

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-161-168

## ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 53.083(430.1)

### ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МЕТОДИКИ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИИ

### APPLICATION OF THE RESULTS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING FOR CREATING A TECHNIQUE FOR RECOGNIZING THE TECHNICAL CON- DITION OF MINING EQUIPMENT BY VIBRATION PARAMETERS

Герике Павел Борисович

канд. техн. наук, доцент, e-mail: [am\\_besten@mail.ru](mailto:am_besten@mail.ru)

Gericke P.B., C.Sc. (Engineering), Associate Professor,

Нестерова Олеся Алексеевна

старший инженер, e-mail: [wihaaaaa@yandex.ru](mailto:wihaaaaa@yandex.ru)

Nesterova Olesya A., senior engineer

Федеральный Исследовательский Центр угля и углехимии СО РАН, 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10

Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, 10 Leningradsky Prospect, 650065, Kemerovo, Russian Federation.

**Аннотация.** В настоящей статье рассмотрены базовые принципы создания методики оценки состояния горно-шахтного оборудования, основанной на комплексной реализации принципов неразрушающего контроля и технического диагностирования. Обоснована эффективность применения комплексного диагностического подхода для оценки состояния энерго-механического оборудования горных машин. Показано, что только с широким применением современных методов вибрационной диагностики и неразрушающего контроля предоставляется возможность для своевременного выявления дефектов, вне зависимости от их типа и степени опасности. Обоснована эффективность конкретного сочетания методов виброанализа, наиболее оптимально подходящих для решения поставленных в работе задач. Сформулированы основные критерии, которые могут быть использованы в качестве базовой платформы для совершенствования методологии нормирования параметров механических колебаний. Доказана необходимость перехода ремонтных и обслуживающих подразделений промышленных предприятий на систему обслуживания техники по её фактическому техническому состоянию, платформой для реализации базовых элементов которой может послужить разработанный комплекс диагностических правил выявления дефектов. Реализация принципов разрабатываемой методологии позволит повысить надежность горной техники и минимизировать количество аварийных отказов технологического оборудования, что откроет новый перспективный путь к повышению безопасности горных работ.

**Abstract.** In this article, the basic principles for creating a methodology for testing mining equipment based on the integrated implementation of the principles of nondestructive testing and technical diagnosis are considered. The effectiveness of applying a comprehensive diagnostic approach for assessing the state of power mechanical equipment of mining machines is substantiated. It is shown that only with the wide application of modern methods of vibration diagnostics and nondestructive testing there is an opportunity for timely detection of defects, regardless of their type and degree of danger. The effectiveness of a specific combination of methods of nondestructive testing, most optimally suited for solving the tasks posed in the work, is substantiated. The basic criteria that can be used as the basic platform for improving the methodology for normalizing the parameters of mechanical oscillations are formulated. The necessity of transition of repair and maintenance divisions of industrial enterprises to the system of maintenance of equipment by its actual technical condition is proved, the platform for the implementation of basic elements thereof can serve as a developed set of diagnostic rules for detecting defects. Implementation of the principles of the developed testing methodology will improve the reliability of mining equipment and minimize the number of failures of technological equipment, which opens up a new perspective way to increase the safety of mining work.

*bility of mining equipment and minimize the number of emergency failures of process equipment, which will significantly improve the level of safety in mining operations.*

**Ключевые слова:** вибродиагностика, горные машины, энерго-механическое оборудование, управление техническим обслуживанием, методика распознавания.

**Keywords:** vibration analysis, mining machines, power mechanical equipment, maintenance management, recognition procedure.

Одним из приоритетных направлений развития угольной и горнорудной отраслей промышленности России является повышение безопасности горных работ. Повсеместная эксплуатация изношенной техники, значительная часть которой находится в недопустимом состоянии, и неэффективность устаревшей системы ремонтов делают невозможным полноценное решение этой задачи. Без повсеместного внедрения на угольных шахтах и разрезах, карьерах и рудниках качественно более совершенных форм технического обслуживания горной техники невозможно решить системные проблемы, связанные с фактическим состоянием парка горных машин. Обеспечение перехода на обслуживание по фактическому состоянию потребует, помимо прочего, наличия представительных баз данных по параметрам виброакустического сигнала, определения характеристик предельного состояния энерго-механического оборудования горных машин [1, 2], создания математических моделей развития дефектов и разработки комплекса диагностических правил для предельно изношенного оборудования угольной промышленности.

