

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 629.353

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-128-136

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Герике Борис Людвигович^{1,2},
Швыдкин Сергей Анатольевич¹

¹ Институт угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

* для корреспонденции: gbl_42@mail.ru



Информация о статье

Поступила:

20 декабря 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

22 июня 2025 г.

Принята к публикации:

30 июня 2025 г.

Опубликована:

28 августа 2025 г.

Ключевые слова:

акустико-эмиссионный
мониторинг, техническое
состояние, диагностика,
карьерный автосамосвал,
рама.

Аннотация.

Анализ аварийных отказов большегрузных карьерных автосамосвалов на разрезах Кузбасса показывает, что до 45% приходится на механическое оборудование, из которых до 30% связано с отказами металлоконструкций. Количество отказов механизмов и систем автосамосвала зависит от возникновения и развития трещин, которые образуются в результате постепенного накопления повреждений, главным образом в раме, корпусах мотор-редуктора (РМК) и кузове автосамосвала. В процессе эксплуатации наиболее опасными с точки зрения трещинообразования являются динамические нагрузки, возникающие при движении самосвала по карьерным дорогам.

Для обнаружения дефектов в основном применяется визуальный осмотр, однако его применение не позволяет полностью обеспечить безаварийную работу автосамосвалов. В связи с этим для поиска дефектов и оценки динамики их развития предлагается использовать акустико-эмиссионный мониторинг.

В статье описано применение системы акустико-эмиссионного (АЭ) мониторинга для диагностики участка рамы во время непосредственной работы автосамосвала в карьере. Приведены результаты диагностики и сведения об обнаруженных дефектах. Акустико-эмиссионный мониторинг позволяет не только повысить эффективность обнаружения дефектов, но и выполнять диагностику удаленно, не вмешиваясь в текущий производственный процесс. АЭ мониторинг даст возможность ежедневно получать информацию о техническом состоянии рамы автосамосвала, проводить ремонт по мере накопления повреждений и оценивать качество проведенного ремонта.

Для цитирования: Герике Б.Л., Швыдкин С.А. Мониторинг технического состояния несущих металлоконструкций карьерных автосамосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 4 (170). С. 128-136. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-128-136, EDN: MJRPVM

Введение. В руководстве по ремонту карьерного самосвала БелАЗ-75306 для обнаружения дефектов рекомендуется использовать следующие методы неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль, метод цветной дефектоскопии, магнитный метод,

ультразвуковой контроль. Из-за большого объема работы при обследовании самосвала, наличия труднодоступных мест, большого интервала между обследованиями, а также влияния человеческого фактора часть дефектов не удастся своевременно обнаружить. Применение указанных методов играет

значительную роль в обеспечении безаварийной эксплуатации, но полную гарантию на отсутствие отказов не дает, особенно на самосвалах большой грузоподъемности [1]. Практика показывает, что применяемые методы неразрушающего контроля в целом не позволяют оценить техническое состояние металлоконструкций автосамосвала [2]. Нередки случаи, когда дефекты достигают значительных размеров и в дальнейшем приводят к аварии.

Поэтому для повышения качества обследования подключаются методы функциональной диагностики, позволяющие дистанционно получать информацию о техническом состоянии автосамосвала.

К методам функциональной диагностики можно отнести:

- тензометрический контроль;
- ультразвуковую дефектоскопию на фазированных решетках;
- контроль состава вещества;
- тепловизионный контроль;
- шумовой контроль;
- вибрационный контроль;
- акустико-эмиссионный (АЭ) контроль.

Постановка задачи. Из перечисленных методов для обнаружения дефектов во время непосредственной работы автосамосвала в карьере наиболее подходят последние три, относящиеся к функциональным методам, поэтому рассмотрим их подробнее.

Шумовой контроль. Метод шумовой диагностики основан на регистрации и анализе акустических шумов, которые позволяют судить о возникновении и развитии дефектов.

На Рис. 1, 2 представлен простой пример анализа шумов, когда техническое состояние работающего насоса определялось на основе оценки субъективных ощущений обслуживающего персонала. Сегодня оценка технического состояния на основе

прослушивания все еще широко используется, поскольку субъективные ощущения человека отражают особо важные признаки неисправностей.

Современные цифровые приборы позволяют более точно определять характеристики шумов и проводить анализ в различных частотных диапазонах. Путем сравнения характеристик шума от исправного и неисправного оборудования вполне возможно определять техническое состояние мотор-редукторов, см. Рис. 3 [3-4], и подшипников электродвигателей автосамосвала.

Вибродиагностика позволяет оценить степень отклонения параметров технического состояния от нормы по косвенным признакам, а именно по изменению свойств виброакустических процессов, зависящих от характера взаимодействия комплектующих узлов и деталей. Вибродиагностика позволяет обследовать объект без вывода из эксплуатации, выполнять контроль качества изготовления и ремонта машинного оборудования. Исключение сборочно-разборочных работ не только экономит время на ремонт, но и предотвращает нанесение механизму повреждений, связанных с переборками, нарушающими приработку деталей. На автосамосвалах вибродиагностический метод применяется в основном для оценки состояния редуктора мотор-колеса.

