

Научная статья

УДК 622.23:681.518.43

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-1-65-74

Герике Борис Людвигович^{1,2}, Должок Денис Михайлович³,
Лудзиш Владимир Станиславович³, Дрозденко Юрий Вадимович^{2,*}

¹ Институт угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН² Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева³ Кузбасский центр научно-технического обеспечения «Промбезопасность»

* для корреспонденции: duv.gmik@kuzstu.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

**Информация о статье**

Поступила:

20 декабря 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 марта 2025 г.

Принята к печати:

10 марта 2025 г.

Опубликована:

24 марта 2025 г.

Ключевые слова:

осевой вентилятор, техническое состояние, отказ, вентиляторная установка, безопасность

Аннотация.

Шахтные установки главного проветривания предназначены для непрерывного проветривания горных выработок шахт и рудников и создания в них нормальных атмосферных условий для работы людей. Такие установки работают без остановки в течение продолжительного времени. Поэтому оперативность, точность и достоверность получаемой информации о фактическом состоянии вентилятора главного проветривания играет важную роль в обеспечении его эксплуатационной надежности. Мониторинг состояния узлов вентилятора главного проветривания является необходимым элементом прогнозирования как текущего состояния, так и развивающихся дефектов. Отказы вентиляторных установок главного проветривания, которые связаны с изменением их технического состояния, как правило, носят аварийный характер, а это в свою очередь влечет за собой увеличение сроков восстановительных работ и создает риски для жизни и здоровья рабочих.

Наиболее рациональным методом получения информации о техническом состоянии вентиляторов главного проветривания является анализ вибрационных колебаний, генерируемых узлами вентиляторной установки. Но контроль только общего уровня вибрации не обеспечивает необходимую детализацию вибрационных процессов. Кроме того, измерения, производимые на корпусах, не характеризуют состояние внутренних элементов и узлов, а регистрируемый сигнал искажается не только по частоте, но и по фазе колебательного процесса. Поэтому достоверность количественных оценок остается низкой и по ним нельзя судить о техническом состоянии агрегата.

Статья ставит вопрос о необходимости разработки нового подхода к оценке технического состояния вентилятора главного проветривания по параметрам вибрации, который не будет ориентирован на конструктивные особенности вентилятора и позволит повысить безопасность труда шахтеров.

Для цитирования: Герике Б. Л., Должок Д. М., Лудзиш В. С., Дрозденко Ю. В. Разработка системы мониторинга технического состояния вентиляторов главного проветривания // Горное оборудование и электромеханика. 2025. № 1 (177). С. 65-74. DOI: 10.26730/1816-4528-2025-1-65-74, EDN: GIWPCX

Введение

В мировых угледобывающих регионах наблюдается заметное увеличение глубины подземной добычи угля, что свидетельствует о высоком темпе продвижения горных работ. Например, согласно данным Федерального исследовательского центра

угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, средняя глубина шахт в Кузбассе составляет 400–450 метров и продолжает увеличиваться. Этот тренд обусловлен исчерпанием запасов угля на нижних горизонтах, что требует

поиска новых технологий и решений для эффективной добычи с более глубоких уровней.

Увеличение глубины разработки сопровождается ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий. Повышается горное давление, температура окружающей среды, ударо- и выбросоопасность, газоопасность разрабатываемых угольных пластов.

Для обеспечения безопасных условий труда должны применяться непрерывно действующие шахтные установки главного проветривания. Шахтная установка главного проветривания (ШУГП) является сложным инженерным сооружением, которое состоит не менее чем из двух вентиляторных агрегатов, один из которых резервный

[1]. На строительство ШУГП расходуются значительные ресурсы, а доля затрат электроэнергии в себестоимости добываемого угля может достигать 25% [2]. От фактического технического состояния вентиляторной установки зависят не только экономические показатели горного предприятия, но и безопасность работы персонала. В период с 2018 по 2022 годы на шахтах Кузбасса зафиксировано 49 случаев аварийных остановок ШУГП, а в 17 случаях возникла необходимость эвакуации работников из горных выработок. Распределение аварийных случаев по годам представлено на Рис. 1.

Вентиляторная установка является главной частью системы проветривания шахты. Как правило, в составе вентиляторных установок применяются