Задача по созданию универсальной методики распознавания технического состояния с учетом специфики конструкции и условий эксплуатации горно-шахтного оборудования на сегодняшний в полном объеме день не решена. Накопленный опыт в области анализа параметров вибрации, генерируемой при работе энерго-механического оборудования горных машин, позволил приступить к совершенствованию методологии нормирования параметров механических колебаний на основе разрабатываемых единых диагностических критериев оценки технического состояния и спектральных масок высокой степени детализации. Полученные в рамках проведения настоящего исследования научные результаты были использованы для осуществления прогнозного моделирования процессов деградации фактического состояния некоторых узлов и элементов оборудования горной техники.

Универсальность разрабатываемой методики предполагает возможность ее использования с одинаковой эффективностью на оборудовании горных машин различного типа и конструкции, в том числе, находящихся в предельно изношенном техническом состоянии.

Создание методики распознавания было бы невозможным без выявления основных закономерностей изменения технического состояния

энерго-механического оборудования горных машин, основанных на результатах анализа параметров генерируемых при их работе механических колебаний [3, 4]. Примеры диагностических признаков выявления некоторых базовых дефектов с помощью анализа параметров полигармонических волн приведены ниже на рисунках 1...5.

Применение результатов комплексного диагностического подхода к вибранализу позволяет дать обоснованную оценку технического состояния работающего оборудования и подтвердить правильность поставленного диагноза в сложных случаях [5, 6], а также позволит получить достоверную информацию об изменении состояния объекта диагностирования.

Не редко на одном и том же элементе (узле, агрегате, детали) сложной механической системы могут присутствовать множественные дефекты, возникновение которых вызвано причинами совершенно различной природы. Например, дисбаланс ротора генератора в сочетании с нарушением соосности валопровода агрегата может стать причиной ярко выраженного нарушения жесткости системы, развития дефектов соединительных муфт, подшипников и т.д. Именно результаты комплексного диагностического подхода к анализу параметров вибрации часто предоставляют единственную возможность без остановки и разборки агрегата подтвердить наличие дефекта, частотные признаки которого полностью совпадают с признаками повреждений другой природы [7].

Кроме того, диагностические признаки, реализуемые при комплексном диагностическом подходе к анализу параметров вибрации могут быть использованы для решения задач по совершенствованию методологии нормирования, обоснованию критериев предельного состояния и реализации принципов прогнозного моделирования.

В качестве объекта настоящего исследования выступает выборка, состоящая из 30 единиц карьерных экскаваторов, 10 единиц дизель-гидравлических буровых установок и 100 единиц дробильно-сортировочного и углеобогатительного оборудования, эксплуатируемого на предприятиях Кузбасса. Наблюдение за данной выборкой осуществлялось на протяжении 5 лет, статистическая обработка результатов анализа параметров вибрации позволяет сделать вывод о том, что наибольшее распространение на исследуемом оборудовании получили следующие виды дефектов (см. примеры на рисунках 1...5): неуравновешенность роторов электрических машин; нарушение соос-

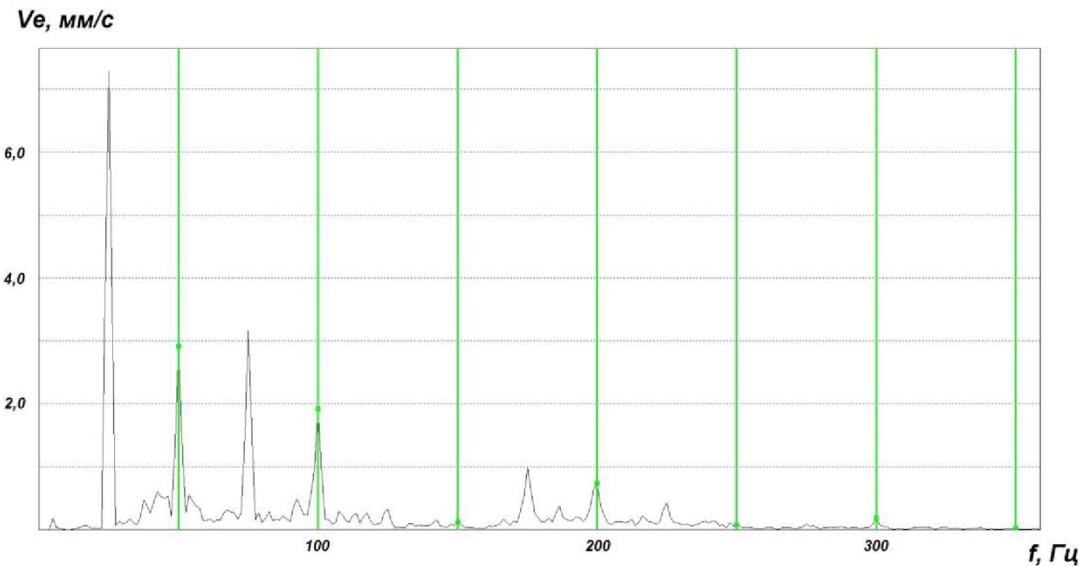


Рис 1. Замыкание обмоток генератора подъема на экскаваторе ЭКГ-5А.

