. Аппроксимация представляет собой высоко-смаштабированные высокочастотные компоненты, детали – это низко-смаштабированные высокочастотные компоненты. В итоге получается, что первоначальный сигнал разбивается на два сигнала, дополняющих друг друга, что даёт в два раза больше данных о первоначальном сигнале. По сравнению с разложением сигналов на ряды Фурье, вейвлеты обладают способностью представлять локальные особенности сигналов с большей степенью точности и решать проблемы выявления дефектов оборудования более точным, комплексным способом [22, 23].

Таким образом, вейвлет-функция обладает, необходимыми свойствами для решения поставленной выше задачи. Например, эволюция частот импульса во времени (рисунок 7) построена при помощи модифицированного вейвлет преобразования Хаара. Как уже отмечалось, большим преимуществом этого метода является его локальность, то есть появляется возможность проследить динамику изменения амплитуд частотных компонент.

Рассмотрим пример практического применения разработанного подхода для распознавания дефекта подшипника качения, установленного на дизельном двигателе Caterpillar 3406С дизель-гидравлического бурового станка DML-1200.

На рис. 8 приведена схема контрольных точек измерения виброакустического сигнала (рис. 8а) и результаты диагностирования его технического состояния (рис. 8б).

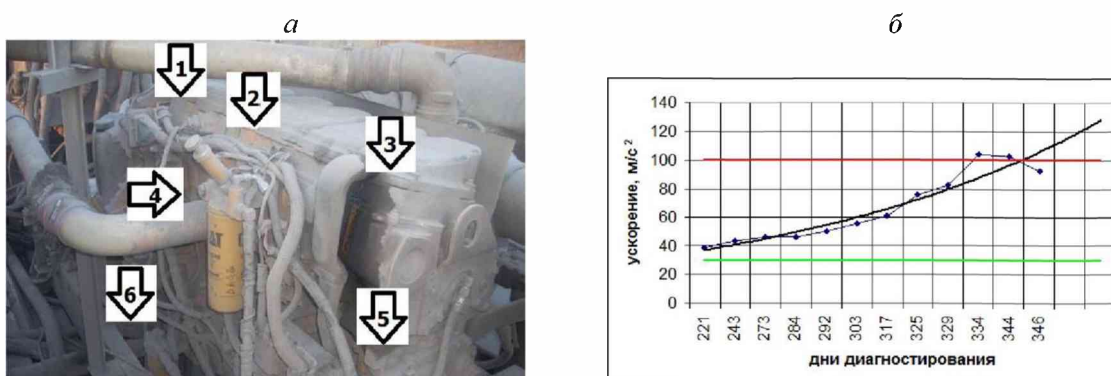


Рис. 8. Схема проведения замеров параметров вибрации на дизельном двигателе Caterpillar 3406С (а) и деградация технического состояния коренного подшипника (б)

На рис. 9 приведены результаты обработки виброакустического сигнала, измеренного в 5 контрольной точке, представленных в виде энергетического спектра (рис. 9а) и вейвлета Хаара (рис. 9б), из анализа которых следует, что виброактивность в 5 контрольной точке выше допустимых норм.

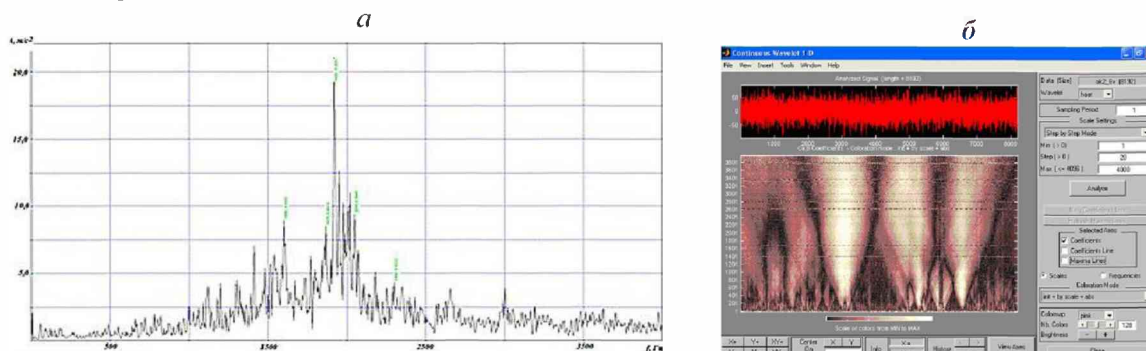


Рис. 9. Фурье преобразование (а) и вейвлет преобразование Хаара (б) виброакустического сигнала развитого дефекта двухрядного подшипника коленчатого вала

Как показал анализ изменения технического состояния, обнаруженный дефект относится по своему характеру к износовому отказу [17], а по типу – к износу беговой дорожки и тел качения коренного подшипника «схватыванием 1 рода» [18]. Последующий визуальный осмотр и дефектация подшипника показали правильность поставленного диагноза (рис. 10).

В промышленных условиях (шахта Талдинская-Западная ОАО «СУЭК-Кузбасс») был апробирован комплексный метод оценки технического состояния приводов шахтного ленточного конвейера 3ЛЛ1600 по параметрам вибрации, смазочного масла и тепловому контролю.