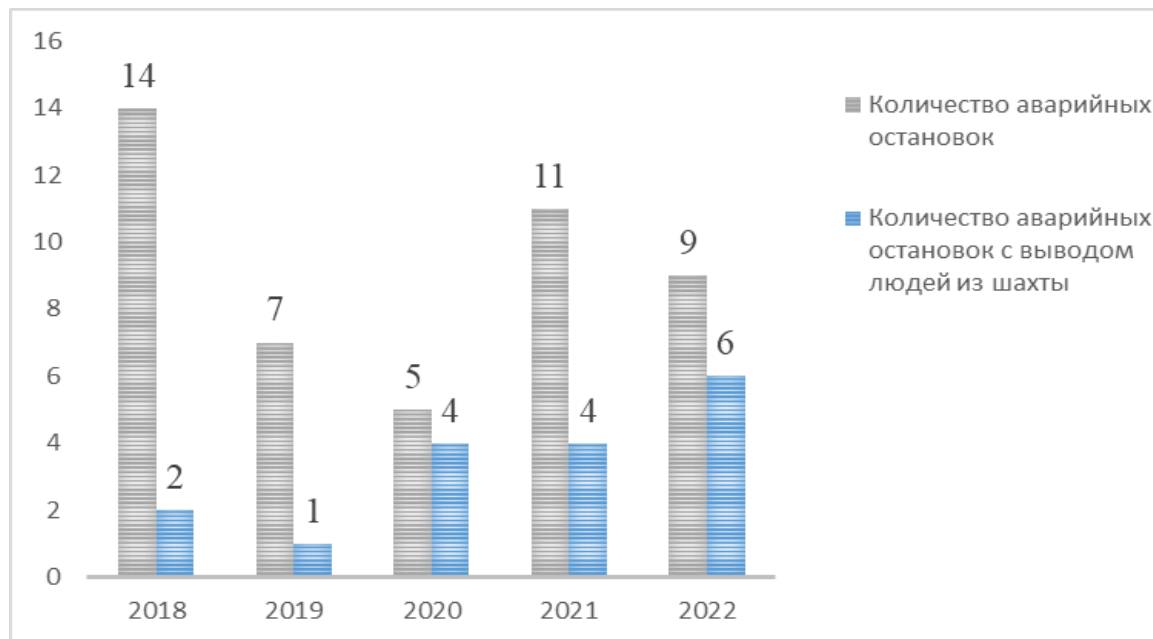


Рис. 1. Количество аварийных остановок ШУГП

Fig. 1. Number of failure stops of fan

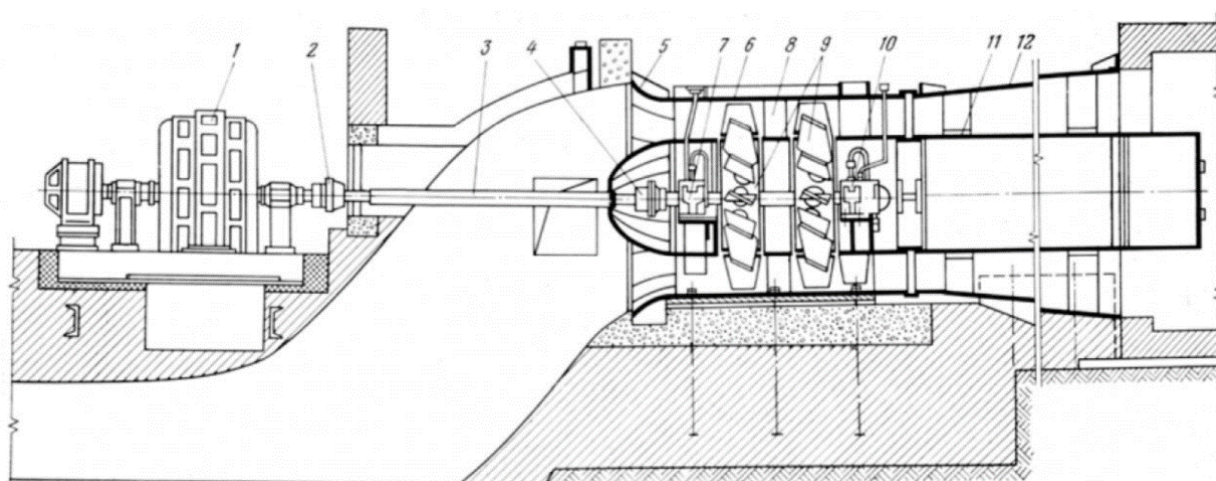


Рис. 2. Вентиляторная установка главного проветривания с осевым вентилятором

1 – электродвигатель; 2, 4 – соединительные муфты; 3 – промежуточный вал; 5 – коллектор; 6 – кожух; 7, 10 – подшипниковые опоры; 8 – спрямляющий аппарат; 9 – ротор; 11 – обечайка диффузора; 12 – внешний конус диффузора

Fig. 2. Main ventilation fan unit with axial fan

1 – electric motor; 2, 4 – couplings; 3 – intermediate shaft; 5 – collector; 6 – casing; 7, 10 – bearing supports; 8 – straightening apparatus; 9 – rotor; 11 – diffuser shell; 12 – outer diffuser cone

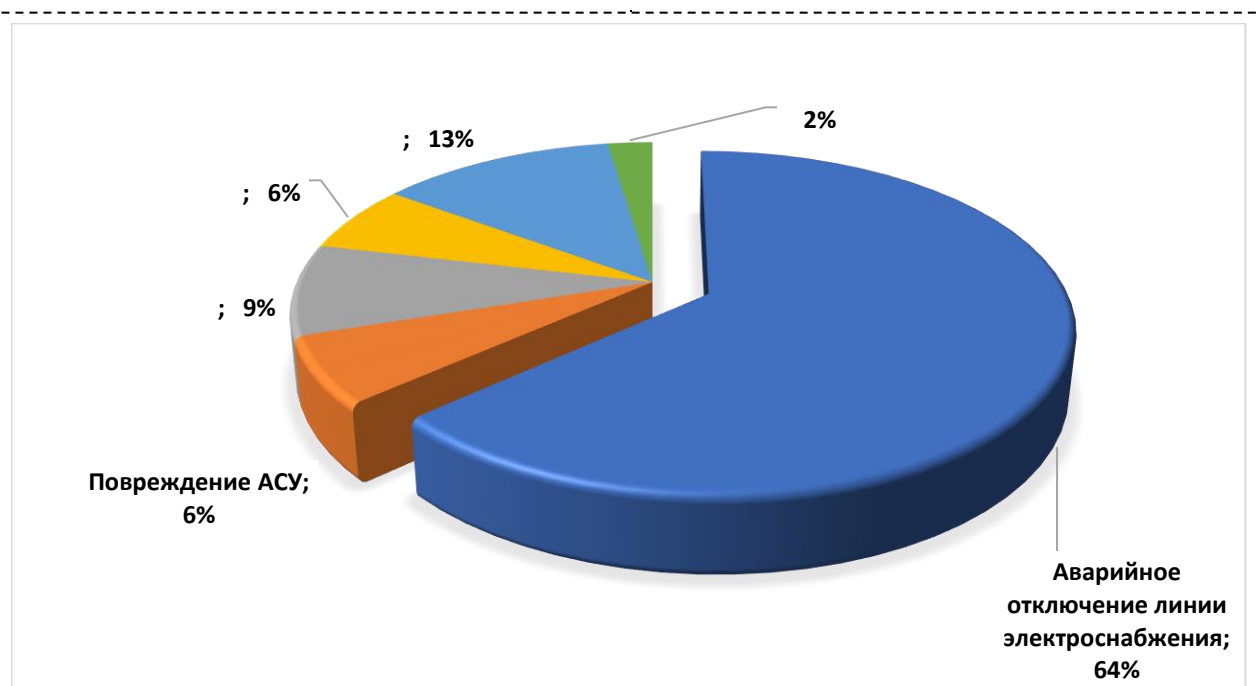


Рис. 3. Распределение причин остановок вентиляторных установок главного проветривания с осевым вентилятором

Fig. 3. Distribution of reasons for stoppages of main ventilation fan units with an axial fan

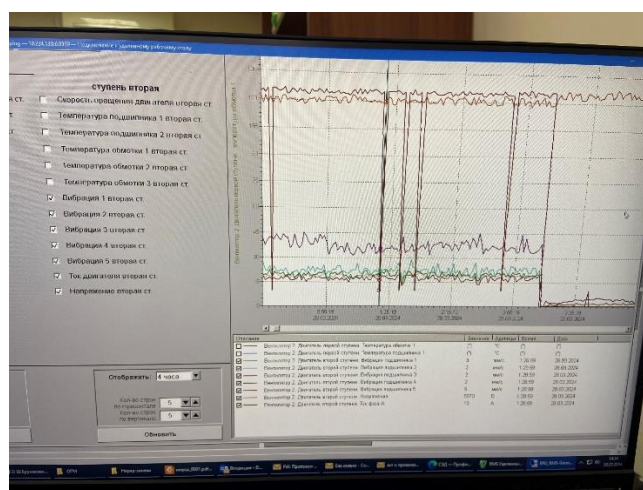


Рис. 4. Общий вид монитора вентилятора ВДК 12-44

Fig. 4. General view of the fan monitor VDK 12-44

вентиляторы двух типов – центробежные и осевые, которые имеют свои достоинства и недостатки [3, 4]. Работа шахтной вентиляторной установки связана с изменением фактического технического состояния вентилятора, а также управляющей и контролирующей аппаратуры. Конструкция вентиляторной установки главного проветривания с осевым вентилятором представлена на Рис. 2.