ности установки элементов конструкции; дефекты подшипниковых узлов (перекосы, ослабления посадок, увеличение зазоров, износы беговых дорожек, тел качения и сепараторов, нарушение режима смазки); дефекты элементов соединительных муфт; износ и выкрашивание зубчатых зацеплений, перекосы валов в редукторах; различные дефекты двигателей электромагнитного происхождения; нарушение жесткости опорной системы, структурный резонанс, дефекты ДВС.

Одновременная реализация на практике сразу нескольких методов вибранализа позволяет провести четкую ассоциацию между характером полигармонической активности и наличием дефектов энерго-механического оборудования, в том числе, находящихся на стадии зарождения [8, 9]. Даже в случаях полного перекрытия частотных признаков наличия дефектов различной природы, комплексный подход к диагностике параметров механических колебаний позволяет сформировать корректное заключение о техническом состоянии объекта диагностирования на основании результатов анализа кепстера, огибающей или временной реализации. Так, пример на рисунке 1 иллюстрирует результаты комплексного подхода к анализу вибрации, что позволило диагностировать наличие замыкания обмоток статора генератора подъема экскаватора ЭКГ-5А.

В данном случае подтвердить гипотезу о наличии на генераторе дефекта электрической природы позволило использование характеристики выбега агрегата - составляющие частоты «электрического» ряда исчезли после выключения питания сети. Таким образом, из двух дефектов, обладающих идентичными частотными признаками, удалось исключить расцентровку валопровода агрегата и сформулировать корректные рекомендации по проведению ремонта энергомеханического оборудования экскаватора.

Практика вибранализа показала, что хороших результатов удается достичь при реализации подходов комплексного анализа для диагностики подшипников качения, получивших повсеместное распространение в горной технике. Одним из самых простых признаков наличия проблем у подшипников является превышение допустимого значения общего уровня виброускорения сигнала, а также пиковых значений амплитуд отдельных составляющих вибросигнала по параметру виброускорения в расширенном до 5000 Гц частотном диапазоне (см. рисунок 2).

Данный признак, как и результаты применения эксцесса, не может конкретизировать информацию о наличии повреждений подшипника, однако является достаточным основанием для выбраковки сигнала при проведении быстрой (автоматизированной) проверки и выполнения полноценного анализа (см. рисунок 3).

В данном случае, проведенный спектральный анализ подтвердил предположение о наличии повреждения подшипника качения, сделанное на основании оценки общего уровня сигнала, и позволил выявить множественные дефекты диагностируемого узла (на рисунке 3 условными обозначениями приняты  $F_w$  – частота вращения тел качения,  $F_q$  – сепараторная частота,  $F_r$  – частота вращения внутреннего кольца подшипника). Выявленные множественные повреждения являются результатом некачественного монтажа, т.к. диагностируемый подшипник прошел входной контроль качества и эксплуатировался только 1,5 месяца.

В результате перекоса валопровода, возникшего из-за нарушения технологии центровки, значительно повысился уровень механических колебаний, что привело к переходу подшипника в недопустимое техническое состояние. Полученные на основе комплексного

диагностирования выводы были подтверждены результатами демонтажа и визуального контроля неисправного узла.

Кроме того, в ряде случаев, особенно тогда, когда результаты диагностирования подшипников качения требуются немедленно, целесообразно применение эксцесса. Данный метод крайне нетребователен к использованию априорной информации, достаточно располагать данными о частоте вращения вала, на котором наложен подшипник, и типе предполагаемой неисправности (дефект монтажа, эксплуатационный износ или зарождающееся повреждение), при этом достоверность формируемого заключения о техническом состоянии объекта превышает 90%.

Результаты выполненных ранее исследований [1,

3] убедительно свидетельствуют о том, что наиболее опасным сочетанием дефектов энерго-механического оборудования горных машин является группа высокозаводческих низкочастотных процессов, среди которых: неуравновешенность вращающихся деталей, нарушение соосности валов и нарушение жесткости системы. В условиях реальной эксплуатации горных машин на угольных разрезах можно встретить уровни вибрации превышающие 50-60 мм/с, при максимальном пороге для всего горно-шахтного оборудования не более 11,2 мм/с. Такие мощные и энергомощные процессы могут быть вызваны только недопустимым дисбалансом вращающихся масс, к которому зачастую добавляется нарушение соосности валов агрегата и общее нарушение жесткости системы (см. рисунок 4). Подобные величины общего