В течение двух месяцев после запуска конвейера в работу производились замеры параметров вибрации в зависимости от загрузки и скорости движения ленты конвейера (см. рис. 11, 12). Данные о загрузке и скорости записывались по показаниям мониторов частотно-преобразовательной станции, предназначенной для бесступенчатого электрического регулирования скорости и крутящего момента одно или многодвигательного привода ленточного конвейера, а общий уровень вибрации контролировался виброанализатором «Агат-М» и анализировался с помощью программного обеспечения «Диамант».



Рис. 10. Дефект двухрядного подшипника: а) износ тел качения подшипника качения; б) износ беговой дорожки подшипника качения

Особенностью приводов с регулируемой частотой вращения является зависимость уровней вибрации от частоты вращения приводного двигателя. Для стадии приработки минимальные уровни вибрации наблюдаются для уровней загрузки 25-30%.

Параллельно с анализом вибрационной нагрузки проводился анализ параметров работающего масла в зависимости от наработки ленточного конвейера.

В таблицах 2-4 приведены данные о накоплении продуктов износа в масле редукторов Р1 – Р3 и предельно допустимые значения их содержания, из анализа которых следует, что практически во всех пробах содержание кремния превышает предельно допустимое значение и свидетельствует о недостаточной работоспособности применяемых в редукторах уплотнениях.

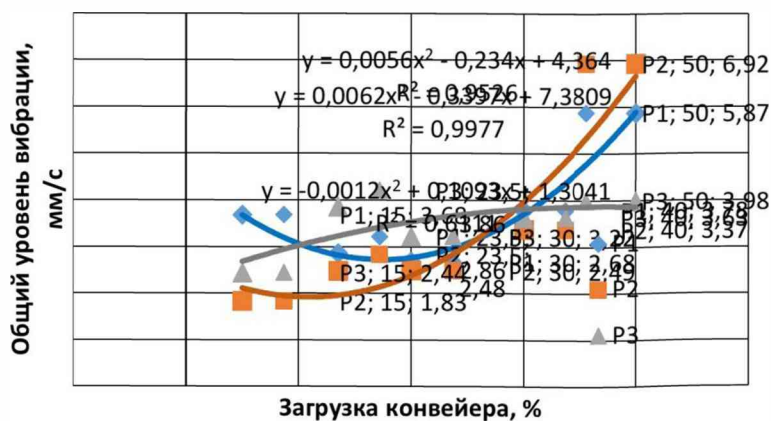


Рис. 11. График зависимости общего уровня вибрации в диапазоне 100-2000 Гц от загрузки конвейера



Рис. 12. График зависимости общего уровня вибрации в диапазоне 100-2000 Гц от скорости движения ленты конвейера



Табл. 2. Продукты износа в пробах масла редуктора P1, г/т

Элемент	Максимально допустимое значение	Проба				
		29.08.14	19.02.15	12.03.15	06.07.15	20.11.15
Fe	200	40,34	160,12	204,8	171,52	326,32
Si	35	37,64	33,88	44,55	39,83	43,29
Cu	150	5,53	0,48	8,96	1,65	2,16
Al	7	1,52	1,54	2,38	2,00	2,09
Cr	5	0,68	1,30	1,07	1,15	1,62
Pb	-	2,55	3,45	4,23	2,48	3,44
Sn	-	5,78	9,34	7,90	6,98	10,52

Табл. 3. Продукты износа в пробах масла редуктора P2, г/т

Элемент	Максимально допустимое значение	Проба				
		29.08.14	19.02.15	12.03.15	06.07.15	20.11.15
Fe	200	26,85	30,5853	32,3602	32,50	55,04
Si	35	33,11	31,0649	37,1218	39,42	39,64
Cu	150	7,07	2,8362	2,1811	6,42	14,75
Al	7	1,10	1,2960	1,7622	1,79	1,67
Cr	5	0,95	0,5097	0,7743	1,03	1,34
Pb	-	2,63	2,5013	2,8376	4,14	2,60
Sn	-	7,94	6,0796	7,0574	5,68	7,65

Табл. 4. Продукты износа в пробах масла редуктора P3, г/т

Элемент	Максимально допустимое значение	Проба				
		29.08.14	19.02.15	12.03.15	06.07.15	20.11.15
Fe	200	73,17	314,64	384,1	322,45	876,71
Si	35	36,07	34,49	38,66	40,81	40,77
Cu	150	13,67	11,98	15,7125	9,81	30,63
Al	7	1,43	1,76	2,4578	2,50	2,48
Cr	5	0,87	2,54	3,1097	2,19	10,50
Pb	-	1,75	3,69	1,7229	3,46	2,28
Sn	-	6,89	10,99	12,88	13,31	27,97

Сводные данные о температуре, вязкости и общем уровне вибрации представлены в таблице 5.