По результатам исследований, связанных с оценкой технического состояния осевых шахтных вентиляторов главного проветривания, причины отказов и аварийных остановок разделились следующим образом (см. Рис. 3).

Из анализа диаграммы видно, что значительная доля остановок (64%) приходится на аварийное отключение электроэнергии. Данный вид отказа не связан с техническим состоянием самого агрегата, а зависит только от надежности системы электропитания. Остальные 36% отказов носят техногенный характер и связаны с изменением технического состояния вентилятора, поэтому их можно предотвратить путем применения методов функциональной диагностики [5, 6].

Постановка задачи.

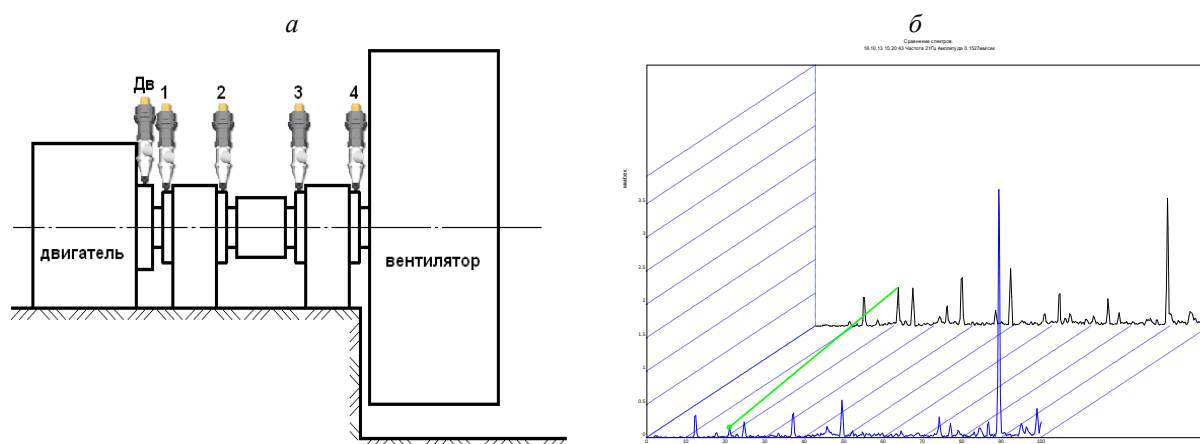


Рис. 5. Схема установки акселерометров на вентиляторе ВЦ-25 (а) и результат измерения виброскорости в 4 контрольной точке (б)

Fig. 5. The installation diagram of accelerometers on the VC-25 fan (a) and the result of measuring the vibration velocity at control point 4 (b)

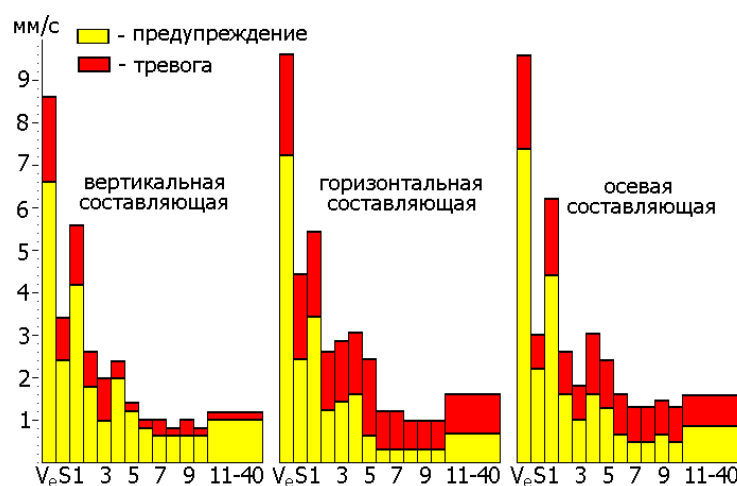


Рис. 6. Нормирование вибрации для осевых вентиляторов типа ВОД и ВОКД

Fig. 6. Standardization of vibration for axial fans of the VOD and VOKD types

Отказы вентиляторных установок главного проветривания, которые связаны с изменением их технического состояния, как правило, носят аварийный характер, а это в свою очередь влечет за собой увеличение времени на приобретение, доставку и установку запасных частей, а также увеличение трудоемкости восстановительных работ. Важным условием, обеспечивающим безотказную работу вентиляторов главного проветривания, является отсутствие вибраций, превышающих нормативный уровень, на вращающихся частях и их опорах. Однако контроль только общего уровня вибрации не обеспечивает необходимую детализацию вибрационных процессов, что не отвечает требованиям оперативной диагностики, как это сделано на «вентиляторах-спарках» типа ВДК 12–44 (Рис. 4).

Кроме того, в вибродиагностике горных машин старательно умалчивается тот факт, что измерения, производимые на корпусах, не характеризуют состояние внутренних элементов и узлов, которые и определяют вибрационные процессы всего агрегата. Границы раздела [7], существующие между отдельными конструктивными элементами, искажают не только амплитуды, но и фазы механических колебаний, поэтому для принятия решений с прием-

лемым уровнем доверительной вероятности ($p \geq 0,8$) необходимы оценки многомерных законов распределения, что не всегда удается сделать по техническим причинам.

Распознавание технического состояния определяется не только наличием тех или иных дефектов (изготовления, сборки и регулировки), но и режимом эксплуатации в тех или иных горнотехнических и погодноклиматических условиях.