Метод акустической эмиссии [5-14] основан на регистрации и анализе акустических волн, возникающих в объекте под воздействием нагрузки во время роста дефектов. Без нагрузки нет и эмиссии, а при эксплуатации самосвала в качестве нагрузки выступают динамические воздействия на несущие элементы металлоконструкций, возникающие при движении самосвала по неровной дороге. Кроме этого, АЭ метод также позволяет проводить анализ шумов в ультразвуковом диапазоне,

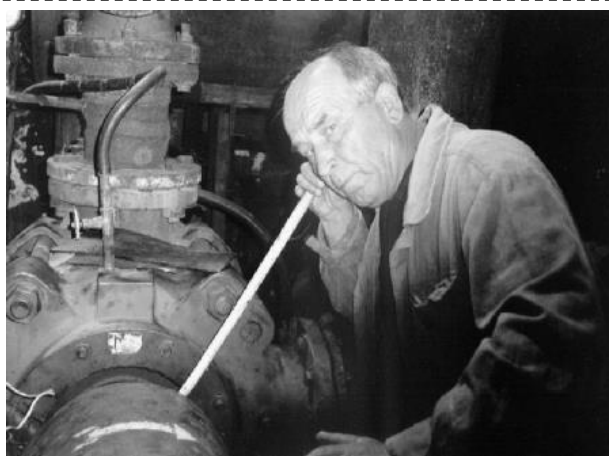


Рис. 1. Прослушивание шумов работающего сетевого насоса

Fig. 1. Listening to the noise of a running mains pump

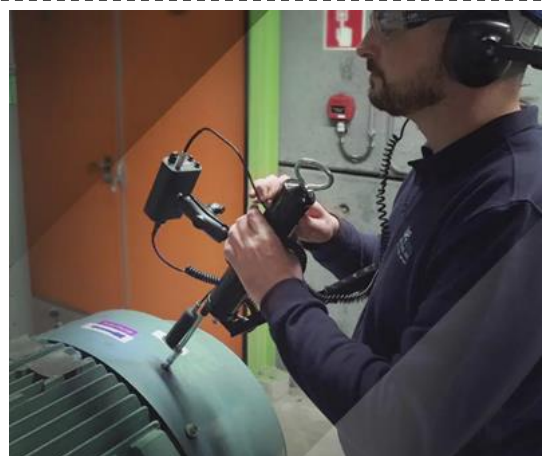


Рис. 2. Прослушивание шумов работающего электродвигателя

Fig. 2. Listening to noises of the running electric motor

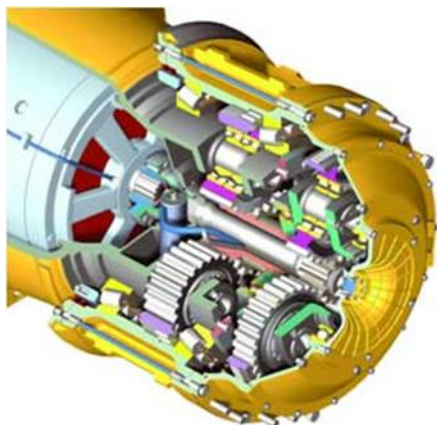


Рис. 3. Редуктор мотор-колеса (PMK) самосвала
Fig. 3. Dump truck motor-wheel reducer



Рис. 4. Карьерный автосамосвал
БелАЗ-75306
Fig. 4. Mining dump truck BelAZ-75306



Рис. 5. Система АЭ мониторинга
Fig. 5. AE monitoring system

поэтому с его помощью вполне возможно будет определять техническое состояние мотор-редукторов и подшипников электродвигателей.

АЭ метод позволяет в реальном времени следить за образованием и развитием дефектов и контролировать весь объект целиком, поэтому он является наиболее предпочтительным для диагностики металлоконструкций карьерных автосамосвалов.

Методика исследования. Для проверки возможности выполнения диагностики удаленным способом на карьерный автосамосвал БелАЗ-75306 (Рис. 4) грузоподъемностью 220 т была установлена система акустико-эмиссионного мониторинга.

Учитывая высокую стоимость простоев карьерного автосамосвала, необходимо было организовать работу по установке оборудования таким образом, чтобы не оказывать влияния на текущий производственный процесс. Поэтому все работы по установке оборудования для АЭ мониторинга, а также работы по осмотру обнаруженных дефектов проводились во время очередного технического обслуживания (ТО). В кабине водителя был расположен системный блок (Рис. 5), от которого были проложены коаксиальные кабели к предварительным усилителям и датчикам.

Предварительные усилители (ПУ) и датчики устанавливались на раму при помощи магнитных держателей, которые защищали их от внешнего воздействия. Во время движения самосвала нередко из-под колес вылетают куски грязи, которые могут повредить датчики и ПУ, поэтому такая защита необходима. Кроме этого, в конструкции магнитных держателей предварительных усилителей использовались пружины для защиты предусилителей от вибрации (Рис. 6). При первых экспериментах часть предварительных усилителей вышла из строя из-за того, что предусилители были жестко закреплены на магниты и места пайки некоторых элементов на плате ПУ разболтались.

В работе использовались датчики АЭ с резонансной частотой 450 кГц (Рис. 7). Выбор высокочастотных датчиков был обусловлен высоким уровнем шума, который возникает при движении самосвала.

Результаты исследования. Для проведения экспериментов был выбран автосамосвал, на котором через месяц планировалось проведение очередного ремонта, таким образом, мы увеличили вероятность обнаружения дефекта. При осмотре рамы была обнаружена трещина в сварном шве (Рис. 8), рядом с которой были установлены два датчика АЭ (Рис. 9).

Расстояние между датчиками № 4 и № 8 составило 850 мм (Рис. 10).

В результате проведенного мониторинга во время работы автосамосвала в карьере были зарегистрированы сигналы акустической эмиссии, подтверждающие обнаруженный при осмотре дефект (Рис. 11). Данные с



Рис. 6. Магнитные держатели для предусилителей и датчиков

Fig. 6. Magnetic holders for preamplifiers and transducers



Рис. 7. Датчики акустической эмиссии

Fig. 7. Acoustic emission sensors



Рис. 8. Трещина в сварном шве рамы

Fig. 8. Crack in the weld seam of the frame

автосамосвала передавались по сети интернет с использованием мобильного usb-модема.

При сборе данных было отмечено, что при работе автосамосвала в течении суток рост дефектов происходит неравномерно (Рис. 12). Наиболее интенсивный рост происходит на участках с неровной дорогой, в основном на подъезде к отвалу, а сигналы АЭ от дефектов регистрируются при движении как нагруженного, так и порожнего самосвала.

Таким образом, возможность проведения диагностики рамы карьерного автосамосвала удаленным способом была доказана на практике.

