

УДК 681.518.5

**Герике Павел Борисович**, канд. техн. наук, доцент

Институт угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН,  
650065, г. Кемерово пр. Ленинградский, 10

E-mail: am\_besten@mail.ru

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ГЕНЕРАТОРНЫХ ГРУПП ЭКСКАВАТОРОВ – ДРАГЛАЙНОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СОЗДАНИЮ АЛГОРИТМОВ КЛИППИРОВАНИЯ**

---

**Аннотация:** *Актуальность работы.* В данной статье приведены результаты исследований, позволившие осуществить классификацию типовых дефектов, присущих генераторным группам экскаваторов типа драглайн, применительно к решению задачи по созданию алгоритмов клиппирования исходных диагностических данных.

**Цель работы:** На основе классификации диагностических признаков развития дефектов энерго-механического оборудования разработать алгоритм клиппирования исходного виброакустического сигнала. На примере генераторных групп экскаваторов-драглайнов апробировать методологию создания алгоритмов, пригодных для разработки единых диагностических критериев оценки фактического состояния сложных механических систем.

**Методы исследования:** В рамках выполнения исследований реализован комплексный подход к анализу параметров механических колебаний, включающий спектральный анализ в расширенном частотном и динамическом диапазоне, эксцесс, анализ характеристики выбега. Показано, что данное сочетание методов виброанализа является оптимальным с точки зрения формализации диагностических критериев и осуществления клиппирования спектров.

**Результаты:** Полученные результаты доказывают эффективность предложенного подхода к созданию алгоритмов клиппирования, пригодных для разработки единых критериев оценки состояния и прогнозирования процессов деградации горного оборудования. Предложенные подходы к совершенствованию методологии нормирования вибрации горных машин позволят создать задел для осуществления перехода на систему обслуживания горной техники по её фактическому состоянию.

**Ключевые слова:** вибродиагностика, энерго-механическое оборудование, карьерные экскаваторы, дефекты электрических машин.

**Информация о статье:** принята 01 июня 2019 г.  
DOI: 10.26730/1816-4528-2019-2-22-29

Сегодня до 20% от общего числа экскаваторов-драглайнов, эксплуатируемых в Кузбассе, находится в недопустимом техническом состоянии, эксплуатация такой техники неминуемо сопряжена с риском возникновения аварий и значительными непроизводительными простоями. В рамках выполнения настоящей работы использовались диагностические данные, полученные в ходе выполнения экспертизы промышленной безопасности на предприятиях угольной промышленности за период с 2009 по 2018 годы, исследования проводились на выборке объемом двадцать пять экскаваторов типа ЭШ (модели ЭШ 6/45, 10/70, 11/70, 15/90, 20/90), период сбора информации составил от одного до трех раз в три года).

Для выполнения оценки технического состояния и выявления дефектов оборудования экскаваторов применялся комплексный анализ параметров

вибрации, что позволило получить максимум ценной диагностической информации. Некоторые результаты анализа параметров полигармонических волн, содержащие признаки наличия типовых повреждений оборудования драглайнов, приведены ниже на рисунках 1...6. Здесь на примере реальных спектров рассмотрены некоторые аспекты выявления и классификации дефектов генераторных групп с целью формализации базовых диагностических признаков и использования их при разработке алгоритмов клиппирования, пригодных для осуществления прогнозного математического моделирования процессов деградации технического состояния сложных механических систем.

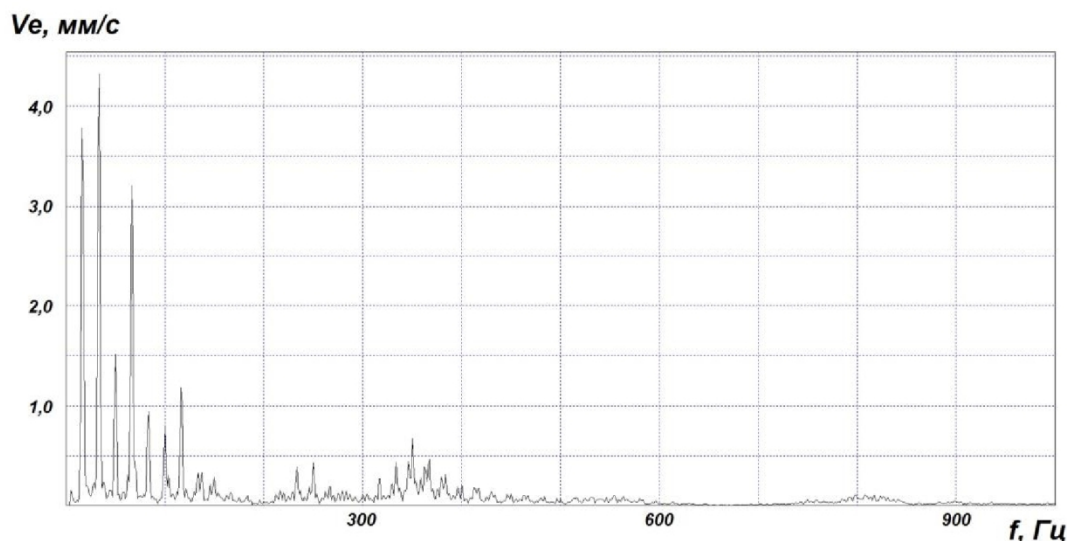


Рис. 1. Нарушение жесткости системы, нарушение режима смазки подшипника со стороны свободного конца генератора поворота экскаватора ЭШ 10/70

