

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 681.518.5

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-119-127

ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КАК ОБЪЕКТ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЕДИНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

Герике Павел Борисович¹, Герике Борис Людвигович^{1,2}¹ Институт угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

* для корреспонденции: am_besten@mail.ru



Информация о статье

Поступила:

19 декабря 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

22 июня 2025 г.

Принята к публикации:

30 июня 2025 г.

Опубликована:

28 августа 2025 г.

Ключевые слова:

вибродиагностика, вентиляционное оборудование, единый диагностический критерий, среднесрочное прогнозирование, управление техническим обслуживанием.

Аннотация.

Данная работа включает в себя некоторые результаты исследований параметров вибрационной нагруженности вентиляционного оборудования и аспирационных установок, полученные в результате анализа исходных данных с применением новых единых диагностических критериев. Использование принципов адаптивного математического моделирования новых диагностических критериев позволило приступить к среднесрочному прогнозированию изменения параметров фактического состояния эксплуатируемой техники, результаты которого имеют определяющую ценность именно в условиях плановой системы ремонтов.

Основной целью работы является выявление возможностей получения дополнительных преимуществ реализации единых диагностических критериев в рамках диагностики по параметрам вибрации оборудования аспирационных установок.

Научные результаты, полученные в рамках выполнения настоящего исследования, основаны на результатах комплексного подхода к диагностике вентиляционного оборудования и газоочистных установок по параметрам вибрации, включающего в себя результаты контроля с использованием спектрального анализа и других диагностических методологий.

Результаты анализа параметров вибрации доказали наличие принципиальной возможности применения единых критериев для диагностики и прогнозирования технического состояния различного вентиляционного оборудования. Полученные научные результаты в перспективе могут быть использованы для реализации в условиях промышленных предприятий Кузбасса базовых элементов системы обслуживания эксплуатируемого оборудования, основанных на принципах анализа и прогнозирования изменения параметров его фактического состояния.

Для цитирования: Герике П.Б., Герике Б.Л. Вентиляционное оборудование как объект неразрушающего контроля с применением единых диагностических критериев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 4 (170). С. 119-127. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-119-127, EDN: UDZBFN

Введение. Важнейшей приоритетной задачей развития угольной промышленности России является поддержание высокого уровня безопасной эксплуатации горных машин и оборудования. Одним из путей достижения поставленной задачи является реализация на

практике качественно новых по сравнению с действующей системой планово-предупредительных работ, систем управления ремонтами горной техники. Использование результатов вибродиагностики и прогнозирования технического состояния

сложных механических систем позволит более эффективно управлять потоками запасных частей и материалов за счет проведения ремонтов «точно в срок», повысить экономические показатели и поднять общий уровень безопасности при проведении горных работ.

Опыт проведения вибродиагностических обследований, выполненных на различном оборудовании объектов угольной и горнорудной промышленности Кузбасса, показал, что значительная часть технических устройств, включая дробильно-сортировочное оборудование, ленточные и скребковые конвейера, оборудование гидромеханизации, насосное оборудование, промышленные вентиляторы и аспирационные системы, имеет превышение допустимых параметров вибрации (По данным Ростехнадзора, около 65% вентиляционных установок на шахтах и рудниках России выработали свой ресурс [1]). Результаты вибродиагностики позволяют оценить состояние обследуемых механизмов практически мгновенно, т. к. именно виброанализ, зачастую используемый в рамках проведения экспертизы промышленной безопасности, остается единственным методом неразрушающего контроля, применение которого позволяет оперативно получать

информацию о фактическом состоянии динамически нагруженного оборудования [2, 3].

Методика исследования. Научные исследования, выполненные коллективом ученых КузГТУ и ФИЦ УУХ СО РАН в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований №20-48-420010, позволили собрать и проанализировать диагностическую информацию по параметрам вибрации сложных механических систем, эксплуатируемых в условиях угольной промышленности Кузбасса, сформулировать требования к применению различных диагностических методологий и, используя результаты комплексного диагностического подхода к анализу вибрации, а также разработанную методику скаляризации диагностических данных, создать новые единые критерии, предназначенные для анализа и прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов горных машин.