После проведения диагностики на месте обнаружения дефекта был выполнен ремонт, однако вследствие человеческого фактора дефект полностью устранен не был (Рис. 13), что еще раз подтверждает необходимость проведения диагностики после ремонта.

В руководстве по ремонту карьерного самосвала БелАЗ-75306 рекомендуется при обнаружении трещины и отсутствии возможности сразу выполнить ремонт применять метод «остановочного сверления», который подразумевает засверловку конечных точек трещины. Это уменьшает величину напряжения на концах трещины и временно останавливает ее развитие. Учитывая, что следующая остановка на плановый ремонт предстоит нескоро, в этом случае такая рекомендация как раз бы могла быть применена.

С учетом этой рекомендации можно скорректировать схему применения АЭ мониторинга на автосамосвалах. С помощью АЭ мониторинга можно обнаруживать трещины на начальных стадиях образования, определять скорость их роста и к наиболее интенсивно развивающимся дефектам применять метод «остановочного сверления», чтобы в результате уменьшить повреждения на интервалах между плановыми ремонтами.

Кроме автосамосвалов, есть и другие примеры АЭ диагностики, например на шагающих экскаваторах [15-20], кранах [21], самолетах [22].

Выводы. АЭ диагностика, проводимая во время непосредственной работы автосамосвала в карьере, позволяет не только искать трещиноподобные дефекты, но и отслеживать скорость их развития.

Благодаря тому, что сигналы АЭ от дефектов регистрируются на участках с неровной дорогой, по количеству сигналов можно косвенно судить о состоянии дорог и своевременно применять меры к устранению проблемных участков.

Проведение диагностики металлоконструкций карьерных автосамосвалов с применением АЭ мониторинга позволяет обеспечить их безаварийную эксплуатацию.



Рис. 9. Датчик АЭ, установленный на магнитном держателе
Fig. 9. AE sensor mounted on a magnetic holder



Рис. 10. Схема установки датчиков АЭ
Fig. 10. Scheme of AE sensors installation

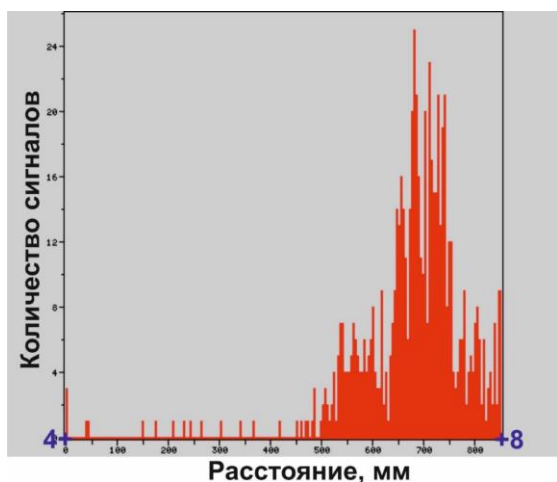


Рис. 11. Локационный график
Fig. 11. Location graph

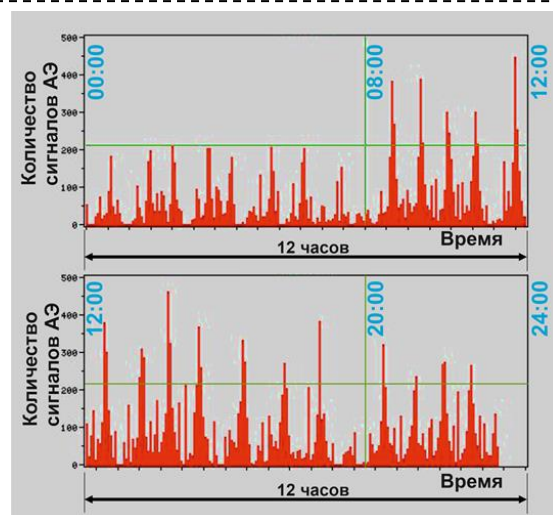


Рис. 12. Активность АЭ сигналов за сутки
Fig. 12. Activity of AE signals for a day



Рис. 13. Трещина в сварном шве, образовавшаяся после проведенного ремонта
Fig. 13. Crack in the weld after repair

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. № 124041100072-6)