Табл. 5. Показатели температуры, вязкости масла и общего уровня вибрации

№ редуктора	Температура корпуса, °С		Кинематическая вязкость, мм ² /с при 40°С,	Эксплуатационная вязкость, мм ² /с при максимальной T_{max} масла, °С	Общий уровень вибрации, мм/с
	T_{max}	T_{cp}			
P1	47,0	35,6	345	290	5,9
P2	50,7	42,0	353	270	7,2
P3	44,2	37,4	329,7	300	4,2

Анализируя термограммы, снятые при эксплуатационной нагрузке (рис. 13), можно сделать вывод, что наибольший нагрев отмечается в нижней части крышки выходного вала и температуры редукторов отличаются. На основании результатов этих измерений можно получить эксплуатационную вязкость масла.



На рис. 14 приведены зависимости изменения кинематической вязкости, скорректированной с учетом температуры корпуса, от наработки приводов.

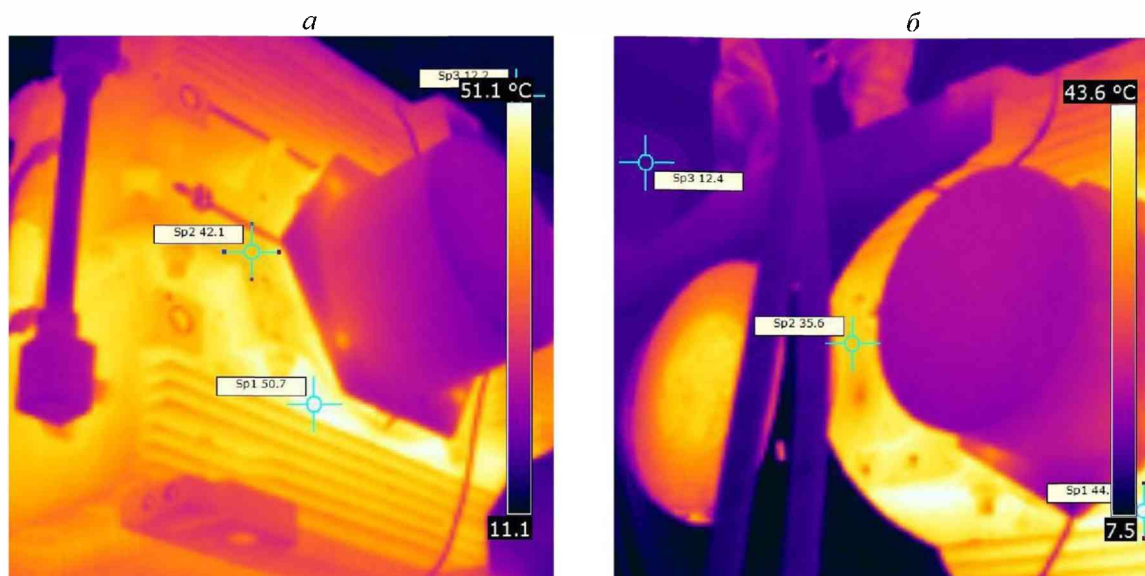


Рис. 13. Термограммы редукторов ленточного конвейера: а) редуктор P2, б) редуктор P3

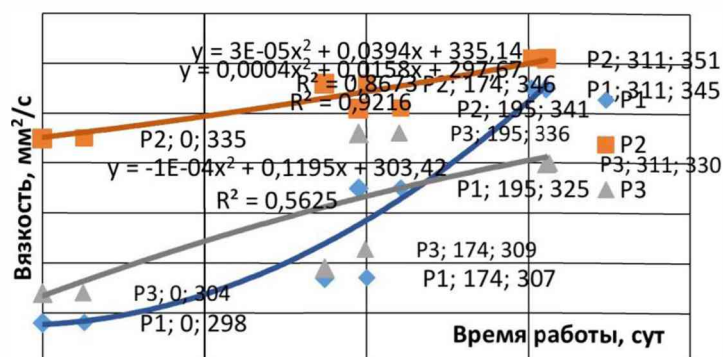


Рис. 14. Графики эксплуатационного изменения кинематической вязкости масла от наработки приводов

Сравнение результатов комплексного обследования технического состояния редукторов привода шахтного ленточного конвейера ЗЛЛ1600 можно утверждать следующее:

- по общему уровню вибрации техническое состояние привода P1 оценивается как удовлетворительное [24];
- техническое состояние редуктора P2 оценивается как допустимое (по общему уровню вибрации, по высокой температуре нагрева корпуса и низкой эксплуатационной вязкости масла). При этом нормированное значение вязкости масла самое высокое в редукторе P2, что говорит об испарении легко кипящих фракций;
- по общему уровню вибрации техническое состояние привода P3 оценивается как предельно допустимое, в спектре вибрации прослеживается выраженный износ элементов подшипников быстроходного вала, что подтверждается большим количеством механических примесей.

Завод изготовитель редукторов Moventas Santasalo рекомендует производить первую замену масла через 800-1000 часов работы, а далее через каждые 10000 часов работы или один раз в год. Фактически первая замена масла не производилась, была произведена только доливка масла через 5000 часов работы. Состояние масла в данный момент неудовлетворительное, кроме редуктора P2. Службе главного механика шахтоуправления выданы рекомендации о необходимости замены масла в редукторах P1 и P3, а также подшипника на быстроходном валу.