В основу исследования легли комплексные диагностические данные, полученные на основе выборки из тридцати вентиляционных установок, включая результаты замеров экцесса и огибающей спектра. Результаты проведенных исследований позволили выявить наиболее распространенные типы дефектов данного оборудования и оценить степень их опасности для дальнейшей эксплуатации с точки зрения



Рис. 1. Ярко выраженное нарушение жесткости опорной системы аспирационной установки

Fig. 1. Severe violation of the rigidity of the aspiration system

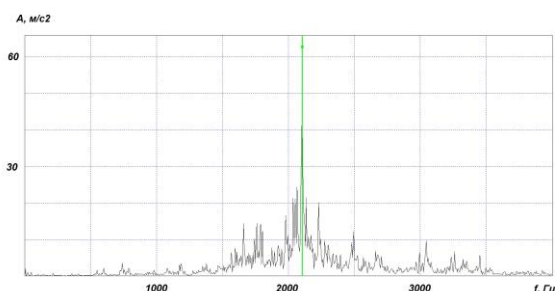


Рис. 2. Недопустимое состояние подшипника электродвигателя газоочистной установки ЛПОТ

Fig. 2. Unacceptable condition of the electric motor bearing of the LIOT gas cleaning unit

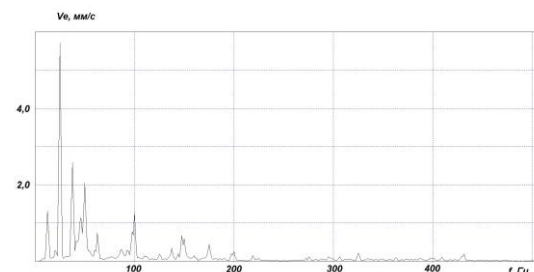


Рис. 3. Некритичная расцентровка привода центробежного вентилятора ВЦ 4-75 в горизонтальной плоскости

Fig. 3. Non-critical misalignment of the drive of the centrifugal fan VC 4-75 in the horizontal plane

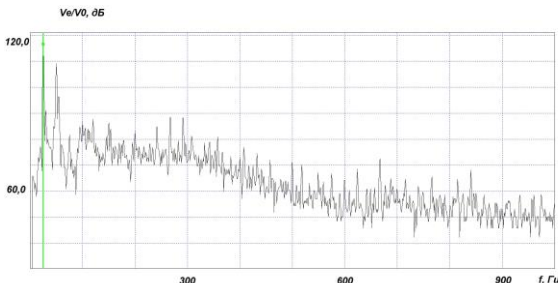


Рис. 4. Дисбаланс ротора электродвигателя аспирационной установки

Fig. 4. Imbalance of the rotor of the electric motor of the aspiration unit

развития повреждений, способных повлиять на безопасность работы и привести к аварийному выходу из строя обследуемого оборудования. В результате было установлено, что наибольшее распространение среди выявленных на обследованном оборудовании дефектов получили расцентровка привода и нарушение жесткости опорной системы. Чуть реже встречаются дефекты подшипников и неуравновешенность роторов приводных двигателей, на 10% обследованных устройств диагностирован износ рабочих колес.

Результаты исследования. Особенность конструкции и условий эксплуатации аспирационных систем делает очевидным факт, что применение только одного единственного метода вибродиагностики не позволит с достаточной степенью достоверности выполнить диагностику дефектов данного типа оборудования [4, 5]. Поэтому именно результаты комплексного подхода к диагностике параметров вибрации могут помочь достоверно оценить фактическое состояние обследуемых технических устройств и создать предпосылки для получения прогноза изменения их технического состояния.

Ниже, на Рис. 1...5 представлены основные диагностические признаки наличия тех или иных дефектов оборудования вентиляторов и аспирационных установок, включая расцентровку привода, нарушение жесткости опорной системы и т. д. Большинство базовых диагностических признаков выявления дефектов оборудования аспирационных установок сосредоточено в области спектрального анализа [6, 7]. Кроме того, эти данные были дополнены результатами анализа огибающей и эксцесса, использованных для диагностики подшипников приводных двигателей.

Комплексное использование результатов контроля позволило обобщить результаты исследований и осуществить расчет величин единых диагностических критериев (ЕДК) для выявления дефектов приводов диагностируемых аспирационных систем.