Аппаратная реализация методов вибродиагностики [8] предусматривает регистрацию формы сигнала, быстрое преобразование Фурье и фазовый состав механических колебаний, а программное обеспечение – исследование законов распределения, годографа (орбиты движения геометрического центра ротора), синхронное накопление, кепстральный анализ, выделение огибающей, эксцесс, пик-фактор и вейвлет-анализ зарегистрированного случайного процесса. Для распознавания того или иного вида дефекта обычно используются различные методы вибродиагностики. Так, например, для углубленной диагностики подшипников качения используют методы спектрального и кепстрального анализа, методы анализа огибающей, эксцесса и

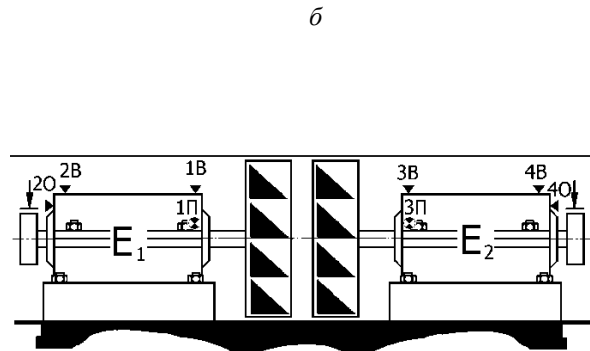
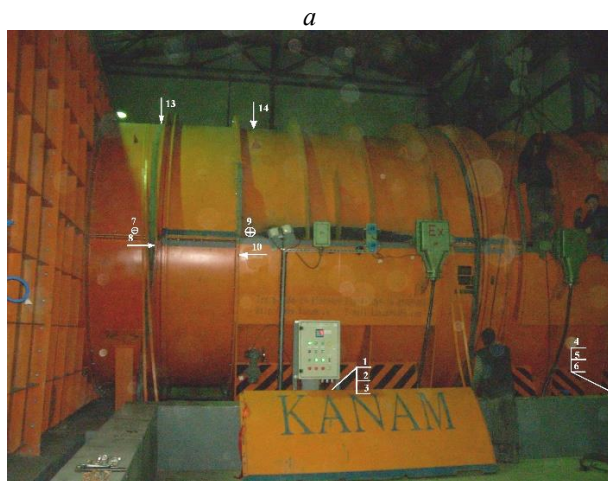


Рис. 7. Вентилятор ВДК 12–44 (а) и рекомендуемая схема измерения вибрации (б)
Fig. 7. Fan VDK 12–44 (a) and recommended vibration measurement scheme (b)

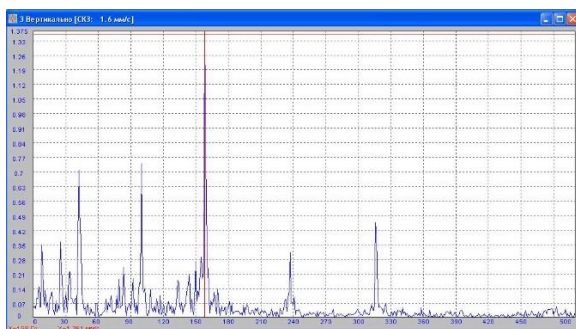


Рис. 8. Спектр вибрации переднего подшипника электродвигателя с присутствующими 2-ой и 3-ей гармониками и ярко выраженной вибрацией на частоте $2 \times f_{cm}$.

Fig. 8. Vibration spectrum of the front bearing of an electric motor with the presence of 2nd and 3rd harmonics and pronounced vibration at a frequency of $2 \times f_{cm}$

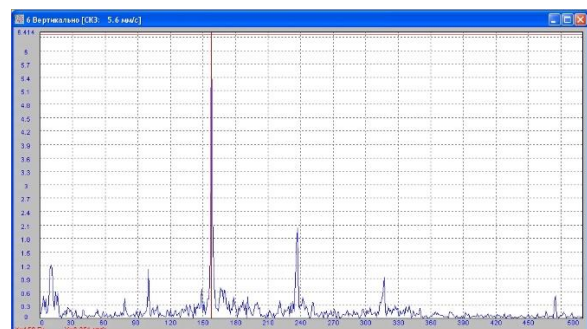


Рис. 9. Спектр виброскорости, характеризующий пульсацию потока воздуха

Fig. 9. Vibration velocity spectrum characterizing the air flow pulsation

пик-фактора [9, 10, 11], а для зарождающегося дефекта – вейвлет-анализ случайного процесса [12].

Результаты исследования.

Обследования вентиляторов главного проветривания различного конструктивного исполнения (типа ВОД, ВДК и ВЦ) на шахтах и рудниках Кузбасса в рамках промышленной экспертизы позволили установить следующее.

Компоновка центробежных вентиляторов главного проветривания (типа ВЦ-25) не вызывает трудностей с размещением акселерометров как на корпусах подшипников приводного электродвигателя, так и на подшипниках ротора, установленного консольно (Рис. 5а), что позволило определить даже такой дефект, как срыв воздушного потока с рабочих лопастей (Рис. 5б), связанного с возникновением резонанса в системе.

Компоновка же осевого вентилятора главного проветривания более сложная с точки зрения схемы измерения механических колебаний (см. Рис. 2). Если установка измерительных преобразователей на корпусе электродвигателя не вызывает трудностей, то для установки акселерометров на переднем подшипнике вентилятора требуется вскрыть кожух обтекателя, а на заднем подшипнике – залезть в

диффузор и вывести измерительные кабели наружу к коллектору/анализатору данных. Все это требует значительных затрат времени на остановку и повторный запуск вентилятора. Но получаемые при этом результаты оказываются вполне достоверными (доверительная вероятность $p \approx 0,82-0,90$), что позволило построить предельные значения уровней вибрации для осевых вентиляторов (Рис. 6).

Попытки измерения вибрации в точках крепления кожуха вентилятора к фундаменту не привели к получению достоверных результатов из-за большого количества разделов трансляции вибрации.

Аналогичная ситуация складывается и при диагностике центробежных вентиляторов типа ВДК на шахте Ерунаковская-IIIВ, поскольку на пульт выводится только общий уровень вибрации V_e (см. Рис. 4), по которому можно оценить только общее техническое состояние вентилятора. Штатные акселерометры расположены на кожухе вентилятора, что приводит к недостоверным результатам мониторинга, на их основе нельзя проводить анализ технического состояния, а тем более прогнозировать его остаточный ресурс (Рис. 7а).