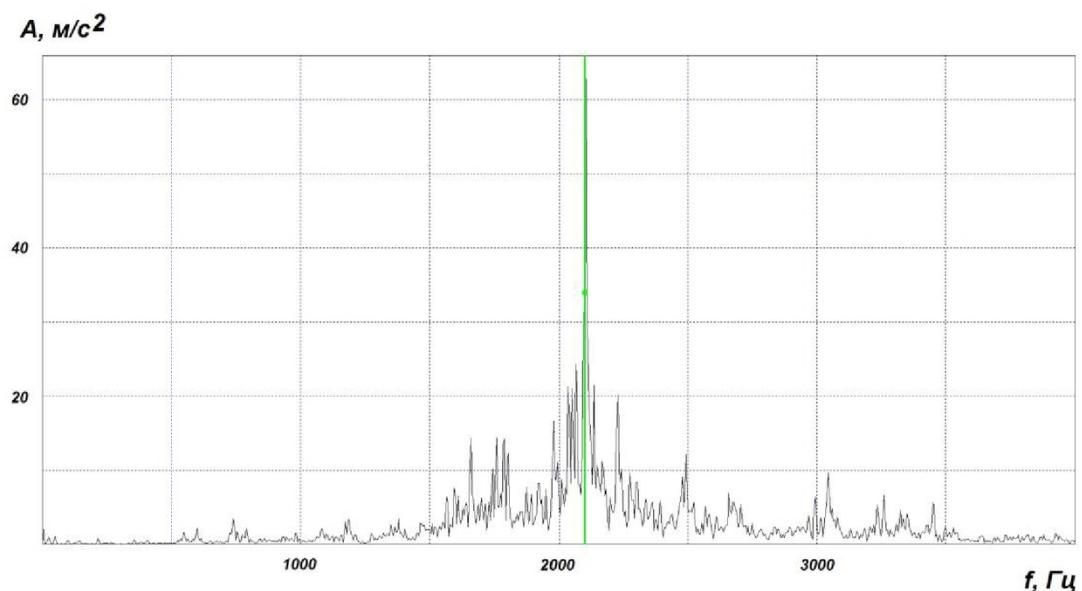


Рис 2. Превышение уровня отдельных гармоник спектра по параметру виброускорения.

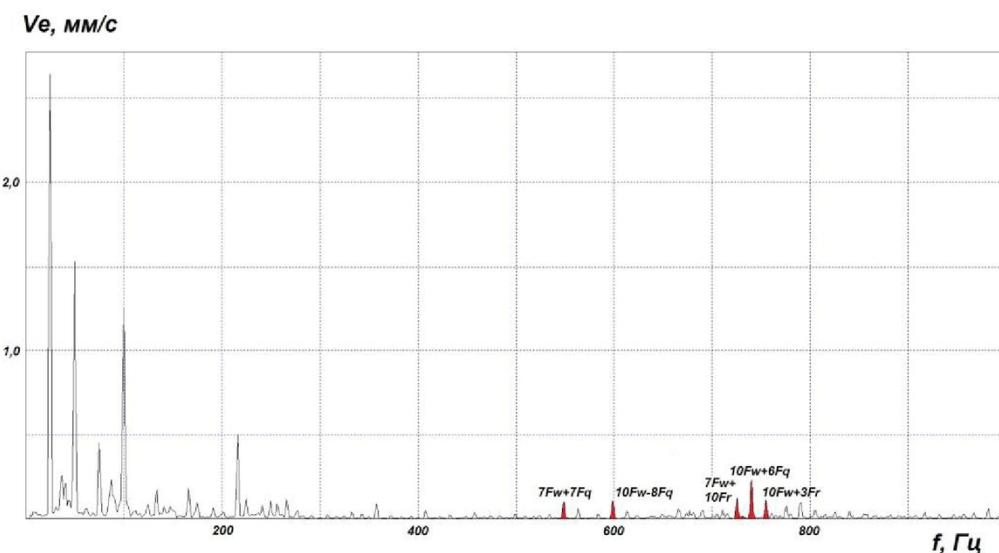


Рис. 3. Трецина сепаратора и гранность на телах качения подшипника генератора собственных нужд малой генераторной группы.