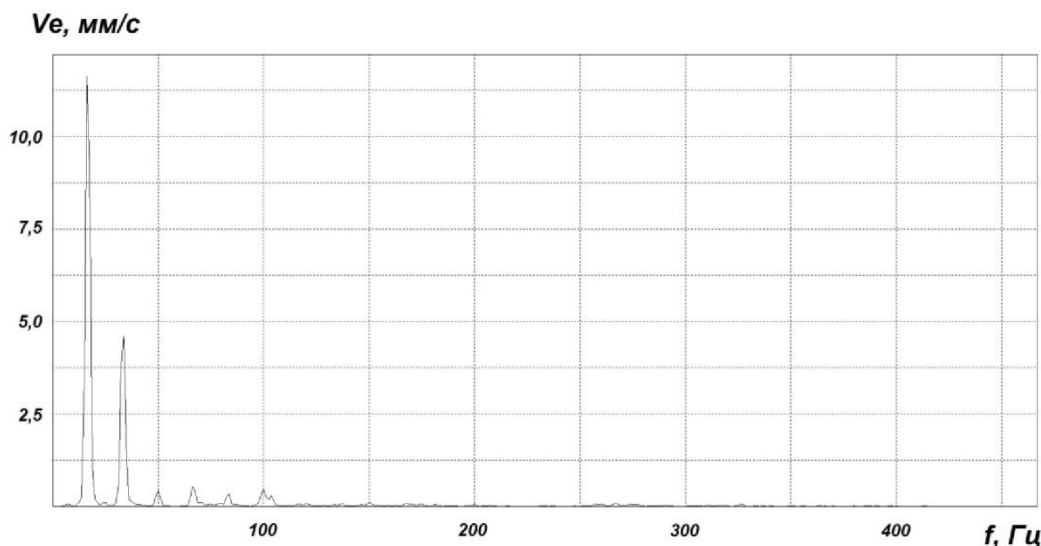


Рис. 2. Неуравновешенность ротора сетевого двигателя, некритичная расцентровка с генератором подъема в горизонтальной плоскости. Генераторная группа экскаватора ЭШ 10/70

Комплексный подход к анализу параметров механических колебаний, реализованный в рамках настоящего исследования, подразумевает использование набора базовых диагностических методологий, конкретное сочетание которых зависит только от типа объекта диагностирования и режимов его работы. Наибольшей эффективности при выявлении дефектов оборудования электрических экскаваторов удалось достичь с применением методов спектрального анализа, анализа огибающей и эксцесса, а также кепстрального анализа при диагностировании зубчатых передач в составе редукторов тяговых и подъемных лебедок [1, 2, 3]. Приведенные ниже результаты ограничиваются диагностическими признаками в области спектрального анализа и эксцесса, т.к. такое сочетание методов является оптимальным для диагностирования выбранного объекта, рабочие частоты которого являются постоянными. Применение эксцесса позволило быстро подтверждать результаты экспресс-диагностирования в случаях, когда требовалась экстренное принятие

мер, а также проводить оценку технического состояния в тех случаях, когда ремонтные службы эксплуатирующих предприятий при отсутствии штатной детали в нарушение технического регламента производили замену дефектных подшипников на любой подходящий по посадочному диаметру подшипник, что влечет за собой невозможность использования спектрального анализа для расчета подшипниковых частот и осуществления диагностики [4, 5].

Объектом данного исследования является энерго-механическое оборудование драглайнов, а именно – генераторные группы, изучение данной выборки позволило выявить особенности анализа параметров виброакустических волн, а также осуществить классификацию типовых дефектов по базовым наборам диагностических признаков, причинам их возникновения и степени опасности.