При выполнении обследования осевого вентилятора ВДК 12–44 была использована схема, при-

веденная на Рис. 76, с использованием датчиков российского производства, закрепленных на лобовинах статоров приводных электродвигателей. На Рис. 76 приняты обозначения: $E1$ и $E2$ – 1 и 2 ступени вентилятора соответственно, 1 и 3 – передние подшипники 1 и 2 ступеней соответственно, 2 и 4 – задние подшипники 1 и 2 ступеней соответственно, индексами В, П и О – вертикальное, поперечное и осевое направления измерения вибрации.

Проведенные экспериментальные исследования вибрации позволяют заключить, что в целом состояние шахтного вентилятора главного проветривания типа ВКД удовлетворяет требованиям завода-изготовителя и действующих стандартов на вибрационную активность, однако обозначился и ряд проблем [13, 14].

Интенсивность вибрации (среднее квадратическое значение виброскорости) во всех контрольных точках находится в пределах установленной для данного типа вентиляторов нормы.

Во всех контрольных точках наиболее значимыми являются компоненты вибрации, обусловленные лопаточными частотами 1 ступени ($NЛ = 19$).

На подшипниках приводного двигателя первой ступени наибольшая компонента вибрации приходится на частоты $2 \times f_{сети}$ и $3 \times f_{сети}$, что является признаком электрической асимметрии статора асинхронного электродвигателя (см. Рис. 8). Для достоверного диагностирования необходимо устранить асимметричность фазных напряжений и измерить тангенциальные колебания статора.

Максимум вибрации зарегистрирован в замере вертикальной компоненты виброскорости на кожухе в самом удаленном месте (рядом с креплением кожуха с диффузором) на частоте $19 \times f_{ротора}$ и ее обертонах ($1,5 \times$, $2 \times$ и $3 \times$), что может быть связано только с пульсацией воздушного потока (см. Рис. 9).

Обсуждение результатов.

Полученные при экспертном обследовании результаты свидетельствуют, что достоверные заключения вибрационной диагностики могут быть получены только при измерении механических колебаний непосредственно на опорных узлах вентиляторов главного проветривания.

Для центробежных вентиляторов типа ВЦ это не составляет никаких проблем, поскольку опорные узлы находятся в зоне свободного доступа.

Для осевых вентиляторов главного проветривания типа ВОД и ВОКД измерение вибрации на опорных узлах ротора турбины затруднено и требует специальной подготовки, связанной с остановкой вентилятора для установки акселерометров в диффузоре и коке, вывода длинных кабелей через диффузор и обтекатель для подключения акселерометров к регистрирующей аппаратуре, запуском вентилятора, проведением измерений, остановкой вентилятора для демонтажа измерительных преобразователей и последующим включением вентилятора в работу.

Попытки измерения вибрации на опорных элементах кожуха вентилятора показывают суще-

ственное различие в получаемых результатах, поскольку виброакустический сигнал транслируется в этом случае как минимум через 5 границ раздела, что приводит к его искажению и затуханию. И если качественная картина при этом не претерпевает сильных изменений и по ней можно судить о возникновении тех или иных дефектов, то достоверность количественных оценок остается весьма сомнительной и по ним нельзя оценить техническое состояние агрегата. Это требует разработки специальных математических моделей, учитывающих величину зазоров в сопряжениях и фазовые искажения сигналов на границах раздела.

Судить о техническом состоянии вентиляторов типа ВДК по результатам стационарной системы мониторинга вибрации нельзя, поскольку, как показали результаты экспертного обследования на шахте Ерунаковская-VIII, они в разы отличаются от величины вибрации, измеренной на лобовых щитах приводных электродвигателей. В этом случае также было бы полезно использовать математические модели трансляции виброакустического сигнала.

Другой подход к мониторингу технического состояния вентиляторных установок главного проветривания возможен на основе оснащения его агрегатов системами непрерывного контроля параметров вибрации, как это сделано на турбинах и генераторах на промышленных электростанциях [15, 16].

Снижение уровня аварийных отказов вентиляторов главного проветривания и повышение безопасности труда возможно при организации систем мониторинга и сбора информации, которая не зависит от конструктивных особенностей оборудования [17, 18]. Это позволит разработать новый подход определения технического состояния осевых вентиляторов на основе периодического вибромониторинга. Диагностика зарождающихся дефектов реализуется прежде всего в стационарных, встроенных системах диагностики, позволяющих в короткие сроки собрать большой массив данных о работе исследуемого вентилятора и дать оценку его техническому состоянию. Такой подход в дальнейшем позволит обеспечить безаварийную, энергосберегающую их эксплуатацию.

Выводы.

1. Анализ аварийных выходов из строя шахтных вентиляторов главного проветривания показал, что 36% отказов носят техногенный характер и связаны с изменением технического состояния вентилятора, поэтому их можно предотвратить, используя методы функциональной диагностики.

2. Наиболее доступным методом функциональной диагностики является вибрационная диагностика, позволяющая с высокой степенью достоверности ($p \geq 0,8$) прогнозировать остаточный ресурс.

3. Конструкция центробежных вентиляторов типа ВЦ позволяет достаточно просто получать виброакустические сигналы с работающего оборудования, и трудоемкость таких работ минимальна.

4. Конструкция осевых вентиляторов главного проветривания типа ВОД, ВОКД и особенно ВДК требует больших трудозатрат для получения досто-

верных результатов, поэтому требует либо разработки специализируемых математических моделей, учитывающих трансляцию виброакустического сигнала через дополнительные границы раздела, либо разработки встроенной стационарной системы контроля вибрации.