уровня вибрации опасны тем, что возможно разрушение валопровода и отрыв элементов конструкции от опор, что представляет реальную угрозу жизни и здоровью членам бригады или обслуживающего персонала, поэтому до устранения причин повышенной вибрации эксплуатация оборудования должна быть запрещена. Развитый дисбаланс является одной из причин преждевременного выхода из строя подшипников качения и элементов соединительных муфт, может спровоцировать отрыв вращающихся деталей [10, 11]. Среди большого количества диагностических признаков, позволяющих идентифицировать данный дефект, обычно реализуется самая простая оценка при помощи анализа гармонической активности по ряду оборотной частоты. В большинстве случаев такой подход себя оправдывает, однако, в тех случаях, когда особенности конструкции агрегата предусматривают совпадение гармоники оборотной частоты и гармоник ее ряда с рядом нарушения жесткости системы, необходимо использовать другие диагностические признаки. Только лишь в частотном анализе неуравновешенности вращающихся деталей соответствует около пяти базовых диагностических признаков, кроме того, большое количество признаков и правил выявления данного дефекта сосредоточено в области анализа с применением других методологий – временной реализации, анализа траектории движения ротора и ряда других. Так, например, деформация и ослабление посадки деталей ротора под действием высоких температур и дальнейшей переориентации вращающихся масс за счет центробежных сил вызывает, помимо частотных признаков, изменение фазы оборотной составляющей вибрации на угол равный  $\varphi=180^\circ$  [2].

В условиях действующей системы планово-предупредительных ремонтов и фактически ава-

рийного обслуживания техники в условиях эксплуатирующих предприятий угольной промышленности Кузбасса неуравновешенность вращающихся деталей машин является той проблемой, которую часто не решают до момента аварии. Такой подход к системе ремонтов не только значительно увеличивает непроизводительные простои дорогостоящего технологического оборудования, но и приводит к росту несчастных случаев на производстве, связанных с недопустимым состоянием эксплуатируемой техники.

Результаты комплексного подхода к анализу диагностических данных позволили заключить, что конкретный набор диагностических методологий, позволяющий получить объективную информацию об объекте измерений при минимальных затратах времени, напрямую зависит от объекта контроля и режимов его работы. Это объясняется, с одной стороны, спецификой конструкции объекта, труднодоступностью измерительных точек, цикличностью работы и наличием тихоходных элементов. С другой стороны, каждый из методов вибродиагностики имеет определенные ограничения на область своего применения [12, 13]. Обобщая полученные научные результаты, можно утверждать, что наилучших результатов при диагностировании объектов угольной и горнорудной промышленности удается достичь, используя на практике сочетание таких диагностических методологий, как спектральный анализ, эксцесс, анализ огибающей и траектории движения ротора, вейвлет-преобразование сигнала и кепстральный анализ.

Часто объектом, для диагностирования которого эффективным может оказаться использование дополнительных методов вибранализа, становится редуктора, что объясняется тем фактором, что даже исправно работающая зубчатая переда-

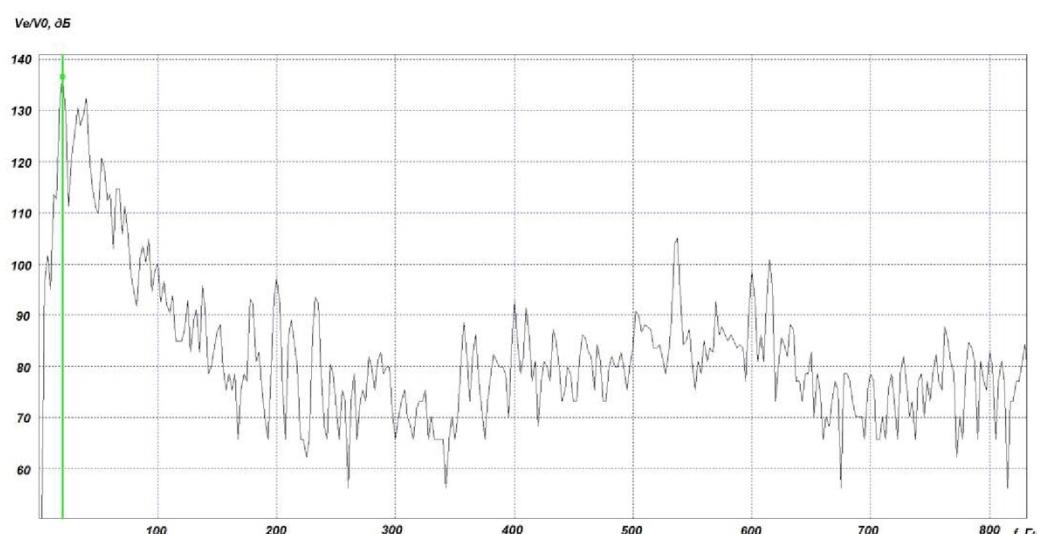


Рис. 4. Недопустимый уровень неуравновешенности ротора электродвигателя лебедки подъема экскаватора ЭШ 10/70.