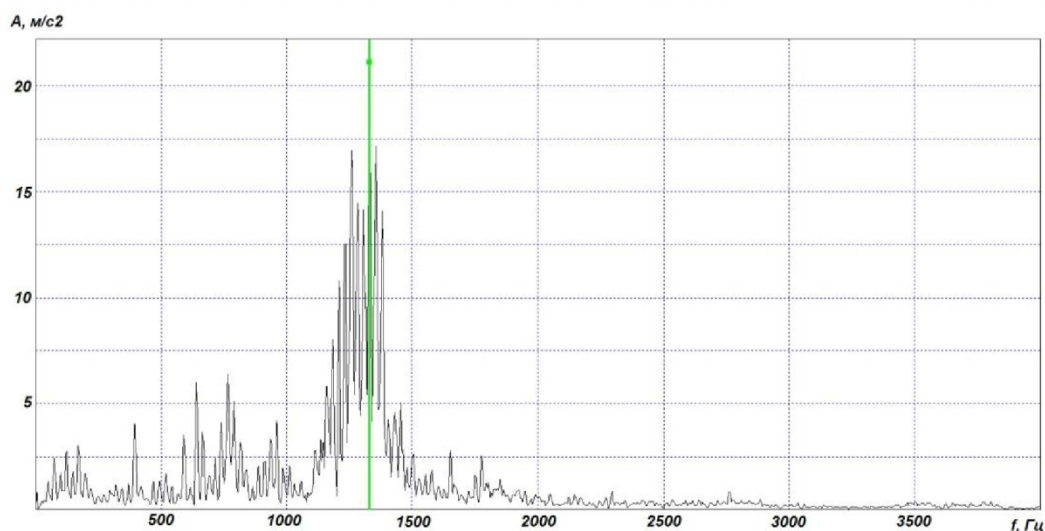


Рис. 3. Спектр по параметру виброускорения, иллюстрирующий наличие дефекта подшипника генератора тяги экскаватора ЭШ 15/90

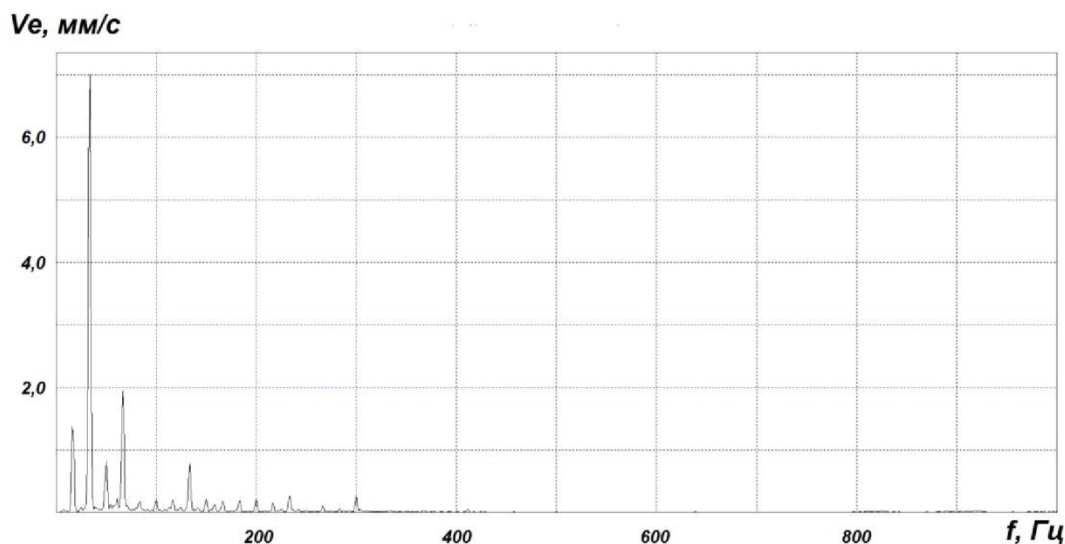


Рис. 4. Ярко выраженная расцентровка валопровода генераторной группы экскаватора ЭШ 6/45

Полученные результаты свидетельствуют, что широкое распространение среди дефектов генераторных групп получили следующие основные типы неисправностей и повреждений: нарушение жесткости системы (80% - см. пример на рисунке 1), неуравновешенность ротора двигателя или генератора (15% от общего объема выборки – см. пример на рисунке 2), дефекты подшипников, включая нарушение режима смазки (20% - пример на рисунке 3), расцентровка валопровода (20% - рисунок 4), дефекты элементов соединительных муфт и дефекты электрической природы – по 5 % (рисунки 5 и 6 соответственно).

Результаты спектрального анализа параметров полигармонических волн, содержащих признаки дефектов генераторных групп экскаваторов-драглайнов, позволяют дать эффективную оценку состоянию диагностируемого оборудования при анализе по параметрам виброскорости и виброускорения в расширенном до 10 кГц частотном диапазоне [6]. Результаты комплексного подхода к анализу вибрации

оборудования данного типа позволяют подтвердить правильность заключений в случаях взаимного перекрытия рабочих частот или откорректировать полученные результаты при проведении экспресс-анализа [2, 7].

Одним из этапов реализации концепции разработки единых диагностических критериев оценки основных типов дефектов оборудования горных машин является клиппирование спектров, удаление лишних гармоник, природа возникновения которых никак не связана с той группой дефектов, применительно к диагностированию которой создается единый критерий. Оптимальное количество алгоритмов клиппирования должно равняться максимально возможному количеству дефектов, присущих конкретному типу оборудования. Для генераторных групп драглайнов необходимо разработать пять таких процедур, по одной для нарушения жесткости, неуравновешенности, расцентровки, подшипников и муфт.