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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демочко С. И., Кузнецов А. В., Паршинцев В. П. Неисправности шахтных вентиляторных установок главного проектирования : Справ. Пособие. М. : Недра, 1990. 187 с. ISBN 5247005511 : 0.65.
2. Макаров В. Н., Валков В. И. Фомин Генезис шахтного вентиляторостроения и перспективы его развития // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 8. С. 266–271.
3. Попов Н. А. Осевые регулируемые вентиляторы главного проветривания. Новоси-бирск : СО РАН, 2021. 205 с.
4. Холодников Ю. В., Таугер В. М., Замараев С. Ю. Совершенствование конструкций осевых вентиляторов главного проветривания шахт // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 9. С. 28–33.
5. Герике Б. Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов [Текст]: в 2 ч. Кемерово : КузГТУ, 1999. 2 ч. 189 с.
6. Шуриев Т. Х., Подболотов С. В., Кольга А. Д., Столповских И. Н. Совершенствование конструкции осевых вентиляторов главного и местного проветривания // Горный журнал Казахстана. 2020. № 5. С. 32–37.
7. Костюков В. Н. Разработка элементов теории, технологии и оборудования систем мониторинга агрегатов нефтехимических комплексов [Текст]: авторефер. дис. ... д-ра техн. наук. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 32 с.
8. Копачев В. Ф. Обоснование срока службы вентиляторов главного проветривания в условиях переменной нагрузки // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 6. С. 102–108.
9. Герике Б. Л., Шахманов В. Н. Об одной модели механических колебаний вентилятора главного проветривания // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2011. № 6. С. 30–32.
10. Кузин Е. Г., Герике Б. Л., Захаров А. Ю. // Модели предельного состояния приводных станций ленточных конвейеров // Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. 2024. № 8. С. 92–107.
11. Холодников Ю. В. Совершенствование конструкций осевых вентиляторов главного проветривания шахт // Композитный мир. 2022. № 4 (101). С. 48–52.
12. Герике Б. Л. [и др.] Распознавание дефектов подшипников качения в редукторах горных машин по параметрам вибрационного сигнала // Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 5. С. 43–48.
13. Герике Б. Л. Мониторинг технического состояния шахтных вентиляторов главного проветривания по параметрам механических колебаний // Уголь. 2002. № 12. С. 20–22.
14. Авдеев Л. А., Кашлев А. Р. Разработка автоматизированной системы контроля управления вентилятора главного проветривания с использованием WIMAX // Вестник Торайгыров университета. Энергетическая серия. 2023. № 1. С. 12–21.
15. Повышение эффективности работы эксплуатируемых вентиляторов главного проветривания шахт и метрополитенов : специальность 05.05.06 «Горные машины» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Русский Е. Ю. Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН. Новосибирск, 2022. 42 с.
16. Островляничик В. Ю., Кубарев В. А., Модзелевский Д. Е., Борщинский М. Ю., Веригин Н. В., Маршев Д. А., Ермаков И. А. Унифицированная цифровая система управления вентиляторной установкой // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 1 (125). С. 139–149.
17. Андреева Л. И. Мониторинг технического состояния горных машин как метод определения экономической целесообразности ее эксплуатации // Горное оборудование и электромеханика. 2024. №2 (172). С. 59–64. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-59-64.
18. Эгамбердиев И. П., Островский М. С. Исследование вибрационных методов оценки технического состояния буровых станков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 9. С. 93–97.

© 2025 Автор. 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 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.

Должко Денис Михайлович, директор, Кузбасский центр научно-технического обеспечения "Промбезопасность" (650002, Россия, г. Кемерово, ул. Институтская, д. 1), e-mail: dolzhko@list.ru

Лудзиш Владимир Станиславович, специалист по ЭПБ, Кузбасский центр научно-технического обеспечения «Промбезопасность» (650002, Россия, г. Кемерово, ул. Институтская, д. 1), д.т.н., профессор, e-mail: glavbuh-70@mail.ru

Дрозденко Юрий Вадимович, доцент, Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), к.т.н., доцент, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8191-3538>, e-mail: duv.gmik@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Герике Борис Людвигович – научный менеджмент, концептуализация исследования, выводы;

Должко Денис Михайлович – сбор и анализ данных, поведение исследования, написание текста;

Лудзиш Владимир Станиславович – обзор соответствующей литературы, анализ полученных данных;

Дрозденко Юрий Вадимович – постановка исследовательской задачи, проведение исследования, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-1-65-74

Boris L. Gtrike^{1,2}, **Denis M. Dolzhko**³, **Vladimir S. Ludzish**³, **Yuriy V. Drozdenko**^{2,*}

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

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

³ Kuzbass Center for Scientific and Technical Support «Prombezopasnost»

* for correspondence: duv.gmik@kuzstu.ru

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF MAIN MINE VENTILATION FANS



Article info

Received:

20 December 2024

Accepted for publication:

01 March 2025

Accepted:

10 March 2025

Published:

24 March 2025

Keywords: axivane-type fan, technical condition, failure, fan system, safety, reliability.

Abstract.

Mine main ventilation units are designed for continuous ventilation of mine workings and pits, and creation of normal atmospheric conditions for people to work in them. Such units operate non-stop for a long time. Therefore, the efficiency, accuracy and reliability of the information received about the actual state of the main ventilation fan plays an important role in ensuring its operational reliability. Monitoring the state of the main ventilation fan units is a necessary element of forecasting both the current state and forecasting developing defects. Failures of main ventilation fan units, which are associated with a change in their technical condition, are usually of an emergency nature, and this in turn entails an increase in the terms of restoration work and creates risks to the life and health of workers.

The most rational method of obtaining information about the technical condition of main ventilation fans is the analysis of vibration oscillations generated by the fan unit units. But monitoring only the general vibration level does not provide the necessary detailing of vibration processes. In addition, measurements made on the housings do not characterize the condition of internal elements and units, and the recorded signal is distorted not only by frequency, but also by the phase of the oscillatory process. Therefore, the reliability of quantitative estimates remains low and they cannot be used to judge the technical condition of the unit.

The article raises the issue of the need to develop a new approach to assessing the technical condition of the main ventilation fan based on vibration parameters, which will not be focused on the design features of the fan and will improve the safety of miners.

For citation: Gerike B.L., Dolzhko D.M., Ludzish V.S., Drozdenko Y.V. Development of a system for monitoring the technical condition of main mine ventilation fans. Mining Equipment and Electromechanics, 2025; 1(177):65-74 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2025-1-65-74, EDN: GIWPCX