The work was carried out within the framework of the state assignment of FGBNU "Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" project FWEZ-2024-0024 "Development of effective technologies of coal mining by robotic mining complexes without the constant presence of people in the mining areas, control systems and methods for assessing the technical condition and diagnostics of their resource and the rationale for ensuring the reproduction of the mineral resource base. 2024-2025". (reg. No. 124041100072-6)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокарев А. И., Дианов В. А., Карташов А. Б., Арутюнян Г. А., Дубинкин Д. М., Пашков Д. А. Статистика отказов высоконагруженных узлов карьерных самосвалов грузоподъемностью 220 тонн // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 4 (164). С. 23–31. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-4-23-31. EDN: BVKEVP
2. Горюнов С. В., Хорешок А. А. Оценка системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов на угледобывающих предприятиях Кузбасса // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : Сборник трудов XXI Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады, Екатеринбург, 06–07 апреля 2023 года / Под общей редакцией Ю. А. Лагуновой. Оргкомитет: Лагунова Ю. А., Калянов А. Е. Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2023. С. 358–362. EDN UTHNMI.
3. Кудреватых А. В., Фурман А. С., Ащеулов А. С. [и др.] Методы диагностирования фактического технического состояния редуктора мотор-колеса БелАЗ // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 2(144). С. 23–28. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-2-23-28. EDN DLJVZM.
4. Хорешок А. А., Кудреватых А. В., Ащеулов А. С. [и др.] Увеличение ходимости редукторов мотор-колес карьерных самосвалов методом внедрения контроля фактического технического состояния // Горные науки и технологии. 2021. Т. 6. № 4. С. 267–276. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-4-267-276. EDN НОКСJD.
5. Шемякин В. В., Стрижков С. А. Аспекты применения метода акустической эмиссии для мониторинга опасных промышленных объектов // В мире неразрушающего контроля. 2004. № 4. С. 16–19.
6. Иванов В. И. Актуальные проблемы АЭ диагностирования // Всероссийская конференция с международным участием «Актуальные проблемы метода акустической эмиссии» (АПМАЭ-2021) Санкт-Петербург, Россия. Сборник материалов. 2021. С. 3.
7. Иванов В. И., Барат В. А. Акустико-эмиссионная диагностика: справ. М. : Д «Спектр», 2017. 368 с.
8. Stepanova L. N., Kabanov S. I., Lebedev E. Y. Acoustic Emission Diagnostics of Freight Car Bogie Cast Pieces // Transportation Research Procedia. Irkutsk-Krasnoyarsk. 2022. Pp. 547–555. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.089. EDN IFMLZT.
9. Ono K. Structural Health Monitoring of Large Structures Using Acoustic Emission—Case Histories // Applied Sciences. 2019. № 9(21). 4602. DOI: 10.3390/app9214602.
10. Nuñez A., Kattis S. Effective approaches to remote asset monitoring with acoustic emission // EWGAE35 & ICAE10 Conference on Acoustic Emission Testing, Ljubljana, Slovenia, September 2022. e-Journal of Nondestructive Testing. 2023. Vol. 28(1). DOI: 10.58286/27600.
11. Петерсен Т. Б., Шемякин В. В., Самохвалов А. Б., Курносов Д. А. Черниговский В.Ю., АЭ как комплексный метод мониторинга объектов. Задачи и перспективы // Всероссийская конференция с международным участием «Актуальные проблемы метода акустической эмиссии» (АПМАЭ-2021) Санкт-Петербург, Россия. Сборник материалов. 2021. С. 5–6.
12. Исычко В. Е., Жантуев Р. М., Приходько М. Г. Акустико-эмиссионный контроль // Наука. Новое поколение. Успех : Материалы IV международной научно-практической конференции, Краснодар, 28 апреля 2023 года. Краснодар : Индивидуальный предприниматель Кабанов Виктор Болеславович (Издательство «Новация»), 2023. С. 246–248. EDN VPNFWZ.
13. Швыдкин С. А., Герики Б. Л. Акустико-эмиссионный мониторинг несущих элементов металлоконструкций карьерных автосамосвалов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2022. № 8. С. 153–157. EDN GYVRRW.
14. Швыдкин С. А. Акустико-эмиссионный мониторинг на объектах угольной отрасли // Развитие-2023 : Сборник трудов конференции, Кемерово, 11–13 мая 2023 года. Кемерово : ФИЦ УУХ СО РАН, 2023. С. 80–85. EDN PIMCPN.
15. Менчугин А. В., Герики Б. Л., Протасов С. И., Буянкин П. В. Оценка технического состояния несущих металлоконструкций шагающих экскаваторов по параметрам акустико-эмиссионного сигнала // Горное оборудование и электромеханика. 2009. № 5. 2009. С. 25–30.
16. Менчугин А. В., Богомолов И. Д., Буянкин П. В. Применение методов

неразрушающего контроля при проведении технического диагностирования металлоконструкций одноковшовых шагающих экскаваторов // Сборник лучших докладов студентов и аспирантов Кузбасского государственного технического университета. По результатам 51-й студенческой научно-практической конференции. Кемерово : КузГТУ, 2006. С.77–80.

17. Менчугин А. В., Протасов С. И., Стенин Г. Д. Применение акустико-эмиссионного контроля для оценки технического состояния одноковшовых шагающих экскаваторов // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Труды VII международной научно-практической конференции Кемерово : ННЦ ГПИГД им. А. А. Скочинского, ИУУ СО РАН, КузГТУ, ЗАО КВК «ЭкспоСибирь», 2005. С. 79–82.

18. Менчугин А. В., Протасов С. И. Особенности оценки шумов при проведении АЭ контроля стрел карьерных экскаваторов типа драглайн // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 3. С. 48–51.

19. Barat V., Marchenkov A., Bardakov V. [et al.] Structural Health Monitoring of Walking Dragline Excavator Using Acoustic Emission // Applied

Sciences (Switzerland). 2021. Vol. 11. № 8. DOI: 10.3390/app11083420. EDN TFRJSC.

20. Побегайло П. А., Крицкий Д. Ю., Сазанкова Е. С. К вопросу о выборе методов контроля и оценки состояния металлоконструкций карьерных экскаваторов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : Сборник трудов XXI Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады, Екатеринбург, 06–07 апреля 2023 года / Под общей редакцией Лагуновой Ю. А. Оргкомитет: Лагунова Ю. А., Калянов А. Е. Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2023. С. 380–387. EDN MZMIMB.

21. Bin Xu, Qi Wu. Stress fatigue crack propagation analysis of crane structure based on acoustic emission // Engineering Failure Analysis. 2020. Vol. 109. 104206. ISSN 1350-6307. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2019.104206.

22. Серьезнов А. Н., Степанова Л. Н., Кабанов С. И. [и др.] Акустико-эмиссионный контроль дефектов зоны крепления крыла самолета в условиях полета // Контроль. Диагностика. 2024. Т. 27. № 6(312). С. 18–27. DOI: 10.14489/td.2024.06.pp.018-027. EDN KQUSNJ.

© 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 Борис Львович – 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.

Швыдкин Сергей Анатольевич, ведущий инженер, Институт угля Федерального Исследовательского Центра угля и углехимии СО РАН, e-mail: sergserg60@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Герике Борис Львович – введение, постановка задачи, обсуждение результатов, выводы

Швыдкин Сергей Анатольевич – разработка методики, изготовление макетного образца измерительно-регистрирующей аппаратуры, проведение измерений, обработка результатов, выводы

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF LOAD-BEARING STEEL STRUCTURES OF MINING DUMP TRUCKS

Boris L. Gericke^{1,2}, Sergey A. Shvydkin ¹

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: gbl_42@mail.ru

**Article info**

Received:

20 December 2024

Accepted for publication:

22 June 2025

Accepted:

30 June 2025

Published:

28 August 2025

Keywords: acoustic emission monitoring, technical condition, diagnostics, dump truck, frame

Abstract.