Так, в частности, для оценки фактического состояния приводных электродвигателей применялся ЕДК оценки дисбаланса, для расчета которого использовалась оценка величины общего вклада совокупности амплитуд первых пяти гармоник виброскорости для всех направлений измерений вибрации [8].

ЕДК для подшипников рассчитывался на основе данных о подшипниковых частотах, результатах оценки с использованием эксцесса и меры сходства спектров огибающей, а также на основе сравнительного анализа по общему уровню виброускорения.

Уровень расцентровки привода аспирационных установок оценивался с помощью соответствующего ЕДК,

рассчитываемого по результатам оценки интенсивности механических колебаний на оборотной и удвоенной оборотной частотах с применением соответствующих спектральных масок.

Для оценки уровня нарушения жесткости опорной системы реализованы, среди прочего, сравнительный анализ виброактивности на гармониках оборотной частоты, оценка уровня модуляционных частот, а также оценка меры сходства спектров огибающей.

Довольно часто при диагностике самого разного энерго-механического оборудования встречаются затруднения, не позволяющие точно интерпретировать результаты замеров вибрации [8, 9]. Это бывает связано с совпадением частот, отвечающих за наличие дефектов различной природы, или с тем, что используемый метод не позволяет определить конкретный дефект (например, использование эксцесса для экспресс-диагностики подшипников [10, 11]).

В этих случаях недостающие данные, содержащие ценную информацию о фактическом состоянии диагностируемого узла, можно получить с применением результатов комплексного подхода к диагностике по параметрам вибрации, включающего, например, данные спектрального анализа [12], анализа огибающей, данные эксцесса, результаты оценки с использованием пик-фактора или метода ударных импульсов [13, 14]. Результаты комплексного анализа также можно использовать для расчета ЕДК, предназначенных для контроля параметров вибрации динамического оборудования горных машин.

Комплексный расчет ЕДК, предназначенных для выявления нарушения соосности валов динамических агрегатов, поиска дисбаланса, нарушения жесткости опорной системы и дефектов подшипников, может заметно упростить задачу диагностики технического состояния оборудования аспирационных установок при условии совершенствования программного обеспечения, разработанного для анализа динамического оборудования с применением новых ЕДК. На данном этапе осуществление оценки и прогнозирования изменения технического состояния вентиляционного оборудования и аспирационных установок возможно только в режиме ручного расчета, т. к. вопросы модернизации существующего программного обеспечения для решения этих задач выходят за рамки возможностей настоящей работы.

Среди всех базовых дефектов оборудования вентиляторов и аспирационных установок особняком стоят дефекты ременных передач [4, 15]. Для диагностики этого типа неисправностей отсутствует ЕДК, т. к. новые критерии не предусматривали решение задач по диагностике

состояния приводов, использующих в своем составе ременные передачи. Однако этот дефект достаточно распространен, признаки наличия несоосности шкивов ременной передачи и износа приводных ремней достаточно часто встречаются на вентиляционном оборудовании, подпадающем под проведение экспертизы промышленной безопасности. В области спектрального анализа надежным базовым признаком расцентровки шкивов ременной передачи может служить наличие гармонического ряда оборотной частоты $f_{пр/в}$ (здесь индекс «пр» относится к приводному, а индекс «в» к ведомому шкиву) вплоть до ее шестой гармоники [16, 17]. Преобладание отдельных гармоник этого ряда будет зависеть от конкретной плоскости, где наиболее ярко проявляется нарушение соосности, степени развития дефекта и конструктивных особенностей ременной передачи.

Помимо расцентровки шкивов, ременным передачам свойствен еще ряд специфических дефектов, включая износ и биение приводных ремней. Надежным диагностическим признаком, позволяющим выявлять эти повреждения, может служить оценка гармонических составляющих ременной частоты, определяемых через частоту вращения и диаметр приводного шкива, и такие параметры ременной передачи, как количество и длина приводных ремней [4]. При развитии таких дефектов ременной передачи в низкочастотной области спектра обычно формируется гармонический ряд ременной частоты, состоящий из гармоник, субгармоник и обертонов с малым шагом дискретизации, что вполне способно повлиять на общее состояние обследуемого агрегата [13, 18].