REFERENCES

1. Demochko S.I., Kuznecov A.V., Parshincev V.P. Neispravnosti shahtnyh ventilyatornyh ustanovok glavnogo proektirovaniya : sprav. posobie. M.: Nedra; 1990. 187 s. ISBN 5247005511 : 0.65.
2. Makarov V.N., Valkov V.I. Fomin Genezis shahtnogo ventilyatorostroeniya i perspektivy ego razvitiya. *Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'*. 2009; 8:266–271.
3. Popov N.A. Osevye reguliruemye ventilyatory glavnogo provetrivaniya. Novosibirsk: SO RAN; 2021. 205 s.
4. Holodnikov Yu. V., Tauger V.M., Zamaraev S.Yu. Sovershenstvovanie konstrukcij osevyh ventilyatorov glavnogo provetrivaniya shaht. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2014; 9:28–33.
5. Gerike B.L. Monitoring i diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya mashinnyh agregatov [Tekst] : v 2 ch. Kemerovo: KuzGTU; 1999. 2 ch. 189 s.
6. Shuriev T.H., Podbolotov S.V., Kol'ga A.D., Stolpovskih I.N. Sovershenstvovanie konstrukcii osevyh ventilyatorov glavnogo i mestnogo provetrivaniya. *Gornyy zhurnal Kazahstana*. 2020; 5:32–37.
7. Kostyukov V.N. Razrabotka elementov teorii, tekhnologii i oborudovaniya sistem monitoringa agregatov neftekhimicheskikh kompleksov [Tekst]: avtorefer. dis. ... d-ra tekhn. nauk . M.: MGTU im. N. E. Bauman; 2001. 32 s.
8. Kopachev V.F. Obosnovanie sroka sluzhby ventilyatorov glavnogo provetrivaniya v usloviyah peremennoj nagruzki. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyy zhurnal*. 2020; 6:102–108.
9. Gerike B.L., Shahmanov V.N. Ob odnoj modeli mekhanicheskikh kolebanij ventilyatora glavnogo provetrivaniya. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011; 6:30–32.
10. Kuzin E.G., Gerike B.L., Zaharov A.Yu. Modeli predel'nogo sostoyaniya privodnyh stancij lentochnyh konvejerov. *Gornyy informacionno-*

analiticheskij byulleten': nauchno-tekhnicheskij zhurnal. 2024; 8:92–107.

11. Holodnikov Yu.V. Sovershenstvovanie konstrukcij osevyh ventilyatorov glavnogo provetrivaniya shaht. *Kompozitnyj mir*. 2022; 4(101):48–52.

12. Gerike B.L. [et al.] Raspoznavanie defektov podshipnikov kacheniya v reduktorah gornyh mashin po pa-rametram vibracionnogo signala. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2017; 5:43–48.

13. Gerike B.L. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya shahtnyh ventilyatorov glavnogo provetrivaniya po parametram mekhanicheskikh kolebanij. *Ugol'*. 2002; 12:20–22.

14. Avdeev L.A., Kashlev A.R. Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy kontrolya upravleniya ventilyatora glavnogo provetrivaniya s ispol'zovaniem WIMAX. *Vestnik Torajgyrov universiteta. Energeticheskaya seriya*. 2023; 1:12–21.

15. Povyshenie effektivnosti raboty ekspluatiruemyyh ventilyatorov glavnogo provetrivaniya shaht i metropolitenov : special'nost' 05.05.06 "Gornye mashiny" : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Russkij E.Yu. Institut gornogo dela im. N.A. Chinakala SO RAN. Novosibirsk, 2022. 42 s.

16. Ostrovlyanchik V.Yu., Kubarev V.A., Modzelevskij D.E., Borshchinskij M.Yu., Verigin N.V., Marshev D.A., Ermakov I.A. Unificirovannaya cifrovaya sistema upravleniya ventilyatornoj ustanovkoj. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018; 1(125):139–149.

17. Andreeva L.I. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya gornyh mashin kak metod opredeleniya ekonomicheskoy celesoobraznosti ee ekspluatatsii. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2024; 2(172):59–64. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-59-64.

18. Egamberdiev I.P., Ostrovskij M.S. Issledovanie vibracionnyh metodov ocen-ki tekhnicheskogo sostoyaniya burovyh stankov. *Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'*. 2007; 9:93–97.

© 2025 The Author. 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 author:

Boris L. Gerike, Dr. Sc. in Engineering, Federal State Budget Scientific Centre «The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Institute of Coal SB RAS (650000, Russian Federation, Kemerovo, Leningradsky Ave., 10), Doctor of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-9586-8723>, e-mail: gbl_42@mail.ru

Denis M. Dolzhko, Director, Kuzbass Center for Scientific and Technical Support «Prombezopasnost» (650002, Russian Federation, Kemerovo, Institutskaya Str.1), e-mail: dolzhko@list.ru

Vladimir S. Ludzish, Kuzbass Center for Scientific and Technical Support "Prombezopasnost" (650002, Russian Federation, Kemerovo, Institutskaya Str.1), Dr. Sc. in Engineering, e-mail: glavbuh-70@mail.ru

Yuriy V. Drozdenko, associate professor, T. F. Gorbachev Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education (650000, Russian Federation, Kemerovo, Vesennaya Str., 28), C. Sc. in Engineering, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8191-3538>, e-mail: duv.gmik@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Boris L. Gerike – scientific management, conceptualisation of research, drawing the conclusions;

Denis M. Dolzhko – data collection, processing research, writing the text;

Vladimir S. Ludzish – data analysis, reviewing the relevant literature;

Yuriy V. Drozdenko – research problem statement, data collection, writing the text.

Authors have read and approved the final manuscript.



ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА



1₍₁₇₇₎ ♦ 2025

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

12+

1 (177)

2025

Основан в 2000 году

Выходит 6 раз в год

ISSN 1816-4528

Главный редактор:
Хорешок А.А., д.т.н., проф.

Зам. гл. редактора:
Лагунова Ю.А., д.т.н., проф.
Кантович Л.И., д.т.н., проф.

Редакционный совет:
Трубецкой К.Н., акад. РАН, д.т.н.
Галкин В.А., д.т.н.
Мерзляков В.Г., д.т.н., проф.
Блюменштейн В.Ю., д.т.н., проф.
Аксенов В.В., акад. АГН, д.т.н.

Редакционная коллегия:
Андреева Л.И., д.т.н.
Аннакулов Т.Ж., к.т.н., доц.
Воронова Э.Ю., д.т.н., проф.
Галкин В.И., д.т.н., проф.
Глебов А.В., к.т.н.
Жабин А.Б., д.т.н., проф.
Зырянов И.В., д.т.н.
Ляхомский А.В., д.т.н., проф.
Певзнер Л.Д., д.т.н., проф.
Петров В.Л., д.т.н., проф.
Семыкина И.Ю., д.т.н., проф.
Трифанов Г.Д., д.т.н., проф.
Хазанович Г.Ш., д.т.н., проф.
Юнгмейстер Д.А., д.т.н., проф.

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

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

Технический редактор:
Останин О.А.