Неотъемлемой составляющей алгоритма клиппирования является уточнение оборотной частоты,



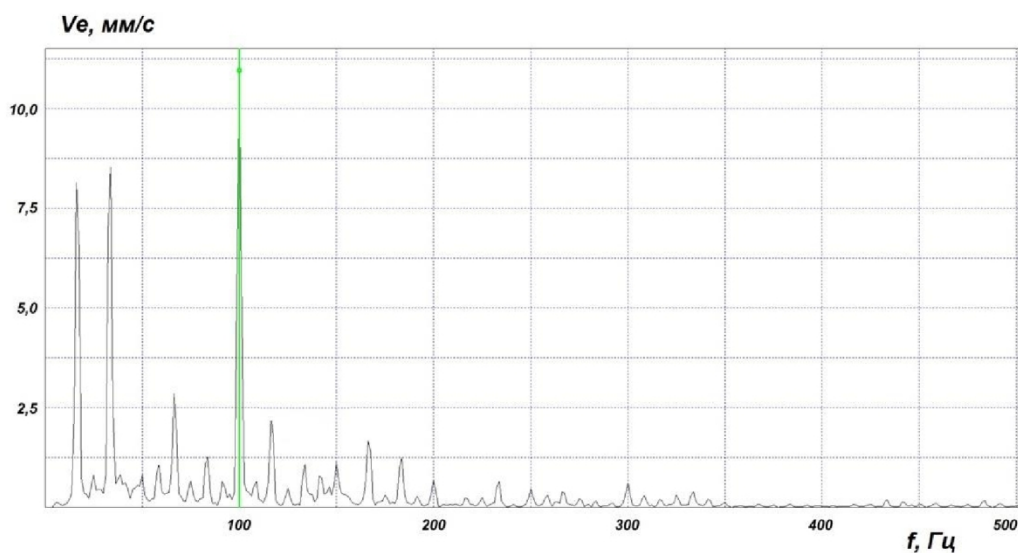


Рис. 5. Дефект электрической природы на генераторе тяги экскаватора ЭШ 11/70

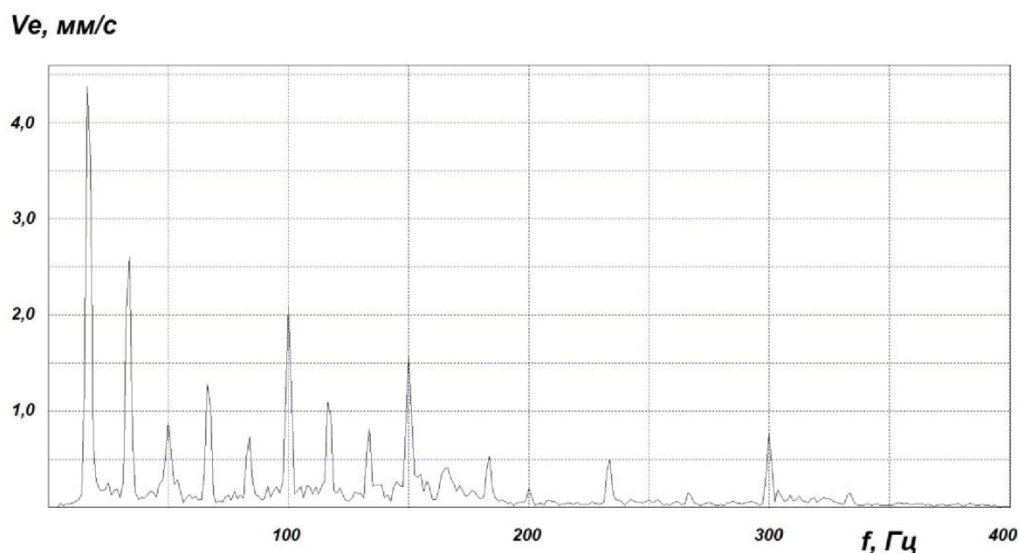


Рис. 6. Дефект муфты, нарушение жесткости опорной системы на генераторе подъема экскаватора ЭШ 10/70

без которого невозможно с заданной точностью осуществить поиск и классификацию информативных гармоник. Из всех существующих процедур уточнения оборотных частот в рамках выполнения настоящего исследования использовался алгоритм, предложенный в работе [3], т.к. он наилучшим образом подходит для детектирования частот в спектрах генераторных групп. Использование данной процедуры уточнения оборотных частот позволило приступить к клиппированию экспериментальных данных, полученных на оборудовании драглайнов, что послужит промежуточным этапом при решении задачи разработки группы единых диагностических критериев оценки фактического технического состояния электрических экскаваторов.