Среди дефектов оборудования аспирационных систем нельзя не отметить эксплуатационные повреждения лопаток рабочих колес вентиляторов (трещины, сколы и т. п.) Частота распространения этого дефекта на обследованной группе оборудования невелика, признаки повреждения лопаток вентиляторов удалось выявить только на двух агрегатах, что составляет менее 10% от объема исследуемой выборки. Однако природа этого процесса такова, что развитие повреждений рабочих колес вентиляторов может повлечь за собой

значительное повышение уровня вибрации, прорастание трещин и аварийный выход из строя эксплуатируемого оборудования.

Обсуждение результатов.

Результаты исследования параметров вибрации различного вентиляционного оборудования настойчиво свидетельствуют об опасности, которую влечет за собой эксплуатация технических устройств с развитой неуравновешенностью рабочих колес вентиляторов [11] или роторов приводных двигателей (см. Рис. 4). С учетом дополнительной вибрационной нагрузки, создаваемой при развитии сопутствующих дефектов динамического оборудования вентиляционных установок, совокупность этих факторов, несомненно, способна создать дополнительные эксплуатационные риски и привести к возникновению аварийных ситуаций. При этом практика работы эксплуатирующих служб промышленных предприятий угольной промышленности показывает, что нередко случаи пренебрежительного отношения к работам, связанным с балансировкой роторного оборудования, обслуживающий персонал в таких случаях предпочитает порой не замечать наличия этой проблемы, таким образом, ситуация доводится до критической, фактически реализуется принцип «работы до поломки», после чего производится замена аварийного агрегата на резервный.

Такой подход был бы недопустим при условии существования на угольных предприятиях Кузбасса системы управления ремонтами эксплуатируемой техники на основе оценки ее фактического технического состояния. Основным фактором, препятствующим сегодня использованию наработок к области совершенствования систем управления техническим обслуживанием горной техники, является недостаточная проработка критериев предельного состояния механизмов и металлоконструкций эксплуатируемой техники, отсутствие специализированного программного обеспечения для прогнозирования и предупреждения возникновения аварийных ситуаций на основе контроля вибрации [19, 20].

Из-за особенностей действующей сейчас на угольных предприятиях системы плановых



Рис. 5. Несоосность ременной передачи и износ ремней
Fig. 5. Misalignment of the belt drive and belt wear

ремонт практически не представляют интереса вопросы актуальности проведения замены деталей, отслуживших свой срок, на новые, гораздо большую ценность представляет информация о том, сможет ли эксплуатируемое техническое устройство безаварийно проработать до выхода в ремонт. Такой специфике системы ППР наилучшим образом отвечает использование результатов среднесрочного прогнозирования технического состояния обследованной техники [21]. Адаптивность реализуемой модели заключается в возможности быстрого реагирования на резко меняющиеся входные данные, что является крайне важным при построении краткосрочного прогноза развития дефектов энерго-механического оборудования сложных технических устройств. Период прогнозирования при этом составляет в среднем до двух календарных месяцев при проведении среднесрочного прогнозирования [8, 11]. В качестве моделируемого параметра адаптивной модели может быть использован один или несколько ЕДК, применение которых способно увеличить точность прогноза при уменьшении времени, затрачиваемого на анализ исходных данных [4, 11]. При этом каждый из ЕДК направлен на поиск дефектов только лишь одной природы, что позволяет с помощью алгоритмов фильтрации полностью отказаться от анализа «лишних» данных, наличие которых заметно усложняет обработку исходной диагностической информации. Результаты ранее проведенных исследований показали, что использование ЕДК при моделировании технического состояния обследованной техники предоставляет адекватные прогнозные данные, подтверждаемые результатами проводимых ремонтов.

Выводы. Результаты обобщения диагностических данных и накопленного опыта в

области диагностики оборудования по параметрам механических колебаний позволили предложить в качестве основных ЕДК, представляющих значительную диагностическую ценность, два базовых критерия оценки технического состояния оборудования вентиляторов и газоочистных установок – ЕДК для нарушения жесткости и расцентровки привода. При минимальных затратах времени на сбор и обработку диагностической информации использование этих критериев позволит получить максимум информации о фактическом состоянии работающего оборудования и спрогнозировать вероятность безаварийной работы в среднесрочной перспективе (см. Рис. 6).