Выводы.

Предложенный подход к нормированию параметров механических колебаний может быть использован на практике, при разработке стандарта предприятия по нормированию вибрации выпускаемой продукции для включения в паспорт изделия.

Разработка большого числа спектральных масок для широкого типового ряда горной техники является одним из условий выпуска заводами горного машиностроения качественной продукции и осуществления перехода на новые формы технического обслуживания и ремонта горных машин.

Результаты оценки технического состояния приводов конвейера ЗЛЛ1600 комплексным методом, на основе мониторинга параметров виброакустических сигналов, эмиссионно-спектрального состава работающего масла и тепловизионного контроля опорных узлов подшипников качения, разрешают отследить изменение технического состояния элементов редуктора в зависимости от его нагрузки и скорости. Предложенный подход позволит не только увеличить достоверность оценки технического состояния редукторов горношахтного оборудования, но и организовать работу по созданию нормативно-методической базы для построения прогностических моделей изменения технического состояния на основе значительного объема накопленной статистической информации о развитии тех или иных дефектов редукторов ленточных конвейеров.

С использованием прогностической модели на основе статистических результатов вибродиагностики, появляется возможность в достаточной мере точно оценить исследуемую неисправность, а также спрогнозировать остаточный ресурс узла или агрегата и осуществлять эффективное планирование ремонтных работ, предупреждение возникновения аварийных отказов [25]. В итоге предложенное решение позволит минимизировать издержки, связанные с внезапным выходом из строя подшипников качения, оптимизировать логистику и складское хозяйство. Будут созданы все условия для перехода к качественно новой системе управления техническим обслуживанием горношахтного оборудования.

Список источников

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 1: В.И. Иванов, И.Э. Власов. Метод акустической эмиссии. Кн. 2: Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова и др. Вибродиагностика. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 829 с.
2. Смирнов, А.Н. Диагностика технических устройств опасных производственных объектов / А.Н. Смирнов, Б.Л. Герике, В.В. Муравьев // Новосибирск: Наука, 2003. – 248 с.
3. Герике, Б.Л., Обеспечение качества выпускаемой продукции заводов горного машиностроения / Б.Л. Герике, А.А. Хорешок, Ю.В. Дрозденко // Вестник КузГТУ. – №5. – 2016. – С. 33-40.
4. Гаммершмидт, А. А. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Кузбасса / Уголь. – №5. – 2015. – С. 14-15.
5. Галкин, В.И. Транспортные машины: Учебник для вузов / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко // М.: Горная книга, 2010. – 588 с.
6. Клишин, В.И. Научное обеспечение инновационного развития угольной отрасли / В.И. Клишин, М.В. Писаренко // Уголь. – № 9. – 2014. – С. 42-46.
7. V. Kovalev, A. Khoreshok, B. Gerike, A. Meshkov. Regarding One Estimation of the Technical Condition of the Selective Headers / Proceedings of the 8th Russian-Chinese Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety». – P. 291-296.
8. Кузин, Е.Г. Мониторинг технического состояния редукторов частотно-регулируемого электропривода шахтных ленточных конвейеров / Е.Г. Кузин, Б.Л. Герике // Горные науки и технологии. – №1. – 2016. – С. 13-19.
9. Захаров, А.Ю. Определение критической величины сопротивления вращению конвейерных роликов / А.Ю. Захаров, Д.В. Ширямов // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 1. – С. 3-8.
10. Герике, Б.Л. Распознавание дефектов подшипников качения в редукторах горных машин по параметрам вибрационного сигнала / Б.Л. Герике, Ю.В. Дрозденко, П.Б. Герике, Е.Г. Кузин, А.А. Мокрушев // Горное оборудование и электромеханика. – № 5. – 2017. – С. 43-48.
11. Краковский, Ю. М. Математические и программные средства оценки технического состояния оборудования / Новосибирск: Наука, 2005. – 200 с.
12. Kelly, S. Graham. Advanced vibration analysis. 2013. – 637 p. (Dekker mechanical engineering).
13. Капранов, Б.И. Спектральный анализ в неразрушающем контроле / Б.И. Капранов, И.А. Короткова // Томск. Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 122 с.



14. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 5: В.П. Вавилов. Тепловой контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2005. – С. 361.
15. Профилактическое обслуживание оборудования с применением виброанализа. – CSI. – 1990. – 252 с.
16. Ширман, А.Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А.Р. Ширман, А.Б. Соловьев // М. – 1996. – 276 с.
17. Диагностика неполадок подшипников / NSK Motion & Control. – 2009. – 42 p.
18. Повреждения подшипников качения и их причины. / SKF AB. – 2002. – 46 p.
19. Rudloff L., Arghir M., Bonneau O., Guingo S., Chemla G., Renard E. (2012) Experimental Analysis of the Dynamic Characteristics of A Hybrid Aerostatic Bearing. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 134(18).
20. Сальников, А.Ф. Виброакустическая диагностика технических объектов: Учебное пособие / Пермь: Изд-во ПНИПУ. – 2011. – 246 с.
21. Астафьева, Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166. – № 11. – С. 1145-1170.
22. Витязев, В.В. Вейвлет-анализ временных рядов: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 58 с.
23. Дьяконов, В.П. МАТЛАБ: полный самоучитель. – СПб.: Изд-во ДМК пресс, 2012. – 770 с.
24. ГОСТ ИСО 10816-1-97. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Часть I. Общие требования.
25. Герике, Б.Л. Построение системы интеллектуального обслуживания редукторов горношахтного оборудования / Б.Л. Герике, В.И. Клишин, Е.Ю. Пудов, Е.Г. Кузин // Горный журнал. – № 12. – 2017. – С. 68-73.