ча, находящаяся в хорошем техническом состоянии, может обладать заметной вибрационной активностью. В этом случае, необходимым условием выполнения эффективной оценки технического состояния диагностируемого оборудования по параметрам механических колебаний является рассмотрение общей совокупности диагностических признаков для каждого из основных дефектов, соответствующих рассматриваемому типу механизмов.

Так, среди оборудования горных машин широкое распространение получили два основных типа редукторов – переборный и планетарный, каждому из которых соответствуют свои наборы базовых диагностических признаков (см. пример на рисунке 5). Только в частотной области повреждениям зубчатых передач соответствует около тридцати базовых диагностических признаков, помимо этого ряд оценочных критериев позволя-

наличие в спектрах зашумленности, искажений различной природы, взаимного перекрытия значащих гармонических рядов, генерируемых источниками различной природы (например, в случае частичного совпадения диагностических признаков неуравновешенности вращающихся деталей, расцентровки валов агрегата, дефектов электрической природы, нарушения жесткости системы и т.п.) значительно затрудняет проводимый анализ и делает невозможным получение объективного заключения о фактическом техническом состоянии объекта диагностирования без одновременного использования различных методов виброанализа. Привести число этих методов к оптимальному минимуму, оптимизировать трудовые и временные резервы службы технического контроля является одной из задач, стоящей перед разработчиками методик выполнения оценки состояния горно-шахтного оборудования с применением методов и

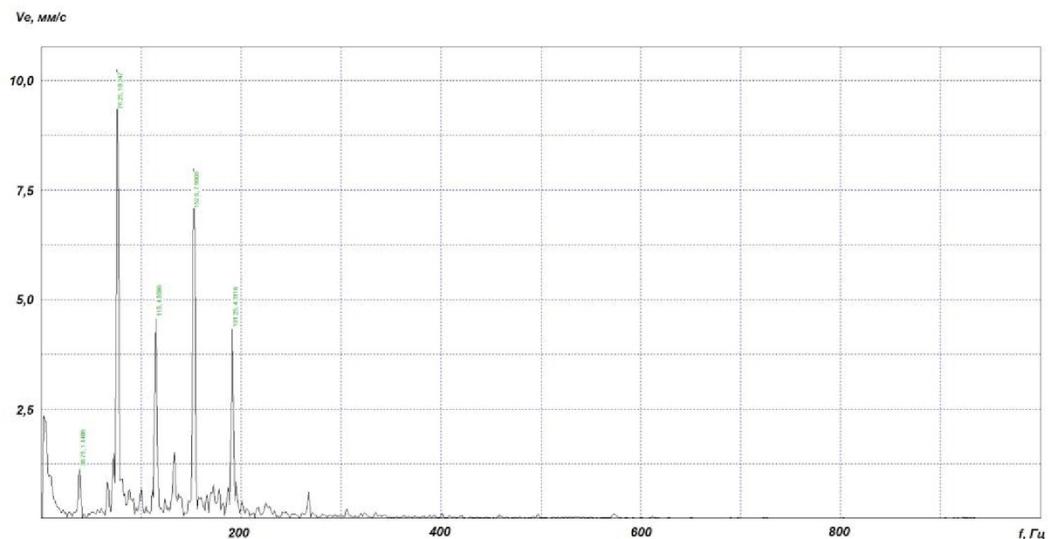


Рис. 5. Износ зубчатых зацеплений промвала редуктора лебедки подъема экскаватора ЭШ 20/90, нарушение соосности валов редуктора.

ют реализовать на практике результаты кепстрального анализа и вейвлет-преобразования параметров исходного сигнала, что позволяет получить четкую ассоциацию между параметрами измеряемых характеристик и подавляющим большинством дефектов редукторов горных машин [12].

Спектр на рис.5 иллюстрирует наличие развитого износа зубчатых зацеплений промвала редуктора лебедки подъема экскаватора ЭШ 20/90, причина возникновения данного дефекта заключается в нарушении соосности валов редуктора. В представленном спектре присутствуют информативные компоненты частотных рядов  $nf_m \pm kf_{rl(2)}$  а также  $nf_z \pm mf_{rl,2}$ , однако подтвердить правильность поставленного диагноза позволили результаты именно вейвлет-преобразования параметров исходных диагностических характеристик. Зачастую

средств неразрушающего контроля. Результаты проведенных в рамках настоящей работы исследований позволили сформулировать такой минимальный набор диагностических методологий и обосновать его эффективность при проведении анализа параметров вибрации диагностических волн, генерируемых при работе энерго-механического оборудования горных машин. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы для совершенствования методологии нормирования параметров механических колебаний и разработки адаптивных прогностических моделей деградации технического состояния сложных механических систем [14], создание которых было бы невозможным без наличия устойчивой теоретической базы, учитывающей характер изменения спектрального состава исследуемых характеристик. Использование в рамках создаваемой методики математиче-

ских моделей прогнозирования изменения технического состояния объекта диагностирования и оценки его остаточного ресурса открывает новые возможности для совершенствования критериев нормирования параметров механических колебаний, генерируемых при работе сложных механических систем [15].