Результаты анализа диагностических данных, полученных на работающем оборудовании вентиляторов и аспирационных установок, свидетельствуют о недостаточности имеющихся замеров вибрации для выполнения комплексной оценки вибрации и осуществления среднесрочного прогнозирования с применением новых ЕДК. Таким образом, изучение параметров вибрации вентиляционного оборудования остается актуальной научной задачей, решение которой позволит усовершенствовать существующие единые диагностические критерии и оптимизировать методологию их нормирования.

Заключение. Комплексное применение результатов вибродиагностики и прогнозирования процессов изменения технического состояния эксплуатируемой техники в перспективе позволит реализовать в условиях угольной промышленности Кузбасса принципы обслуживания технических устройств на основе оценки их состояния. В результате появится возможность оптимизировать издержки на обслуживание и ремонт эксплуатируемого динамического оборудования,

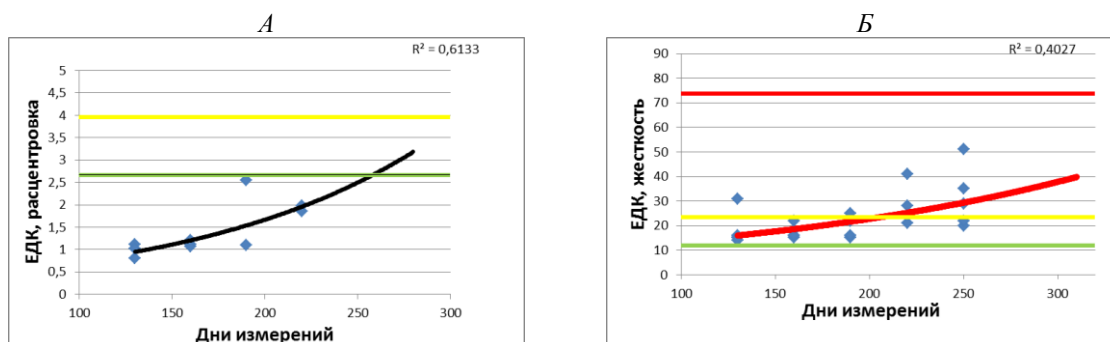


Рис. 6. Некоторые результаты среднесрочного прогнозирования технического состояния вентиляционного оборудования

А) прогноз для расцентровки привода газоочистной установки ЛИОТ

Б) прогноз для нарушения жесткости опорной системы вентилятора ВЦ 4-75

Fig. 6. Some results of medium-term forecasting of the technical condition of ventilation equipment

А) forecast for the misalignment of the drive of the gas cleaning unit LIOT

Б) forecast for violation of the rigidity of the support system of the fan VC 4-75

усовершенствовать принципы управления логистическими цепочками поставок запасных частей, снизить уровень аварийности и количество непроизводительных простоев дорогостоящей техники, а также повысить общий уровень инвестиционной привлекательности эксплуатирующих угольных предприятий. Помимо этого, полученные результаты в перспективе позволят повысить общий уровень безопасности при проведении горных работ, а также оптимизировать складское хозяйство предприятий ТЭК Кузбасса.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2024-0024 «Разработка эффективных технологий добычи угля роботизированными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, систем управления и методов оценки технического состояния и диагностики их ресурса и обоснование обеспечения воспроизводства минерально-сырьевой базы. 2024-2025 гг.» (рег. № 1022041500010-0-1.5.1;2.7.5).