References

1. Nerazrushayushchiy kontrol': Spravochnik: V 8 t. / Pod obshch. red. V.V. Klyueva. T. 7: V 2 kn. Kn. 1: V.I. Ivanov, I.E. Vlasov. Metod akusticheskoy emissii. Kn. 2: F.Ya. Balitskiy, A.V. Barkov, N.A. Barkova i dr. Vibrodiagnostika. – 2-е изд., испр. – М.: Mashinostroenie, 2006. – 829 s.
2. Smirnov, A.N. Diagnostika tekhnicheskikh ustroystv opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov / A.N. Smirnov, B.L. Gerike, V.V. Murav'ev // Novosibirsk: Nauka, 2003. – 248 s.
3. Gerike, B.L., Obespechenie kachestva vypuskaemoy produktsii zavodov gornogo mashinostroeniya / B.L. Gerike, A.A. Khoreshok, Yu.V. Drozdenko // Vestnik KuzGTU. – №5. – 2016. – S. 33-40.
4. Gammersmidt, A. A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya ugol'noy promyshlennosti Kuzbassa / Ugol'. – №5. – 2015. – S. 14-15.
5. Galkin, V.I. Transportnye mashiny: Uchebnik dlya vuzov / V.I. Galkin, E.E. Sheshko // M.: Gornaya kniga, 2010. – 588 s.
6. Klishin, V.I. Nauchnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya ugol'noy otrasli / V.I. Klishin, M.V. Pisarenko // Ugol'. – № 9. – 2014. – S. 42-46.
7. V. Kovalev, A. Khoreshok, B. Gerike, A. Meshkov. Regarding One Estimation of the Technical Condition of the Selective Headers / Proceedings of the 8th Russian-Chinese Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety». – P. 291-296.
8. Kuzin, E.G. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya reduktorov chastotno-reguliruemogo elektroprivoda shakhtnykh lentochnykh konveyerov / E.G. Kuzin, B.L. Gerike // Gornye nauki i tekhnologii. – №1. – 2016. – S. 13-19.
9. Zakharov, A.Yu. Opredelenie kriticheskoy velichiny soprotivleniya vrashcheniyu konveyernykh ro-likov / A.Yu. Zakharov, D.V. Shiryamov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2016. – № 1. – S. 3-8.
10. Gerike, B.L. Raspoznavanie defektov podshipnikov kacheniya v reduktorakh gornykh mashin po parametram vibratsionnogo signala / B.L. Gerike, Yu.V. Drozdenko, P.B. Gerike, E.G. Kuzin, A.A. Mokrushev // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – № 5. – 2017. – S. 43-48.
11. Krakovskiy, Yu. M. Matematicheskie i programnye sredstva otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya oborudovaniya / Novosibirsk: Nauka, 2005. – 200 s.
12. Kelly, S. Graham. Advanced vibration analysis. 2013. – 637 p. (Dekker mechanical engineering).
13. Kapranov, B.I. Spektral'nyy analiz v nerazrushayushchem kontrole / B.I. Kapranov, I.A. Korotkova // Tomsk. Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2010. – 122 s.
14. Nerazrushayushchiy kontrol': Spravochnik: V 8 t. / Pod obshch. red. V.V. Klyueva. T. 5: V.P. Vavilov. Teplovoyy kontrol'. – 2-е изд., испр. – М.: Mashinostroenie, 2005. – S. 361.
15. Profilakticheskoe obsluzhivanie oborudovaniya s primeneniem vibroanaliza. – CSI. – 1990. – 252 s.



16. Shirman, A.R. Prakticheskaya vibrodiagnostika i monitoring sostoyaniya mekhanicheskogo oborudovaniya / A.R. Shirman, A.B. Solov'ev // M. – 1996. – 276 s.
17. Diagnostika nepoladok podshipnikov / NSK Motion & Control. – 2009. – 42 p.
18. Povrezhdeniya podshipnikov kacheniya i ikh prichiny. / SKF AB. – 2002. – 46 p.
19. Rudloff L., Arghir M., Bonneau O., Guingo S., Chemla G., Renard E. (2012) Experimental Analysis of the Dynamic Characteristics of A Hybrid Aerostatic Bearing. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 134(18).
20. Sal'nikov, A.F. Vibroakusticheskaya diagnostika tekhnicheskikh ob"ektov: Uchebnoe posobie / Perm': Izd-vo PNIPU. – 2011. – 246 s.
21. Astafeva, N.M. Veyvlet-analiz: osnovy teorii i primery primeneniya / Uspekhi fizicheskikh nauk. – 1996. – T. 166. – № 11. – С. 1145-1170.
22. Vityazev, V.V. Veyvlet-analiz vremennykh ryadov: Ucheb. posobie. – SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta. 2001. – 58 s.
23. D'yakonov, V.P. MATLAB: polnyy samouchitel'. – SPb.: Izd-vo DMK press, 2012. – 770 s.
24. GOST ISO 10816-1-97. Kontrol' sostoyaniya mashin po rezul'tatam izmereniya vibratsii na nevrashchayushchikhsya chastyakh. Chast' I. Obshchie trebovaniya.
25. Gerike, B.L. Postroenie sistemy intellektual'nogo obsluzhivaniya reduktorov gornoshakhtnogo oborudovaniya / B.L. Gerike, V.I. Klishin, E.Yu. Pudov, E.G. Kuzin // *Gornyy zhurnal*. – № 12. – 2017. – S. 68-73.