Analysis of emergency failures of heavy-duty dump trucks at Kuzbass open-pit mines shows that up to 45% of failures are mechanical installations, of which up to 30% are related to failures of metal structures. The number of failures of mechanisms and systems of dump truck depends on the occurrence and development of cracks, which are formed as a result of gradual accumulation of damage, mainly in the frame, motor-reducer housings and dump truck body. During operation, the most dangerous from the point of view of cracking are dynamic loads arising when the dump truck is traveling on quarry roads.

Visual inspection is mainly used to detect defects, but its application does not allow to ensure accident-free operation of dump trucks. In this regard, it is proposed to use acoustic emission monitoring to search for defects and assess the dynamics of their development.

The article describes the application of acoustic emission (AE) monitoring system for diagnostics of the frame section during direct operation of dump truck in a quarry. The results of diagnostics and information about detected defects are given. Acoustic emission monitoring allows not only to increase the efficiency of defects detection, but also to perform diagnostics remotely without interfering with the current production process. AE monitoring will provide daily information on the technical condition of the dump truck frame, carry out repairs as damage accumulates, and assess the quality of repairs.

For citation: Gericke B.L., Shvydkin S.A. Monitoring of the technical condition of load-bearing steel structures of mining dump trucks. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 4(170):128-136. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-128-136, EDN: MJRPVM

REFERENCES

1. Bokarev A.I., Dianov V.A., Kartashov A.B., Arutyunyan G.A., Dubinkin D.M., Pashkov D.A. Failure statistics of the highly loaded units of the quarry dump trucks with the payload capacity of 220 tons. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. 2024; 4(164):23–31. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-4-23-31. EDN: BVKEVP
2. Goryunov S.V., Khoreshok A.A. Evaluation of the system of maintenance and repair of dump trucks at coal-mining enterprises of Kuzbass. *Technological equipment for mining and oil and gas industry : Proceedings of the XXI International Scientific and Technical Conference held in the framework of the Ural mining decade*. Yekaterinburg, April 06-07, 2023 / Under the general editorship of Lagunova Y.A. Organizing Committee: Lagunova Y.A., Kalyanov A.E. Ekaterinburg: Ural State Mining University; 2023. Pp. 358–362. EDN UTHHMI.
3. Kudrevatykh A.V., Furman A.S., Ascheulov A.S. [et al.] Methods of diagnosing the actual technical condition of BelAZ motor-wheel gearbox. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. 2021; 2(144):23–28. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-2-23-28. EDN DLJVZM.
4. Khoreshok A.A., Kudrevatykh A.V., Ascheulov A.S. [et al.] Increase in durability of motor-wheel reducers of quarry dump trucks by method of implementation of actual technical condition control. *Mining Science and Technology*. 2021; 6(4):267–276. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-4-267-276. EDN HOKCJD.
5. Shemyakin V.V.; Strizhkov S.A. Aspects of the acoustic emission method application for the hazardous industrial objects monitoring (in Russian). *In the World of Non-Destructive Testing*. 2004; 4:16–19.
6. Ivanov V.I. Actual problems of AE diagnostics. *All-Russian Conference with international participation "Actual problems of the method of acoustic emission" (APMAE-2021)*. St. Petersburg, Russia. 2021. P. 3.
7. Ivanov V.I., Barat V.A. Acoustic emission diagnostics: reference. Moscow: ID "Spektr"; 2017.
8. Stepanova L.N., Kabanov S.I., Lebedev E.Y. Acoustic Emission Diagnostics of Freight Car Bogie Cast Pieces. *Transportation Research Procedia*. Irkutsk-Krasnoyarsk. 2022. Pp. 547–555. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.089. EDN IFMLZT.
9. Ono K. Structural Health Monitoring of Large Structures Using Acoustic Emission—Case Histories. *Applied Sciences*. 2019; 9(21):4602. DOI: 10.3390/app9214602.
10. Nuñez A., Kattis S. Effective approaches to remote asset monitoring with acoustic emission. *EWGAE35 & ICAE10 Conference on Acoustic Emission Testing*. Ljubljana, Slovenia, September 2022. e-Journal of Nondestructive Testing. 2003; 28(1). DOI: 10.58286/27600.
11. Petersen T.B., Shemyakin V.V., Samokhvalov A.B., Kurnosov D.A., Chernigovsky V.Yu. AE as a complex method of monitoring objects. Tasks and prospects. *All-Russian Conference with International Participation "Actual Problems of Acoustic Emission Method" (APMAE-2021)*. St. Petersburg, Russia. 2021. Pp. 5–6.

12. Isychko V.E., Zhantuev R.M., Prikhodko M.G. Acoustic emission control. *Nauka. New Generation. Success : Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference*. Krasnodar, April 28, 2023. Krasnodar: Individual entrepreneur Kabanov Viktor Boleslavovich Kabanov (Publishing House "Novatsiya"), 2023. Pp. 246–248. EDN VPNFWZ.

13. Shvydkin, S.A., Gericke B.L. Acoustic-emission monitoring of bearing elements of metal structures of quarry dump trucks. *Science-intensive technologies of development and utilization of mineral resources*. 2022; 8:153–157. EDN GYVRRW.

14. Shvydkin S.A. Acoustic-emission monitoring at the objects of coal industry. *Development - 2023 : Proceedings of the conference*. Kemerovo, May 11-13, 2023. Kemerovo: FIC UUH SB RAS; 2023. Pp. 80–85. EDN PIMCPN.

15. Menchugin A.V., Gericke B.L., Protasov S.I., Buyankin P.V. Estimation of the technical state of the bearing metal structures of the walking excavators by the parameters of the acoustic-emission signal. *Mining equipment and electromechanics*. 2009; 5:25–30.