Наиболее изученным объектом вибродиагностики являются подшипники качения, для анализа генерируемых при их работе механических колебаний разработано большое число специализированных методов, критериев, диагностических признаков и правил. Большая часть диагностических признаков сосредоточена в области спектрального

анализа, что объясняется хорошей изученностью процессов изменения параметров полигармонических волн при зарождении и развитии дефектов подшипников [8, 9, 10]. В данном случае процедуру клиппирования упрощает постоянная частота работы подшипников и отсутствие ударных нагрузок, что на примере данного объекта позволило отказаться от использования результатов комплексного подхода к диагностике и значительно сэкономить время, затрачиваемое на запись и анализ исследуемых характеристик.

Самым распространенным дефектом генераторных групп экскаваторов-драглайнов является нарушение жесткости системы (см. пример на рисунке 1), которому соответствует около пятнадцати базовых диагностических признаков в области вибродиагностики, включая спектральный анализ, анализ временной реализации сигнала и анализ траектории движения ротора. Часть этих признаков трудно поддается формализации в формате, пригодном для осуществления клиппирования сигнала, поэтому их использование здесь не рассматривалось. Основную



сложность при диагностировании данного дефекта составляет тот факт, что значащие частоты гармонических рядов нарушения жесткости нередко могут совпадать с отдельными составляющими, субгармониками, обертонами и целыми рядами гармоник, появление которых в спектре вызвано причинами совершенно иной природы, никак не связанной с нарушением жесткости. Часто ряды жесткости могут совпадать с рядами расцентровки или признаками дефектов электрической природы, что объясняется конструктивными и кинематическими особенностями динамических агрегатов. Применительно к диагностике генераторных групп такие проблемы часто возникают на экскаваторах типа ЭКГ, в этих случаях целесообразно проведение визуально-измерительного контроля и анализа характеристики выбега роторных агрегатов, для того чтобы установить четкую ассоциативную связь между наличием предполагаемых дефектов и спектральным составом исследуемых характеристик, что позволит приступить к клиппированию исходных диагностических данных.

Нарушение жесткости системы часто связано с расцентровкой и дисбалансом, может являться как одной из причин возникновения данных дефектов, так и их следствием [1, 11, 12, 13]. Повышенные уровни вибрации, возникающие вследствие развития дисбаланса ротора или нарушения центровки валопровода генераторной группы, неминуемо влекут за собой ослабление крепежа агрегатов, иногда их смещение или отрыв от опор, развитие дефектов силовых рам – т.е. общее нарушение жесткости опорной системы. В то же время, ослабление крепежа при некачественно выполненных монтажных или ремонтных работах вполне может повлечь за собой нарушение центровки генераторной группы. Поэтому процедурам клиппирования спектра в области низких частот, содержащих признаки неуравновешенности ротора и нарушения соосности валопровода, должно предшествовать проведение визуально-измерительного контроля агрегатов, что позволит уменьшить вероятность ошибок при проведении анализа параметров механических колебаний.

Признаки расцентровки валопровода генераторных групп драглайнов присутствуют практически повсеместно, однако, как правило, они являются признаками наличия остаточной несоосности, которая укладывается в действующие нормы [6]. Серьезное нарушение центровки, которое может привести к выходу агрегата из строя, диагностировано примерно у 20% объектов из обследованной выборки. Опасность развитой расцентровки на генераторных группах драглайнов заключается в том, что значительно сокращается ресурс подшипниковых узлов (до 10 раз, по сравнению с номинальным), развивается нарушение жесткости системы, выходят из строя элементы соединительных муфт, повышается общий уровень вибрации, появляется вероятность заклинивания подшипников. Расцентровке соответствует более 10 базовых диагностических признаков контроля по параметрам вибрации, большинство из которых сосредоточено в области спектрального анализа [13, 14, 15].

Еще одной группой распространенных дефектов генераторных групп драглайнов являются дефекты электрической природы, которым соответствует более тридцати диагностических признаков в области анализа параметров вибрации, часть из них не может быть подвержена клиппированию т.к. содержится в информации, получаемой при анализе временной реализации, кроме того, клиппирование затрудняет совпадение гармоник, генерируемых дефектами различной природы [16]. Среди дефектов электрической природы наиболее распространены повреждение стержней, нарушение воздушного зазора между статором и ротором, замыкание обмоток. Для осуществления клиппирования спектров, содержащих признаки наличия этих дефектов, необходимо выделить информативные гармонические ряды, напрямую связанные с проявлением данных дефектов. В данном случае это будут гармонические ряды, генерируемые повреждениями электрической природы – например, сумма амплитуд гармоник ряда  $k \cdot f_{эл}$ , «обрастание» оборотной частоты модульными частотами боковых полос частоты прохождения поля  $k \cdot f_R \pm n \cdot f_P$ , наличие в спектре «пазовых» частот  $k \cdot f_{ПАЗ} \pm 2 \cdot f_C$  – все эти признаки соответствуют только лишь одному из дефектов - повреждению стержней. В общем виде базовому набору дефектов электрической природы (стержни, зазоры, обмотки) соответствует два основных гармонических ряда и значительное количество отдельных спектральных составляющих, представляющих собой модуляционные частоты, субгармоники и обертоны. Все эти признаки подверглись формализации для возможности их использования при разработке алгоритмов клиппирования.