Авторы

Герике Борис Львович – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник
e-mail: gbl_42@mail.ru

Клишин Владимир Иванович – член-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией, e-mail: klishinvi@icc.kemsc.ru

Герике Павел Борисович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник;
e-mail: am_besten@mail.ru

Мокрушев Андрей Александрович – аспирант,
e-mail: andy-mokrushev@yandex.ru

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, 650065 г. Кемерово, проспект Ленинградский, 10

Authors

Boris L. Gerike – Dr. Sc. (Tech.), Professor, Chief Researcher;

e-mail: gbl_42@mail.ru

Vladimir I. Klishin – RAS Corresponding member, Dr. Sc. (Tech.), Head of Laboratory;

e-mail: klishinvi@icc.kemsc.ru

Pavel B. Gerike – PhD, Senior Researcher;

e-mail: am_besten@mail.ru

Andrey A. Mokrushev – postgraduate student;

e-mail: andy-mokrushev@yandex.ru

Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 10 Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065, Russian Federation

Библиографическое описание статьи

Герике, Б.Л. Интеллектуальное обслуживание редукторов горных машин / Б.Л. Герике, В.И. Клишин, П.Б. Герике, А.А. Мокрушев // *Техника и технология горного дела*. – 2018. – № 1(1). – С. 20-35.

Cite this article

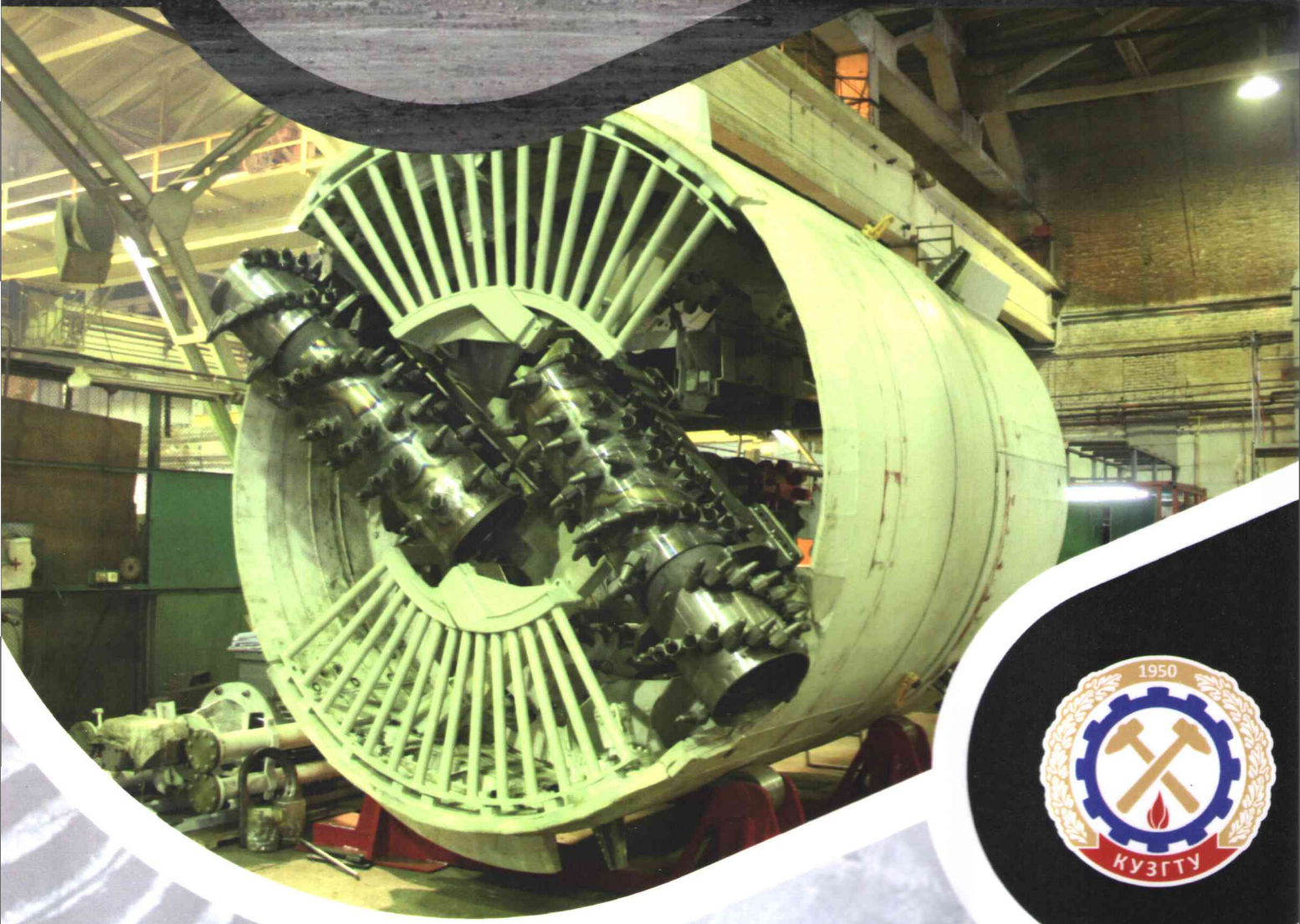
Gerike B.L., Klishin V.I., Gerike P.B., Mokrushev A.A. (2018) Intelligent service of reducers of mining machines, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 1(1):20.