The work was performed within the framework of the state assignment of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, : Project FWEZ-2024-0024 «Development of efficient technologies of coal mining by robotic mining complexes operating without permanent presence of personnel in mining zones, design of control systems and methods to assess their technical condition and operating life as well as justification of the mineral resource base reproduction. 2024-2025» (Reg. No. 1022041500010-0-1.5.1;2.7.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зиновьева О. М., Смирнова Н. А. К вопросу оценки надежности технических устройств на горных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2024. № 1. С. 157–168. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_1_0_157.
2. Барков А. В., Баркова Н. А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации. Учебное пособие. Санкт Петербург : Издательство СПбГМТУ, 2004. 156 с.
3. Wang T., Han Q., Chu F., Feng Z. Vibration based condition monitoring and fault diagnosis of wind turbine planetary gearbox : A review // Mechanical Systems and Signal Processing. 2019. V. 126. Pp. 662–685. DOI: 10.1016/j.ymssp.2019.02.051.
4. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах под редакцией чл.-корр. РАН Ключева В. В. Т. 7. Москва, 2005. 828 с.
5. Puchalski A., Komorska I. Stable distributions and fractal diagnostic models of vibration signals of rotating systems // Applied Condition Monitoring. 2018. Vol. 9. Pp 91–101. DOI: 10.1007/978-3-319-61927-9_9.
6. Hemati Ali, Shooshtari Alireza. Bearing failure analysis using vibration analysis and natural frequency excitation // Journal Of Failure Analysis And Prevention. 2023. № 23 (4). Pp. 1431–1437. DOI: 10.1007/s11668-023-01700-0.
7. Kumar R., Anand R. S. Statistical Analysis of Vibration Signal Frequency During Inner Race Fault of Rolling Ball Bearings // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2023. № 23. Pp. 2260–2274. DOI: 10.1007/s11668-023-01760-2.
8. Исследование процессов формирования и распространения виброакустических волн для создания единых диагностических критериев оценки технического состояния горных машин. НИР: грант № 20-48-420010. Российский фонд фундаментальных исследований. 2020.
9. Hogir Rafiq. Condition Monitoring and Nonlinear Frequency Analysis Based Fault Detection of Mechanical Vibration Systems. Springer Nature. 2023. DOI: 10.1007/978-3-658-42480-0.
10. 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. 2014 № 37. Pp. 86–95.
11. Герики П. Б., Клишин В. И., Герики Б. Л. Анализ параметров вибрации газоочистных установок, эксплуатируемых в угольной и горнорудной промышленности Кузбасса // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2020. № 6. Материалы международной научно-практической конференции «Уголь и майнинг 2020». Новокузнецк : СибГИУ, 2020. С. 138–144.
12. Xu Hong-yang, Zhao Xiang, Ma Hui, Luo Zhong, Han Qing-kai, Wen Bang-chun. Vibration analysis of a gear-rotor-bearing system with outer-ring spalling and misalignment // J. Cent. South Univ. 2024. № 31. DOI: 10.1007/s11771-024-5576-9.
13. Shardakov I., Shestakov A., Tsvetkov R., Yepin V. Crack diagnostics in a large-scale reinforced concrete structure based on the analysis of vibration processes. AIP Conference Proceedings. 2018. № 2053. 040090. DOI: 10.1063/1.5084528.
14. Ширман А. Р., Соловьев А. Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. М., 1996. 276 с.
15. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин. М. : Машиностроение, 1999. 344 с.
16. Ишин Н. Н., Гоман А. М., Скороходов А. С., Шпортько В. В., Пановко Г. Я., Шишко С. А., Карпович П. Г. Методика оценки модальных параметров планетарных редукторов мотор-колес карьерных самосвалов при их эксплуатационной вибродиагностике. Механика машин, механизмов и материалов. 2022. № 3 (60).

С. 24–34.

17. Сундуков А. Е., Шахматов Е. В. Субгармоники зубцовой частоты в вибродиагностике износа зубьев редуктора газотурбинного двигателя. Динамика и виброакустика. 2022. Т. 8. № 2. С. 6–11.

18. Герике П. Б., Герике Б. Л. К вопросу прогнозирования безаварийной работы генераторных групп карьерных экскаваторов // Вестник КузГТУ. 2024. № 5. С. 115–124. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-5-115-124.

19. Десятников В. Е., Пичков С. Н. Особенности диагностирования подшипников

качения методом огибающей. Контроль. Диагностика. 2023. Т. 26. № 9 (303). С. 58–64.

20. Насонов Д. А., Пузакина А. К. Влияние выбора точек контроля при вибродиагностике подшипниковых узлов электродвигателей. Машиностроение и инженерное образование. 2023. № 4 (73). С. 26–30.

21. Wzochal M. New method of metrological evaluation of industrial rolling bearing vibration measurement systems. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2023. № 124. Pp. 587–600. DOI: 10.1007/s00170-022-10359-0.