Дефекты соединительных муфт проявляют себя на частоте муфты, равной произведению оборотной частоты на количество рабочих элементов муфты [1, 12]. Наиболее ярко этот тип дефекта проявляет себя в тех случаях, когда имеется прямая зависимость сил возбуждения от величины крутящего момента при наличии муфты жесткого или полужесткого типа (см. пример на рисунке 6). Описанный диагностический признак является основным и позволяет выявить такие дефекты, как ослабление посадки, эксплуатационный износ и разрушение элементов муфты, что является достаточным для диагностики состояния генераторных групп. В тех случаях, когда в конструкциях горных машин используются мягкие муфты, типа лепестковых, диагностирование повреждений элементов муфты достаточно затруднено стандартными методами, т.к. даже при очень сильных общих уровнях вибрации упругие мягкие элементы соединительной муфты подавляют большое количество информативных частот спектра, в этих случаях целесообразным может оказаться проведение анализа траектории ротора или визуально-измерительного контроля [2, 14].

Общее количество создаваемых алгоритмов клиппирования спектров, записанных на генераторных группах драглайнов, должно равняться максимальному числу дефектов, которые в принципе могут присутствовать на данном типе оборудования.

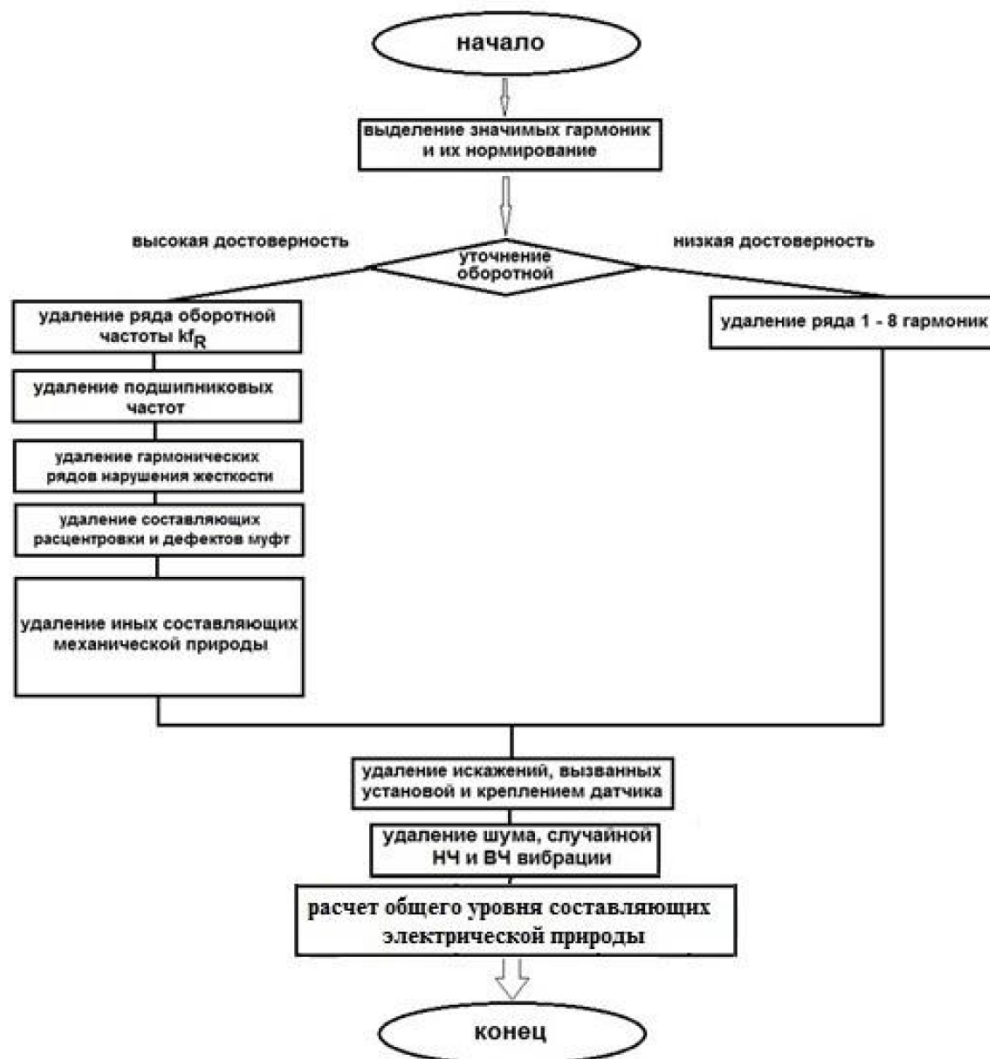


Рис. 7. Блок-схема разработки алгоритма клиппирования для диагностики дефектов электрической природы

Пример создания такого алгоритма приведен на рисунке 7. Данный алгоритм показал высокую степень достоверности при работе со спектрами виброскорости, в том числе в случаях, когда максимумы амплитуд гармоник в низкочастотном диапазоне не совпадали с частотой вращения, что доказывает эффективность предложенных методологических подходов.