16. Menchugin A.V., Bogomolov I.D., Buyankin P.B. Application of nondestructive testing methods for technical diagnostics of metal structures of single-bucket walking excavators. *Collection of the best reports of students and graduate students of Kuzbass State Technical University*. Based on the results of the 51st Student Scientific and Practical Conference. Kemerovo: KuzSTU; 2006. Pp. 77–80.

17. Menchugin A.V., Protasov S.I., Stenin G.D. Application of the acoustic emission control for the technical state estimation of the single-bucket walking excavators. *Energy security of Russia. New approaches to the development of coal industry: Proceedings of the*

VII International Scientific and Practical Conference. Kemerovo: NSC GPIGD named after A.A. Skochinsky, IJU SO RAS, KuzGTU, ZAO KVK "ExpoSiberia", 2005. Pp. 79–82.

18. Menchugin A.V., Protasov S.I. Peculiarities of noise estimation at AE control of the booms of the quarry excavators of dragline type. *Labor Safety in Industry*. 2009; 3:48–51.

19. Barat V., Marchenkov A., Bardakov V. [et al.] Structural Health Monitoring of Walking Dragline Excavator Using Acoustic Emission. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021; 11(8). DOI: 10.3390/app11083420. EDN TFRJSC.

20. Pobegailo P.A., Kritsky D.Yu., Sazankova E.S. To the question of the choice of methods of control and condition assessment of metal structures of quarry excavators. *Technological equipment for mining and oil and gas industry : Proceedings of the XXI International Scientific and Technical Conference held in the framework of the Ural Mining Decade*. Ekaterinburg, April 06-07, 2023 / Under the general editorship of Lagunova Y.A. Organizing Committee: Lagunova Y.A., Kalyanov A.E. Ekaterinburg: Ural State Mining University; 2023. Pp. 380–387. EDN MZMIMB.

21. Bin Xu, Qi Wu, Stress fatigue crack propagation analysis of crane structure based on acoustic emission. *Engineering Failure Analysis*. 2020; 109:104206. ISSN 1350-6307. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2019.104206.

22. Seryeznov A.N., Stepanova L.N., Kabanov S.I. [et al.] Acoustic-emission control of defects of the airplane wing attachment zone under the flight conditions. *Control. Diagnostics*. 2024; 27(6(312):18–27. DOI: 10.14489/td.2024.06.pp.018-027. EDN KQUSNJ.

© 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:

Boris L. Gericke - 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.

Sergey A. Shvydkin, Senior Engineer, Institute of Coal, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry SB RAS, e-mail: sergserg60@mail.ru

Contribution of the authors:

Boris L. Gericke –introduction, problem statement, discussion of results, conclusions

Sergey A. Shvydkin – methodology development, production of a mock-up sample of measuring and recording equipment, measurement, processing of results, conclusions

All authors have read and approved the final manuscript.



ISSN 1999-4125

ВЕСТНИК

КУЗБАССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

4-'25

КУЗБАССКИЙ
ПОЛИТЕХ
год открытий



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

ВЕСТНИК

КУЗБАССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



№4 (170) 2025

Основан в 1997 году
Выходит 6 раз в год
ISBN 5-89070-074-X
ISSN 1999-4125

12+

Редакционная коллегия:

Блюменштейн В.Ю., гл. редактор, д.т.н. (РФ)
Хорешок А.А., зам. гл. ред., д.т.н. (РФ)
Баласанян Б.С., д.т.н. (Армения)
Бараникова С.А., д.ф.-м.н., (РФ)
Гаибназаров С.Б., д.т.н. (Узбекистан)
Данилов В.И., д.ф.-м.н., (РФ)
Демирель Нурей, к.т.н. (Турция)
Клейн М.С., д.т.н. (РФ)
Клишин В.И., член-корреспондент РАН, д.т.н. (РФ)
Клубович В.В., академик НАН Беларуси, д.т.н. (Беларусь)
Колесников В.Ф., д.т.н. (РФ)
Коротков А.Н., д.т.н. (РФ)
Лесин Ю.В., д.т.н. (РФ)
Маметьев Л.Е., д.т.н. (РФ)
Марков А.М., д.т.н. (РФ)
Мисников О.С., д.т.н. (РФ)
Пантелеско Ф.И., член-корреспондент НАН Беларуси, д.т.н. (Беларусь)
Перкель А.Л., д.х.н. (РФ)
Радченко М.В., д.т.н. (РФ)
Ренев А.А., д.т.н. (РФ)
Саййидкосимов С.С., д.т.н. (Узбекистан)
Серони Аньона, к.т.н. (Кения)
Смирнов А.Н., д.т.н. (РФ)
Трясунов Б.Г., д.х.н. (РФ)
Удовицкий В.И., д.т.н. (РФ)
Федотенко В.С., д.т.н. (РФ)
Фёт Штефан, д.т.н. (Германия)
Хайитов О.Г., д.г.-м.н. (Узбекистан)
Хейфец М.Л., д.т.н. (Беларусь)
Хямяляйнен В.А., д.т.н. (РФ)
Цзяо Ви-го, д.т.н. (Китай)
Черкасова Т. Г., д.х.н. (РФ)
Чехлар Михал, к.т.н. (Республика Словакия)
Яночко Юрай, к.т.н. (Республика Словакия)

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

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

Подписной индекс П4471 по электронному каталогу российской прессы
«Почта России»

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 58.14.1 ОКПД 2 ОК 034-2014 (КПЕС 2008)

© Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, 2025

Уважаемые читатели!

Журнал издается с 1997 г.