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Герике Павел Борисович – канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории угольного машиноведения Института угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН (ФИЦ УУХ СО РАН), г. Кемерово, am_besten@mail.ru,

Герике Борис Людвигович – докт. техн. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории угольного машиноведения Института угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН (ФИЦ УУХ СО РАН), профессор кафедры горных машин и комплексов Горного института Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово. gbl_42@mail.ru. 650065, г. Кемерово, пр-т Ленинградский, 10.

Заявленный вклад авторов:

Герике Павел Борисович – разработка методики исследования, проведение исследований, обработка результатов, обсуждение результатов и формулировка заключения;

Герике Борис Людвигович – постановка задачи исследования, обсуждение результатов и формулировка заключения.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

VENTILATION EQUIPMENT AS AN OBJECT OF NON-DESTRUCTIVE TESTING USING UNIFORM DIAGNOSTIC CRITERIA

Pavel B. Gerike¹, Boris L. Gerike^{1,2}

¹Institute of Coal of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: am_besten@mail.ru



Article info

Received:

19 December 2024

Accepted for publication:

22 June 2025

Abstract.

The relevance of the work. This work will include some results of studies of vibration load parameters of ventilation equipment and aspiration systems, obtained as a result of the analysis of initial data using new unified diagnostic criteria. The use of the principles of adaptive mathematical modeling of new diagnostic criteria made it possible to start medium-term forecasting of changes in the parameters of the actual state of the equipment in operation, the results of which are of decisive value precisely in the conditions of the planned repair system.

Purpose of the work: The main purpose of the work is to identify the

Accepted:
30 June 2025

Published:
28 August 2025

Keywords: vibration analysis, ventilation equipment, unified diagnostic criterion, medium term forecasting, maintenance management

possibilities of obtaining additional advantages of implementing unified diagnostic criteria within the framework of diagnostics on vibration parameters of aspiration equipment.

Research methods: The scientific results obtained in the framework of this study are based on the results of an integrated approach to the diagnosis of ventilation equipment and gas purification plants by vibration parameters, which includes the results of monitoring using spectral analysis and other diagnostic methodologies.

Results: The results of the analysis of vibration parameters proved the existence of a fundamental possibility of applying uniform criteria for the diagnosis and prediction of the technical condition of various ventilation equipment. In the future, the obtained scientific results can be used to implement the basic elements of the maintenance system for operated equipment in the conditions of Kuzbass industrial enterprises, based on the principles of analyzing and predicting changes in the parameters of its actual condition.

For citation: Gerike P.B., Gericke B.L Ventilation equipment as an object of non-destructive testing using uniform diagnostic criteria. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 4(170):119-127. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-119-127, EDN: UDZBFN