Таким образом, можно заключить, что в рамках настоящей работы удалось осуществить классификацию дефектов генераторных групп экскаваторов – драглайнов применительно к решению задачи по разработке алгоритмов клиппирования исходной диагностической информации. Важность разработанной методологии клиппирования обусловлена тем, что без нее невозможно перейти к разработке алгоритмов скаляризации и созданию единых диагностических критериев, пригодных для выполнения оценки и прогнозирования процессов деградации технического состояния генераторных групп экскаваторов-драглайнов. Использование на практике результатов прогнозирования с применением единых диагностических критериев откроет

возможность внедрения на предприятиях ТЭК Кузбасса системы обслуживания горной техники по фактическому состоянию, что позволит вывести на качественно новый уровень безопасность открытых горных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах под редакцией чл.-корр. РАН В.В. Клюева, т. 7 – Москва, 2005. – 828 с.
2. Герики П.Б. Поиск универсального критерия для оценки степени деградации фактического состояния генераторных групп экскаваторов-драглайнов /П.Б. Герики// Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, № 1. – Кемерово. – 2018. – С. 88-95.
3. Сушко А. Е. Разработка специального математического и программного обеспечения для автоматизированной диагностики сложных систем. Дисс. ... канд. техн. наук. – М. – МИФИ. – 2007. – 170 с.

4. Bently D.E., Hatch C.T. "Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics", Bently Pressurized Press, 2002, P.726.

5. V. Pozhidaeva. Determining the roughness of contact surfaces of the rolling bearings by the method of shock pulses. World Tribology Congress III, September 12-16, 2005, Washington, D.C., USA

6. РД-15-14-2008. Методические рекомендации о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности карьерных одноковшовых экскаваторов

7. F. Balducchi, M. Arghir, S. Gaudillere. Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings. Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition GT2014. June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany.

8. Puchalski A. «A technique for the vibration signal analysis in vehicle diagnostics», Mechanical Systems and Signal Processing #56-57(2015). 173-180

9. Trebuna F., Šimcak F., Bocko J., Hunady R., Pastor M. «Complex approach to the vibrodiagnostic analysis of excessive vibration of the exhaust fan», Engineering Failure Analysis #37 (2014). 86-95

10. Герике П. Б. Некоторые результаты диагностирования оборудования буровых станков / П. Б. Герике.// Вестник научного центра по безопасности

работ в угольной промышленности, №4. – Кемерово, 2018 – С. 74-79.

11. Tse P., Peng Y., Yam R. Wavelet Analysis and Envelope Detection For Rolling Element Bearing Fault Diagnosis—Their Effectiveness and Flexibilities. Journal of Vibration and Acoustics. 2001. Vol. 123. Pp 303-310. DOI: 10.1115/1.1379745.

12. Лукьянов А.В. Классификатор вибродиагностических признаков дефектов роторных машин. / Иркутск: Издательство ИрГТУ, 1999. – 230 с.

13. Ширман А.Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / Ширман А.Р., Соловьев А.Б. / Москва, 1996. – 276 с.

14. Барков А.В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации. Учебное пособие. / Барков А.В., Баркова Н.А. / Издательство СПбГМТУ. Санкт Петербург, 2004. — 156 с.

15. Skeinik R., Petersen D. Automated fault detection via selective frequency band alarming in PC-based predictive maintenance systems. CSI, Knaxville, TN 37923, USA.

16. Диагностика энерго-механического оборудования карьерных экскаваторов по результатам анализа вибрации / Клишин В.И., Герике П.Б.// Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, т.5, №2. – Новосибирск. – 2018. С. 221-228

**Pavel B. Gericke, C. Sc. in Engineering, Associate Professor**

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

## **CLASSIFICATION OF DEFECTS OF GENERATOR GROUPS OF DRAGLINES APPLICABLE TO CREATING CLIPPING ALGORITHMS**

**Abstract:** *The urgency of the discussed issue.* This article presents the results of research that made it possible to classify typical defects inherent in the generator groups of draglines as applied to solving the problem of creating clipping algorithms for the initial diagnostic data.