ISSN 2618-7434

Journal of Mining and Geotechnical Engineering

JMGE 1-18

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL



ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНОГО ДЕЛА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ
ГОРНОГО ДЕЛА**
научно-практический журнал

№1 (1) 2018

Основан в 2018 году
Выходит 4 раза в год
ISSN 2618-7434

12+

Редакционная коллегия:

Главный редактор

Хорешок А.А., д.т.н., проф. (КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, РФ)

Заместители главного редактора

Тюленев М.А., к.т.н., доц. (КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, РФ)

Члены редколлегии

Абай Асмелаш, к.т.н., доц. (Университет Мекелле, Эфиопия)

Демирель Нурай, к.т.н., доц. (Средневосточный технический университет, Турция)

Карпуз Селал, д.т.н., проф. (Средневосточный технический университет, Турция)

Клишин В.И., член-корр. РАН (ФИЦ УУХ СО РАН, РФ)

Конторович А.Э., академик РАН (РФ)

Кретчманн Юрген, д.т.н., проф. (Техническая Высшая Школа им. Георга Агриколы, Германия)

Малышев Ю.Н., академик РАН (Геологический музей имени В.Н. Вернадского, РФ)

Мисников О.С., д.т.н., проф. (Тверской государственный технический университет, РФ)

Фёт Штефан, к.т.н., доц. (Техническая Высшая Школа им. Георга Агриколы, Германия)

Хеллмер Марк, магистр (Императорский Колледж Лондона, Великобритания)

Чехлар Михал, д.т.н. (Технический университет Кошице, Словакия)

Янчок Юрай, д.т.н. (Технический университет Кошице, Словакия)

Позиция редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых материалов.

Полнотекстовой доступ к электронной версии журнала на сайте www.elibrary.ru

Издатель журнала: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

© Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018

Уважаемые читатели!

Журнал издается с 2018 г.

Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»

Адрес учредителя, издателя и редакции:
650000, Россия, Кемеровская область,
г. Кемерово, ул. Весенняя 28

Тематика журнала:

- открытая, подземная и строительная геотехнология;
- горное машиностроение и машиноведение;
- геомеханика и управление состоянием массива горных пород;
- промышленное и гражданское строительство;
- электроснабжение горных и промышленных предприятий;
- инновационный менеджмент различных социальных и инженерных систем;
- инженерная геология, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых;
- вопросы защиты окружающей среды и охраны труда на горных предприятиях.

Технический редактор
О.А. Останин

Верстка
Д.А. Бородин

Дизайн обложки
М.А. Коробченко, Д.А. Бородин

Тел.: +7-3842-39-63-14
jm.kuzstu.ru
jm@kuzstu.ru

Дата выхода в свет: 22.05.2018
Формат 60×84/8.
Бумага офсетная.
Отпечатано на МФУ
Уч.-изд. л. 22.5.
Тираж 50 экз.
Заказ 266
Цена свободная

Адрес типографии:
Издательский центр УИП
КузГТУ 650000, Россия,
Кемеровская об-ласть,
г. Кемерово, ул. Д.Бедного, 4а

Russian Federation Ministry of Education and Science
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University"

**JOURNAL OF MINING AND
GEOTECHNICAL ENGINEERING**
Scientific and Practical Journal

No 1 (1) 2018

Founded in 2018
Issued 4 times a year
ISSN 2618-7434

12+

Editorial Team:

Editor-in-Chief:

Alexey A. Khoreshok, Dr. Sc. (Kuzbass State Technical University, Russia)

Executive Editors

Maxim A. Tyulenev, PhD (Eng.), deputy chief editor (Kuzbass State Technical University, Russia)

Associate Editors

Asmelash Abay, PhD, Associated Professor (Mekelle University, Ethiopia)

Michal Cehlar, Dr.Sc. (Technical University of Kosice, Slovakia)

Nuray Demirel, PhD, Associated Professor (Middle East Technical University, Turkey)