REFERENCES

1. Zinovieva O.M., Smimova N.A. On the issue of assessing the reliability of technical devices at mining enterprises. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2024; 1:157–168. (rus)
2. Barkov A.V., Barkova N.A. Vibration diagnostics of machines and equipment. *Vibration analysis: Handbook*. St. Petersburg, 2004. 156 p. (rus)
3. Wang, T., Han, Q., Chu, F., Feng, Z. Vibration based condition monitoring and fault diagnosis of wind turbine planetary gearbox : A review. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2019 126:662–685. DOI: 10.1016/j.ymssp.2019.02.051 (eng)
4. Non-destructive testing: Handbook. In 7 Vol. V.7 / Pod. red. Klyueva V.V. Moscow: Mash-inostroenie Publishers; 2005. 828 p. (rus)
5. Puchalski A., Komorska I. Stable distributions and fractal diagnostic models of vibration signals of rotating systems. *Applied Condition Monitoring*. 2018; 9:91–101. DOI: 10.1007/978-3-319-61927-9_9. (eng)
6. Hemati Ali, Shooshtari Alireza Bearing failure analysis using vibration analysis and natural frequency excitation. *Journal Of Failure Analysis And Prevention*. 2023; 23(4):1431–1437. DOI: 10.1007/s11668-023-01700-0. (eng)
7. Kumar R., Anand R.S. Statistical Analysis of Vibration Signal Frequency During Inner Race Fault of Rolling Ball Bearings. *Journal of Failure Analysis and Prevention* 2023; 23:2260–2274. DOI: 10.1007/s11668-023-01760-2. (eng)
8. Research of the processes of formation and propagation of vibroacoustic waves for the creation of uniform diagnostic criteria for assessing the technical condition of mining machines. Re-search work: grant No. 20-48-420010. Russian Foundation for Basic Research. 2020. (rus)
9. Hogir Rafiq. Condition Monitoring and Nonlinear Frequency Analysis Based Fault Detection of Mechanical Vibration Systems. Springer Nature. 2023. DOI: 10.1007/978-3-658-42480-0. (eng)
10. Trebuna F., Šimcak F., Bocko J., Hunady R., Pastor M. «Complex approach to the vibrodi-agnostic analysis of excessive vibration of the exhaust fan». *Engineering Failure Analysis*. 2014; 37:86–95. (eng)
11. Gerike B.L., Klishin V.I., Gerike P.B. Analysis of vibration parameters of gas cleaning plants operated in the coal and mining industry of Kuzbass. *Naukoemkie tehnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov* = High-tech technologies for the development and use of mineral resources. 2020; 6:138–144. (rus)
12. Xu Hong-yang, Zhao Xiang, Ma Hui, Luo Zhong, Han Qing-kai, Wen Bang-chun. Vibration analysis of a gear-rotor-bearing system with outer-ring spalling and misalignment. *J. Cent. South Univ*. 2024; 31 DOI: 10.1007/s11771-024-5576-9 (eng)
13. Shardakov I., Shestakov A., Tsvetkov R., Yepin V. Crack diagnostics in a large-scale reinforced concrete structure based on the analysis of vibration processes. *AIP Conference Proceedings*. 2018; 2053:040090. DOI: 10.1063/1.5084528. (eng)
14. Shirman A.R., Solov'ev A.B. The practical vibration analysis and monitoring of mechanical equipment. Moscow: Spectrum engineering Publishers; 1996. 276 p. (rus)
15. Gol'din A.S. Vibration of rotating machines. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1999. 344 p. (rus)
16. Ishin N.N., Goman A.M., Skorohodov A.S., Shport'ko V.V., Panovko G.Ja., Shishko S.A., Karpovich P.G. Methodology for assessing modal parameters of planetary gearboxes of motor-wheels of quarry dump trucks during their operational vibration diagnostics. *Mehanika mashin, mehanizmov i materialov*=Mechanics of machines, mechanisms and materials. 2022; 3(60):24–34. (rus)
17. Sundukov A.E., Shahmatov E.V. Subharmonics of tooth frequency in vibration diagnostics of wear of gearbox teeth of gas turbine engine. *Dinamika i vibroakustika*= Dynamics and vibroacoustics. 2022; 8(2):6–11. (rus)

18. Gerike P.B., Gerike B.L. On the issue of forecasting the trouble-free operation of generator groups of mining excavators. Bulletin of Kuzbass State Technical University = Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2024; 5:115–124. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-5-115-124. (rus)

19. Desjatnikov V.E., Pichkov S.N. Features of diagnostics of rolling bearings using the envelope method. Kontrol'. Diagnostika = Control. Diagnostics. 2023; 26(9(303)):58–64. (rus)

20. Nasonov D.A., Puzakina A.K. The influence of the choice of control points in vibration diagnostics of bearing units of electric motors. Mashinostroyeniye i inzhenernoye obrazovanie = Mechanical engineering and engineering education. 2023; 4(73):26–30. (rus)

21. Wrzochal M. New method of metrological evaluation of industrial rolling bearing vibration measurement systems. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2023; 124:587–600. DOI: 10.1007/s00170-022-10359-0. (eng)

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Pavel B. Gerike – C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Senior Researcher at the Laboratory of Coal Engineering at the Institute of Coal of the Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS (FITZ UUH SB RAS), Kemerovo, am_besten@mail.ru, tel (3842)74-17-02

Boris L. Gerike - Dr. Sc. in Engineering, Professor, Chief Researcher at the Laboratory of Coal Engineering of the Institute of Coal of the Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS (FITZ UUH SB RAS), Professor of the Department of Mining Machines and Complexes of the Mining Institute of the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo, gbl_42@mail.ru, 10 Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065.

Contribution of the authors:

Pavel B. Gerike – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

Boris L. Gerike – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text

All authors have read and approved the final manuscript.