**The main aim of the study:** Based on the classification of diagnostic signs of the development of defects in energy-mechanical equipment, develop an algorithm for clipping the original vibroacoustic signal. Using the example of dragline generator groups, test the methodology for creating algorithms suitable for developing common diagnostic criteria for assessing the actual state of complex mechanical systems.

**The methods used in the study:** As part of the research, an integrated approach to the results of the analysis of the parameters of mechanical vibrations was implemented, including spectral analysis in the extended frequency and dynamic range, excess, analysis of the coasting characteristics. It is shown that this combination of vibroanalysis methods is optimal from the point of view of formalizing diagnostic criteria and clipping the initial diagnostic information.

**The results:** The obtained results prove the effectiveness of the proposed approach to the creation of clipping algorithms suitable for the development of uniform criteria for assessing the state and predicting the processes of degradation of mining equipment. The proposed approaches to the improvement of the methodology for rationing the vibration of mining machines will make it possible to make a qualitative transition to the service system of mining equipment according to its actual condition.

**Keywords:** vibration analysis, energomechanical equipment, mining shovel, defects of electrical machines.

**Article info:** received June 01, 2019

DOI: 10.26730/1816-4528-2019-2-22-29



## REFERENCES

1. Nerazrushayushchiy kontrol': spravochnik. V 7-kh tomakh [Non-destructive testing: Handbook. In 7 Vol. V.7] / Pod. red. V.V. Klyueva. Moscow: Mashinostroenie Publishers, 2005. 828 p. (rus)
2. Gericke P.B. Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2018. #1. Pp. 88-95. (rus)
3. Sushko A. E. Razrabotka spetsial'nogo matematicheskogo i programmogo obespecheniya dlya avtomatizirovannoy diagnostiki slozhnykh system [Development special mathematical and software for automated diagnosis of complex systems]: PhD thesis excerpt. Moscow. 2007. (rus)
4. Bently D.E., Hatch C.T. "Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics", Bently Pressurized Press. 2002. 726 p. (eng)
5. V. Pozhidaeva. Determining the roughness of contact surfaces of the rolling bearings by the method of shock pulses. World Tribology Congress III, September 12-16, 2005, Washington, D.C., USA
6. RD-15-14-2008. Metodicheskie rekomendatsii o porjadke provedeniya jekspertizy promyshlennoj bezopasnosti kar'ernyh odnokovshovyh jekskavatorov (rus)
7. Balducchi F., Arghir M., Gaudillere S. Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings. Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition GT2014. June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany. URL: <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/> (eng)
8. Puchalski A. «A technique for the vibration signal analysis in vehicle diagnostics», Mechanical

Systems and Signal Processing #56-57(2015). Pp. 173-180 (eng)

9. Trebuna F., Šimcak F., Bocko J., Hunady R., Pastor M. «Complex approach to the vibrodiagnostic analysis of excessive vibration of the exhaust fan», Engineering Failure Analysis #37 (2014). Pp. 86-95 (eng)
10. Gericke P.B. Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2018. #4. Pp. 74-79. (rus)
11. Tse P., Peng Y., Yam R. Wavelet Analysis and Envelope Detection For Rolling Element Bearing Fault Diagnosis—Their Effectiveness and Flexibilities. Journal of Vibration and Acoustics. 2001. Vol. 123. Pp 303-310. DOI: 10.1115/1.1379745 (eng)
12. Luk'yanov A.V. Klassifikator vibrodiagnosticheskikh priznakov defektov rotornykh mashin [The classifier of vibrodiagnostic symptoms of defects rotary machines.]. Irkutsk, 1999. – 230 p. (rus)
13. Shirman A.R., Solov'ev A.B. Prakticheskaya vibrodiagnostika i monitoring sostoyaniya mekhanicheskogo oborudovaniya [The practical vibration analysis and monitoring of mechanical equipment] Moscow: Spectrum engineering Publishers, 1996. 276 p. (rus)
14. Barkov A.V., Barkova N.A. Vibratsionnaya diagnostika mashin i oborudovaniya. Analiz vibratsii [Vibration diagnostics of machines and equipment. Vibration analysis: Handbook]. St. Petersburg, 2004. 156 p. (rus)
15. Skeinik R., Petersen D. Automated fault detection via selective frequency band alarming in PC-based predictive maintenance systems. CSI, Knaxville, TN 37923, USA. (eng)
16. Klishin V.I., Gerike P.B. Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornyh nauk, Vol.5, #2. – Novosibirsk. – 2018. Pp. 221-228 (rus)

## Библиографическое описание статьи

Герике П.Б. Классификация дефектов генераторных групп экскаваторов – драглайнов применительно к созданию алгоритмов клиппирования // Горное оборудование и электромеханика — 2019. — № 2 (142). — С. 22-29.

## Reference to article

Gericke P.B. Classification of defects of generator groups of draglines applicable to creating clipping algorithms. Mining Equipment and Electromechanics, 2019, no. 2 (142), pp. 22-29.