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»

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

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН
Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
– регистрационный номер СМИ ПИ №
ФС77 - 74612 от
24 декабря 2018 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:
- 2.5. Машиностроение и
машиноведение (технические науки):
2.5.5., 2.5.6., 2.5.7., 2.5.8., 2.5.9.
- 2.6. Химические технологии, науки о
материалах, металлургия (химические
науки): 2.6.7., 2.6.8., 2.6.10., 2.6.12.
- 1.6. Науки о Земле и окружающей
среде (технические науки): 1.6.9.
- 2.8. Недрапользование и горные
науки (технические науки): 2.8.3.,
2.8.6., 2.8.7., 2.8.8., 2.8.9.

Технический редактор
О.А. Останин

Дизайн обложки,
компьютерная верстка
Д.А. Бородин

Тел.: +7-3842-39-63-14
Сайт: vestnik.kuzstu.ru
e-mail: vestnik@kuzstu.ru

Дата подписи в печать: 28.08.2025

Дата выхода в свет: 04.09.2025

Формат 60×84/8.

Бумага офсетная.

Отпечатано на МФУ

Уч.-изд. л. 24,75

Тираж 70 экз.

Заказ 64

Цена свободная

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

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

BULLETIN

OF THE KUZBASS
STATE TECHNICAL
UNIVERSITY



№ 4 (170) 2025

Founded in 1997
Issued 6 times a year
ISBN 5-89070-074-X
ISSN 1999-4125

Editorial Team:

Blumenstein V. Yu., editor-in-chief, Dr. Sc. (Russia)
Khoreshok A. A., deputy editor-in-chief, Dr. Sc. (Russia)
Balasanyan B.S., Dr. Sc. (Armenia)
Barannikova S.A., Dr. Sc. (Russia)
Cehlár Michal, PhD (Slovak Republic)
Cherkasova T. G., Dr. Sc. (Russia)
Danilov V.I., Dr. Sc. (Russia)
Demirel Nuray, PhD (Turkey)
Gaibnazarov S.B., Dr. Sc. (Uzbekistan)
Fedotenko V.S., Dr. Sc. (Russia)
Janocko Juraj, PhD., (Slovak Republic)
Jiao Wi-guo, Dr. Sc. (PRC)
Khayitov O.G., Dr. Sc. (Uzbekistan)
Kheifetz M.L., Dr. Sc. (Belarus)
Khoreshok A. A., Dr. Sc. (Russia)
Khyamyalyaynen V. A., Dr. Sc. (Russia)
Klein M.S., Dr. Sc. (Russia)
Klitshin V. I., corresponding member of RAS, Dr. Sc. (Russia)
Klubovitch V. V., academician of Belarus NAS, Dr. Sc. (Belarus)
Kolesnikov V. F., Dr. Sc. (Russia)
Korotkov A. N., Dr. Sc. (Russia)
Lesin Yu.V., Dr. Sc. (Russia)
Mametiev L. E., Dr. Sc. (Russia)
Markov A.M., Dr. Sc. (Russia)
Misnikov O. S., Dr. Sc. (Russia)
Panteleenko F.I., corresponding member of Belarus NAS, Dr. Sc. (Belarus)
Perkel A.L., Dr. Sc. (Russia)
Radchenko M.V., Dr. Sc. (Russia)
Renev A. A., Dr. Sc. (Russia)
Sayidkosimov S.S., Dr. Sc. (Uzbekistan)
Seroni Anyona, PhD (Kenya)
Smirnov A. N., Dr. Sc. (Russia)
Tryasunov B.G., Dr. Sc. (Russia)
Udovitsky V.I., Dr. Sc. (Russia)
Vöth Stefan, Dr.Sc., (Germany)

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

Subscription index is P4471 as per the electronic catalog of the Russian press "Post of Russia"

Tax relief - All-Russian product classifier
The publication corresponds to 58.14.1 OKPD 2 OK 034-2014 (KPEC 2008)
© T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 2024

Dear readers!

The journal is published since 1997.

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.

THE JOURNAL IS REGISTERED

by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Communications - media registration number PI No. FS 77 - 74612 of December 24, 2018

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:

- 2.5. Engineering and mechanical engineering (engineering): 2.5.5., 2.5.6., 2.5.7., 2.5.8., 2.5.9.
- 2.6. Chemical technology, materials sciences, metallurgy (chemical sciences): 2.6.7., 2.6.8., 2.6.10., 2.6.12.
- 1.6. Earth and Environmental Sciences (engineering): 1.6.9.
- 2.8. Subsoil use and mining sciences (engineering): 2.8.3., 2.8.6., 2.8.7., 2.8.8., 2.8.9.

Technical editor
O. A. Ostanin

Cover design,
computer layout
D. A. Borodin

Tel.: +7-3842-39-63-14
Web-site: vestnik.kuzstu.ru
e-mail: vestnik@kuzstu.ru

Signed for publication:
28 August 2025

Date of publication: 4 September 2025

Format 60×84 /8.

Offset paper.

Imprinted on MFPs

Published sheets 24,75

Edition 70 copies.

Order 64

Free price

Address of the printing house:
Publishing center KuzSTU
Russia, 650000, Kemerovo region, Kemerovo, 4a, D. Bednogo str

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОФИЗИКА

Власов М.А., Герасимов О.В., Простов С.М.
Корректировка неравномерной осадки фундамента
шахтной вентиляционной установки

5

Власов М.А., Герасимов О.В., Простов С.М.
Предотвращение опасных деформаций грунтового
основания сооружения вентиляционной установки на
основе объемной геомеханической модели

18

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Люкшин В.С., Шатко Д.Б., Заруцкий С.Ю.
Подходы к повышению эффективности процесса
шлифования инструментами на гибкой основе

32

СВАРКА, РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Михно А.Р., Крюков Р.Е., Бендре Ю.В.
Термодинамические аспекты восстановления
марганца при использовании флюса, изготовленного
из шлака производства силикомарганца

41

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ, ВЕЩЕСТВ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Рябинин А.А.
Исследование влияния предварительного
термостатирования частично-синтетического
моторного масла Лукойл Супер 10W - 40 SG/CD на
тепловую энергию, поглощенную продуктами
окисления