Таким образом, полученные результаты позволили доказать принципиальную состоятельность разрабатываемой методологии оценки состояния оборудования горных машин, основанной на принципах реализации комплексного диагно-

стического подхода и использования элементов системы обслуживания техники по её фактическому состоянию. Кроме того, проведенные исследования убедительно показали, что именно результаты комплексного подхода применительно к диагностике энерго-механического оборудования горной техники по результатам анализа параметров механических колебаний позволяют свести к минимуму вероятность возникновения несчастных случаев на производстве, связанных с недопустимым состоянием эксплуатируемой техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указания по управлению горным в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты пластов мощностью до 3,5м и с углом падения до 35°.Ленинград : ВНИМИ, 1984. – 59 с.
2. Климов, В.В. Исследование влияния опорного давления очистного забоя 18-8 на конвейерный штрек 18-6 и его крепление на пласте «Толмачёвский» в границах шахтного поля шахты «Полысаевская» / В. В. Климов, А. В. Ремезов, Р. Р. Зайнулин // Уголь. – № 4. – 2015. – С. 38-41.
3. Климов, В.В. Оценка и районирование шахтных полей месторождений Кузбасса по фактору геотектонического воздействия / В. В. Климов, А. В. Ремезов, А. И. Жаров // Сб.статьй участников VII Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании» 28-29 марта 2014.; в 4 ч. / Филиал КузГТУ в г.Белово.- Белово: изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, Россия ; изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия», Велико Тырново, Болгария, 2014. - Ч. 1. - С. 248-250.
4. Климов, В.В. Исследование влияния опорного давления, формируемого очистным забоем на состояние прилегающих горных выработок в условиях отработки угольных пластов средней мощности на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» как в нисходящем, так и в восходящем порядке на примере отработки запасов угля в границах шахтного поля шахты «Полысаевская» / В. В. Климов, А. В. Ремезов // Вестник РАЕН ЗСО - выпуск 15.2013. – С. 30-38.
5. Горное давление. Его проявления при ведении горных работ в массиве горных пород / А. В. Ремезов, И. К. Костинец, В. Г. Харитонов, Н. В. Рябков, А. И. Жаров, В. В. Климов, И. Л. Харитонов, С. В. Новоселов / Кемерово. - 2013. – 681 с.
6. Авершин, С. Г. Сдвижение горных пород при подземных разработках / Углехиздат, 1947.
7. Геомеханика / П. В. Егоров, Г. Г. Штумпф, А. А. Ренев [и др.] // Гос. учреждение Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово. 2002. – 339 с.
8. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов. – М. : Недра, 1980. – 360 с.
9. Установление параметров комбинированной системы разработки при моделировании двухкомбайновой выемки угля на персональной ЭВМ / А.С. Старикив и др. // Нетрадиционные способы добычи и использования угля: Науч. сообщения / ИГД им. академика А.А. Скочинского. – М., 1990. – С. 105-109.
10. Бесцеликовая технология выемки мощного (до 5м) пологого угольного пласта / К.П. Аладышев и др. // Информ. листок ИГД им. академика А. А. Скочинского. – М., 1990.- С. 2
11. Бесцеликовая технология выемки пологих угольных пластов с устойчивой кровлей / К.П. Аладышев, Р.П. Петренко и др. // Информ. листок ИГД им. академика А.А. Скочинского. – М., 1990. – С. 2.
12. Рациональные способы и средства охраны выемочных выработок в очистных забоях / М.И. Середенко, и др. // Технологические процессы и механизация отработки угольных пластов Кузбасса: Сб. науч. тр. / КузНИУИ. – Прокопьевск, 1990. – С. 157-164.
13. Аспекты сокращения удельного объема проведения горных выработок на 1000 т добычи в условиях шахт ассоциации «Ленинскуголь» / Г.И. Старostenко и др. // Уголь – 1992. – № 9. – С.9-10.
14. Oskar Jacobi. Praxis der Gebirgsbeherrschung – Vertag Gluckauf GmbH, Essen, 1981. – 568 s.
15. Knissel W., Linzig H. J. Verlegung der Abbaustrecken drukentlastete Zonen. Steinkohlenbergwerk der Zukunft. – Essen, Bergbau–Forschung, 1977.
16. Leonhardt J. Vorlaufige Richtlinien zur Anwendung des Prallhammers. – Mitt. Aus dem Markscheidewesen, 1965, Bd. 72, S. 127 – 139.
17. Meß – und Rechenverfahren zur Gebirgsdruckbeherrschung. - Betriebsempfehlungen fur den Steinkohlenbergbau Nr. 20.5. Essen, Gluckauf, 1981.