Mark Hellmer, MSc (Imperial College London, United Kingdom)

Juraj Janocko, Dr.Sc. (Technical University of Kosice, Slovakia)

Celal Karpuz, Dr.Sc., Professor (Middle East Technical University, Turkey)

Vladimir Klishin, Corresponding Member (Russian Academy of Sciences, Russia)

Alexey Kontorovich, Academician (Russian Academy of Sciences, Russia)

Jurgen Kretchmann, Dr.Sc., Professor (Technische Fachhochschule Bochum, Germany)

Yury Malyshev, Academician (Russian Academy of Sciences, Russia)

Oleg Misnikov, Dr.Sc., Professor (Tver State Technical University, Russia)

Stefan Voth, PhD, Associated Professor (Technische Fachhochschule Bochum, Germany)

Editorial Board Position may not be congruent with the point of view of published articles' authors

Full-text access to the electronic version of the journal is on website
www.elibrary.ru

Publisher: T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

© T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2018

Dear readers!

The journal is published since 2018.

Founder and Publisher:

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Founder, Publisher and Editorial Board
Address: 28 Vesennya St., 650000,
Kemerovo, Russian Federation

Subjects of the journal:

- Surface, underground, and construction geotechnology;
- Mining machinery and machine engineering;
- Geomechanics and rock strata control;
- Industrial and civil construction;
- Power supply of mining and industrial enterprises;
- Innovative management of various social and engineering systems;
- Engineering geology, prospecting and exploration of solid minerals deposits;
- Issues of environmental protection and labor safety at mining enterprises.

Technical editor

O. A. Ostanin

Imposer

D.A. Borodin

Cover design

M. A. Korobchenko. D.A. Borodin

Tel.: +7-3842-39-63-14

jm.kuzstu.ru

jm@kuzstu.ru

Publishing Date: May 20, 2018

Format 60×84 /8.

Offset paper.

Imprinted on MFPs

Published sheets 14,125.

Edition of 50 copies.

Order Number 266

Price is open

Printing-office Address:

KuzSTU Publishing Center,
4A Demyana Bednogo St., 650000,
Kemerovo, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

<p style="text-align: right;"><i>Ермакова И.А.</i></p> <p>Установление параметров потока при выпуске руды в системах разработки с обрушением</p> <p style="text-align: right;"><i>Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А.</i></p> <p>Обоснование величины прикладываемых к забою нагрузок при моделировании взаимодействия инструмента и породы</p> <p style="text-align: right;"><i>Герике Б.Л., Клишин В.И., Герике П.Б., Мокрушев А.А.</i></p> <p>Интеллектуальное обслуживание редукторов горных машин</p> <p style="text-align: right;"><i>Мартыанов В.Л.</i></p> <p>Оценка сложности отработки карьерных полей угольных месторождений Кузбасса в</p> <p style="text-align: right;"><i>Мисников О.С., Панов В.В.</i></p> <p>Туманное будущее торфяной отрасли России</p> <p style="text-align: right;"><i>Марков С.О., Тюленев М.А., Кузин Е.Г.</i></p> <p>Георадарное исследование структуры блока для буровзрывных работ на разрезе «Заречный»</p> <p style="text-align: right;"><i>Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Борисов А.Ю.</i></p> <p>Перспективы использования дисковых инструментов на исполнительных органах горных машин</p> <p style="text-align: right;"><i>Кацубин А.В., Макридин Е.В.</i></p> <p>Систематизация технологических схем экскаваторных забоев на разрезах центрального Кузбасса</p> <p style="text-align: right;"><i>Рекомендации для авторов</i></p>	<p>4</p> <p>11</p> <p>19</p> <p>35</p> <p>42</p> <p>46</p> <p>64</p> <p>81</p> <p>89</p>	<p style="text-align: right;"><i>Ermakova I.A.</i></p> <p>Setting of flow parameters during release of ore in caving systems</p> <p style="text-align: right;"><i>Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A.</i></p> <p>Justification of value of the loads applied to the face for simulation of tools and rocks interaction</p> <p style="text-align: right;"><i>Gerike B.L., Klishin V.I., Gerike P.B., Mokrushev A.A.</i></p> <p>Intelligent service of reducers of mining machines</p> <p style="text-align: right;"><i>Martyanov V.L.</i></p> <p>Evaluation of the working out difficulty on quarry fields of Kuzbass coal deposits</p> <p style="text-align: right;"><i>Misnikov O.S., Panov V.V.</i></p> <p>The foggy future of the peat industry in Russia</p> <p style="text-align: right;"><i>Markov S.O., Tyulenev M.A., Kuzin E.G.</i></p> <p>Georadar research of the block structure for drilling and blasting operations on Zarechnyi open pit mine</p> <p style="text-align: right;"><i>Khoreshok A.A., Mametyev L.E., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu.</i></p> <p>Prospects of disk tools using on executive bodies of mining machines</p> <p style="text-align: right;"><i>Katsubin A.V., Makridin E.V.</i></p> <p>Systematization of the technological schemes of excavator faces at the central Kuzbass open pit mines</p> <p style="text-align: right;"><i>Instructions to authors</i></p>
---	--	---