50

Рябинин А.А.
Исследование влияния предварительного
термостатирования синтетического моторного масла
Лукойл Genesis 5W-40 SN/CF на тепловую энергию,
поглощенную продуктами окисления

56

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТОПЛИВА И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Заостровский А.Н., Петрушина А.В.,
Нурмухаметов Д.Р.
Иницирование компонентов взрыва на поверхности
угольной пыли

64

ГЕОМЕХАНИКА, РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД, РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

Смирнова А.Д., Михайлова Т.В., Попов А.В.
Комплексный подход к оценке степени
трещиноватости и газопроницаемости
углепородного массива на основе анализа физико-
механических свойств

71

Фофанов А.А.
Особенности адсорбции метана на микропористой
поверхности в структуре каменного угля

84

CONTENTS

GEOPHYSICS

Vlasov M.A., Gerasimov O.V., Prostov S.M.
Correction of uneven precipitation of the foundation of
the shaft ventilation system

Vlasov M.A., Gerasimov O.V., Prostov S.M.
Prevention of dangerous deformations of the soil base
of the ventilation installation based on a volumetric
geomechanical model

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR MECHANICAL AND PHYSICAL-TECHNICAL PROCESSING

Lyukshin V.S., Shatko D.B., Zarutsky S.Yu.
Approaches to improving the efficiency of the
grinding process with tools on a flexible basis

WELDING, RELATED PROCESSES AND TECHNOLOGIES

Mikhno A.R., Kryukov R.E., Bendre Yu.V.
Thermodynamic aspects of manganese restoration
when using flux made from silicomanganese
production slag

METHODS AND DEVICES FOR MONITORING AND DIAGNOSTICS OF MATERIALS, PRODUCTS, SUBSTANCES AND THE NATURAL ENVIRONMENT

Ryabinin A.A.
Research of the influence of preliminary thermostating
of partially synthetic motor oil Lukoil Super 10W - 40
SG/CD on thermal energy absorbed by oxidation
products

Ryabinin A.A.
Research of the influence of preliminary thermostating
of partially synthetic motor oil Lukoil Genesis 5W-40
SN/CF on thermal energy absorbed by oxidation
products

CHEMICAL TECHNOLOGY OF FUEL AND HIGH-ENERGY SUBSTANCES

Zaostrovsky A.N., Petrushina A.V.,
Nurmukhametov D.R.
Initiation of explosion components on the surface of
coal dust

GEOMECHANICS, DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION, MINE AEROGASDYNAMICS AND MINING THERMOPHYSICS

Smirnova A.D., Mikhaylova T.V., Popov A.V.
An integrated approach to the assessment of fracturing
and gas permeability of coal-bearing rocks based on
the analysis of physical and mechanical properties

Fofanov A.A.
Features of methane adsorption on a microporous
surface in the structure of coal

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

- Селюков А.В., Терентьев Д.Д.*
Обоснование высоты уступа и шага смещения
обратной гидравлической лопаты при закладке
выработанного пространства породугольной
заходки
- Песочинский М.С., Анушенков А.Н., Морин А.С.,
Игнатова О.С.*
Исследование способа ведения закладочных работ
твёрдеющими смесями в подземных горных
выработках
- Герике П.Б., Герике Б.Л.*
Вентиляционное оборудование как объект
неразрушающего контроля с применением единых
диагностических критериев
- Герике Б.Л., Швыдкин С.А.*
Мониторинг технического состояния несущих
металлоконструкций карьерных автосамосвалов
- Линник Ю.Н., Линник В.Ю.*
Обзор современного состояния в области технологий
машинного обучения, используемых при добыче и
обогащении полезных ископаемых
- Аксенов В.В., Копытов А.И., Пашков Д.А., Вети А.А.*
Определение параметров модели магнетитовой руды
Шерегешевского железорудного месторождения для
имитационного моделирования аварийной просыпи
шахтного скипа
- Жиронкин С.А., Коновалова М.Е., Гасанов Э.А.,
Абу-Абед Ф.Н., Ху Тинтин*
Майнинг 6.0 и пост-майнинг
- Воронов А.Ю., Сыркин И.С., Пашков Д.А.*
Интеллектуальные системы управления на открытых
горных работах: состояние и перспективы
- Селюков А.В., Нечаев А.И.*
Обоснование подготовки емкости под внутренний
бестранспортный отвал на основе закономерностей
залегания свиты пологопадающих пластов и главных
параметров карьерного поля

GEOTECHNOLOGY

- 91 *Selyukov A.V., Terentyev D.D.*
To substantiate the mining regime of deep-continuous
development systems with an excavator-dump
overburden technological complex
- 103 *Pesochinskiy M.S., Anushenkov A.N., Morin A.S.,
Ignatova O.S.*
On the issue of stacking works with hardening
mixtures in underground mining workings
- 119 *Gerike P.B., Gericke B.L.*
Ventilation equipment as an object of non-destructive
testing using uniform diagnostic criteria
- 128 *Gericke B.L., Shvydkin S.A.*
Monitoring of the technical condition of load-bearing
steel structures of mining dump trucks
- 137 *Linnik Yu.N., Linnik V.Yu.*
Review of the current state of machine learning
technologies used in mining and mineral processing
- 145 *Aksenov V.V., Kopytov A.I., Pashkov D.A., Weti A.A.*
Determination of model parameters of magnetite ore
from the Sheregesh iron ore deposit for simulation of
emergency spillage in a mine skip
- 157 *Zhironkin S.A., Konvalova M.E., Gasanov E.A.,
Abu-Abed F.N., Hu Tingting*
Mining 6.0 and post-mining
- 169 *Voronov A.Yu., Syркиn I.S., Pashkov D.A.*
Intelligent fleet management systems in open-pit
mining: status and prospects
- 184 *Selyukov A.V., Nechaev A.I.*
Substantiation of the preparation of a container for an
internal transportless dump based on the patterns of
occurrence of a formation of gently falling formations
and the main parameters of the quarry field