## REFERENCES

1. Instructions on management mountain in clearing faces under (over) tselika and regional parts when developing suite of layers power to 3,5m and with a hade to 35 °. Leningrad: LISTEN, 1984. - 59 pages.
2. Klimov, V. V. Research of influence of basic pressure of a clearing face 18-8 on a conveyor shtrek 18-6 and its fastening on Tolmachyovsky layer in borders of a mine field of Polysayevskaya mine / V. V. Klimov, A. V. Remezov, R. R. Zaynulin//Coal. - No. 4. - 2015. - Page 38-41.
3. Klimov, V. V. Otsenka and division into districts of mine fields of fields of Kuzbass on a factor of geotectonic influence / V. V. Klimov, A. V. Remezov, A. I. Zharov//Sb.statya of participants of the VII International scientific and practical conference "Innovations in Technologies and Education" on March 28-29, 2014.; in 4 h. / Branch of KUZGTU in Belovo. - Belovo: publishing house of branch of KUZGTU in Belovo, Russia; the publishing house un-that "St. Kirill and St. Mefodiy", Is great Tyrnovo, Bulgaria, 2014. - P.1. - Page 248-250.
4. Klimov, V. V. Research of influence of the basic pressure formed by a clearing face on a condition of adjacent excavations in the conditions of working off of coal layers of average power on mines of JSC SUEK Kuzbass both in descending, and in the ascending order on the example of working off of reserves of coal in borders of a mine field of Polysayevskaya mine / V. V. Klimov, A. V. Remezov//the Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences of ZSO - release 15.2013. - Page 30-38.
5. Mountain pressure. Its manifestations when conducting mining operations in the massif of rocks / A. V. Remezov, I. K. Kostinets, V. G. Kharitonov, N. V. Ryabkov, A. I. Zharov, V. V. Klimov, I. L. Kharitonov, S. V. Novoselov / Kemerovo. - 2013. - 681 pages.
6. Avershin, S. G. Displacement of rocks by underground minings / Ugletekhizdat, 1947.
7. Geomekhanika / P. V. Egorov, G. G. Shtumpf, A. A. Renev [etc.]//State. Kuzbass institution. the state. tekhn. un-t. - Kemerovo. 2002. - 339 pages.
8. Borisov A. A. Mekhanika of rocks and massifs. - M.: Subsoil, 1980. - 360 pages.
9. Establishment of parameters of the combined system of development when modeling dvukhkombaynovy dredging of coal on the personal COMPUTER/Ampere-second. Old men, etc.//Nonconventional ways of production and use of coal: Nauch. message / IGD of the academician A.A. Skochinsky. - M, 1990. - Page 105-109.
- 10.Bestselikovy technology of dredging powerful (to 5m) flat coal layer / K.P. Aladyshev, etc.//Inform. IGD leaf of the academician A. A. Skochinsky. - M, 1990. - Page 2
- 11.Bestselikovy technology of dredging of flat coal layers with a steady roof / K.P. Aladyshev, R.P. Petrenko, etc.//Inform. IGD leaf of the academician A.A. Skochinsky. - M, 1990. - Page 2.
- 12.Rational ways and means of protection of extraction developments in clearing faces / M. I. Seredenko, etc.//Technological processes and mechanization of working off of coal layers of Kuzbass: Sb. nauch. tr. / KUZNIUI. - Prokopevsk, 1990. - Page 157-164.
- 13.Aspects of reduction of specific volume of carrying out excavations on 1000 t of production in the conditions of mines of Leninskugol association / G. I. Starostenko, etc.//Coal - 1992. - No. 9. - Page 9-10.
- 14.Oskar Jacobi. Praxis der Gebirgsbehandlung - Vertag Gluckauf GmbH, Essen, 1981. - 568 s.
- 15.Knissel W., Linzig H. J. Verlegung der Abbaustrecken drukentlastete Zonen. Steinkohlenbergwerk der Zukunft. - Essen, Bergbau-Forschung, 1977.
- 16.Leonhardt J. Vorlaufige Richtlinien zur Anwendung des Prallhammers. - Mitt. Aus dem Markscheidewesen, 1965, Bd. 72, S. 127 - 139.
- 17.Meß - und Rechenverfahren zur Gebirgsdruckbehandlung. - Betriebsempfehlungen fur den Steinkohlenbergbau Nr. 20.5. Essen, Gluckauf, 1981.

Поступило в редакцию 05.11.2017

Received 05.11.2017