**Дизайн обложки, компьютерная
верстка:** Бородин Д.А.

Телефон редакции:
+7 (384-2) 39-63-14

Email: gormash@kuzstu.ru
Сайт: http://gormash.kuzstu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

- Завьялов В.М., Семыкина И.Ю., Велияев А.С., Дубков Е.А., Губарев Ф.А.,
Углова М.Б. Система управления для станции беспроводного заряда
аккумуляторов шахтного электровоза 3
- Туманов И.Е. Построение и анализ мультифизической модели двухтактного
электромагнитного возбудителя низкочастотных колебаний 13

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

- Коротков В.А. Повышение эффективности шлифования на основе применения
шлифовальных кругов с упорядоченной формой зерен и высокопористой
структурой 25

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

- Линник Ю.Н., Линник В. Ю. Анализ способов оценки сопротивляемости
горных пород разрушению при динамическом приложении нагрузки 39
- Линник Ю.Н., Линник В. Ю. Влияние формы и размеров ударника на
показатели динамического разрушения горных пород 47
- Герике П.Б., Герике Б.Л. Выявление дефектов ленточных конвейеров с
помощью единых диагностических критериев 55
- Герике Б. Л., Должок Д. М., Лудзиш В. С., Дрозденко Ю. В. Разработка
системы мониторинга технического состояния вентиляторов главного
проветривания 65
- Ефременко В.М., Скребнева Е.В., Лебедев Г.М. Обеспечение безаварийного
состояния угольных шахт при перерывах электроснабжения от энергосистемы 75
- Черкасов П.В. Технологический процесс выпуска угля подкровельной толщи в
нотации системно-функционального подхода 85

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

Полнотекстовый доступ к электронной версии журнала на сайте www.elibrary.ru
Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции

Издание соответствует коду 58.14.1 ОКПД 2 ОК 034-2014 (КПЕС 2008)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций – Свидетельство о
регистрации ПИ № ФС77-76284 от 19 июля 2019 г.

Журнал включен в Перечень ВАК РФ – ведущих рецензируемых научных журналов и
изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты
диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по направлениям
(технические науки):

- 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки
(технические науки)
- 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (технические науки)
- 2.8.8. Геотехнология, горные машины (технические науки)

Дата выхода в свет: 24.03.2025. Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Отпечатано на МФУ.
Уч.-изд. л. 12,5. Тираж 70 экз. Заказ 67. Цена свободная

Адрес типографии: Издательский центр КузГТУ
650000, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Д.Бедного, 4а

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

MINING EQUIPMENT AND ELECTROMECHANICS

GORNOE OBOUROVANIE I ELEKTROMEKHANIKA

12+

1 (177)
2025

Founded in 2000

Issued 6 times a year

ISSN 1816-4528

Editor-in-chief:

Khoreshok A. A., Dr. Sc., prof.

Deputy editor-in-chief:

Lagunova, Yu. a., prof.
Kantowicz L. I., Dr. Sc., prof.

Editorial board:

Trubetskoy K. N., Acad. RAS, Dr. Sc.
Galkin V. A., Dr. Sc.
Merzlyakov V. G., Dr. Sc., prof.
Blumenstein V. Yu., Dr. Sc., prof.
Aksenov V. V., Akad. AMS., Dr. Sc.

Editorial Team:

Andreeva L. I., Dr. Sc.
Annakulov T.J., PhD, assoc. prof.
Voronova E. Yu., Dr. Sc., prof.
Galkin V. I., Dr. Sc., prof.
Glebov A. V., Ph. D.
Zhabin A. B., Dr. Sc., prof.
Zyryanov I. V., Dr. Sc.
Lakomski A. V., Dr. Sc., Prof.
Pevzner L. D., Dr. Sc., prof.
Petrov V. L., Dr. Sc., prof.
Semykina I. Yu., Dr. Sc., prof.
Trifanov G. D., Dr. Sc., prof.
Khazanovich G. Dr. Sc., prof.
Jungmeister D. A., Dr. Sc., prof.

Founder and publisher:

T. F. Gorbachev Kuzbass state technical university

Address of the founder, the publisher and the Editorial office:

Russia, 650000, Kemerovo region,
Kemerovo, 28 Vesennaya str.

Technical editor:

Ostanin O. A.

Cover design,

computer layout: Borodin D. A.

Tel.: +7 (384-2) 39-63-14

Email: gormash@kuzstu.ru

Website: http://gormash.kuzstu.ru

CONTENTS

ELECTROTECHNICAL COMPLEXES AND SYSTEMS

- Zavyalov V.M., Semykina I.Yu., Velilyaev A.S., Dubkov E.A., Gubarev F.A.,
Uglova M.B. The control system of a wireless charging station for mine electric
locomotive batteries 3
- Tumanov I.E. Construction and analysis of a multiphysical model of a two-pull
electromagnetic exciter of low-frequency oscillationss 13

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR MECHANICAL

AND PHYSICAL-TECHNICAL PROCESSING

- Korotkov V.A. Increasing grinding efficiency by using grinding wheels with ordered
grain shape and highly porous structure 25

MINING MACHINES

- Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. Analysis of methods for assessing rock fracture resistance
under dynamic load application 39
- Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. Impact of impactor shape and dimensions on dynamic
rock fracture performance 47
- Gerike P.B., Gericke B.L. Detection of conveyor belt defects using unified diagnostic
criteria 55
- Gerike B.L., Dolzhko D.M., Ludzish V.S., Drozdenko Y.V. Development of a system
for monitoring the technical condition of main mine ventilation fans 65
- Efremenko V.M., Skrebneva E.V., Lebedev G.M. Ensuring the trouble-free state of
coal mines in case of interruptions in power supply from the power system 75
- Cherkasov P.V. Longwall top coal caving technological process in the notation of the
system-functional approach 85

The editorial position does not always coincide with the point of view of the authors of the published materials.

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

Tax relief - All-Russian product classifier

The publication corresponds to 58.14.1 OKPD 2 OK 034-2014 (KPEC 2008)

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Communications - Certificate PI No. FS77-76284 of July 19, 2019.

The journal is included in the Russia List of the Higher Attestation Commission being the list of the leading peer-reviewed scientific journals and publications in which the main scientific results of theses for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences should be published in the following areas (engineering):

- 2.5.5. Technology and equipment for mechanical and physical-technical processing (engineering)
- 2.4.2. Electrotechnical complexes and systems (engineering)
- 2.8.8. Geotechnology, Mining machines (engineering)

Date of publication: 24 March 2025. Format 60×84 /8. Offset paper. Imprinted on MFPs. Published sheets 12,5. Edition 70 copies. Order 67. Free price

Address of the printing house:

Publishing center KuzSTU

Russia, 650000, Kemerovo region, Kemerovo, 4a, D. Bednogo str