ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2026;(2):59-67
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.232.8 DOI: 10.25018/0236_1493_2026_2_0_59

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТОЧЕК ПЕРЕГРЕВА УЗЛОВ ГИДРОСИСТЕМЫ АВТОСАМОСВАЛОВ

Е.Б. Черепецкая[1], Ш.М. Худайбердиев[2], Ш.С. Косимов[2], Р.М. Эргашев[3]

[1] НИТУ МИСИС, Москва, Россия, e-mail: eb.cherepetskaya@misis.ru
[2] Филиал НИТУ МИСИС в г. Алмалык, Алмалык, Республика Узбекистан
[3] АО «НГМК», Навои, Республика Узбекистан

Аннотация: Рассмотрены преимущества тепловизионного контроля по сравнению с другими методами. Он позволяет проводить дистанционную, бесконтактную и быструю диагностику состояния оборудования. В результате первичных инструментальных обследований с применением тепловизора, визуального осмотра и изучения технической документации был сформирован перечень отдельных узлов, наиболее подверженных перегреву и требующих регулярного тепловизионного контроля. К ним относятся элементы, обеспечивающие работу опрокидывающего механизма, рулевого управления, тормозной системы и вспомогательных гидравлических контуров. На основе анализа статистических данных по отказам узлов гидросистемы автосамосвалов БелАЗ, эксплуатируемых на карьере Мурунтау АО «НГМК», показано, что по причине перегрева наиболее часто выходят из рабочего состояния аксиально-поршневой насос, автомат разгрузки, гидроаккумуляторы рулевой системы, насос-дозатор. Для получения тепловизионных карт перечисленных выше узлов использовался тепловизор Testo 865. При проведении всех измерений значение коэффициента излучательной способности принималось равным 0,95. Было получено, что для аксиально-поршневого насоса максимальные значения температур достигались в его центральной части и составляли 66,2–67,9 °С, что свидетельствовало о повышенной нагрузке в этой зоне. Примерно в таком же диапазоне лежали максимальные температуры автомата разгрузки, гидроаккумуляторов рулевой системы и гидрораспределителя. Таким образом, показано, что тепловизионный контроль является перспективным методом неразрушающего контроля для обнаружения точек перегрева элементов гидравлической системы горнодобывающей техники.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, гидросистема автосамосвалов БелАЗ, аксиально-поршневой насос, автомат разгрузки, гидроаккумуляторы рулевой системы, насос-дозатор, точки перегрева, термограмма, тепловое поле

Для цитирования: *Черепецкая Е. Б., Худайбердиев Ш. М., Косимов Ш. С., Эргашев Р. М.* Тепловизионный контроль точек перегрева узлов гидросистемы автосамосвалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 2. – С. 59–67. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_2_0_59.

Thermal imaging to control overheat of hydraulic components of dump trucks

E.B. Cherepetskaia[1], Sh.M. Khudaiberdiev[2], Sh.S. Kosimov[2], R.M. Ergashev[3]

[1] NUST MISIS, Moscow, Russia, e-mail: eb.cherepetskaya@misis.ru
[2] Almalyk Branch of NUST MISIS, Almalyk, Republic of Uzbekistan
[3] Navoi Mining and Metallurgical Company JSC, Navoi, Republic of Uzbekistan

Abstract: The article describes advantages of thermal imaging control over other methods. Thermal imaging allows remote, noncontact and fast diagnostics of equipment. As a result of primary instrumental examination using a thermal imager, visual inspection and review of technical documentation, the list of equipment units most susceptible to overheat and requiring regular thermal imaging control was compiled. Such units include the elements of dumping mechanism, steering, brake system and auxiliary hydraulic circuits. On the basis of the statistical analysis of faults of hydraulic components in BelAZ dump trucks in operation at the Muruntau open pit mine of the Navoi Mining and Metallurgical Works, it is shown that overheat is the most frequent cause of failure of an axial piston pump, pressure control unit, steering accumulator and a dosing pump. Thermal imaging maps of the above-listed units used thermal imager Testo 865. The emissivity coefficient was assumed as 0.95 in all measurements. For the axial piston pump, the maximal temperatures were attained in its center and reached 66.2–67.9 °C, which was reflective of the increased load of the zone. Approximately the same ranges were true for the maximal temperatures of dumping mechanisms, steering guides and hydraulic control valves. In this manner, thermal imaging is a promising method of nondestructive control and detection of overheat points in hydraulic components of mining and transport machines.

Key words: thermal imaging control, hydraulic systems of BelAZ dump trucks, axial piston pump, dumping mechanism, steering accumulators, dosing pump, overheat points, heat pattern, thermal field.

For citation: Cherepetskaia E. B., Khudaiberdiev Sh. M., Kosimov Sh. S., Ergashev R. M. Thermal imaging to control overheat of hydraulic components of dump trucks. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(2):59-67. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_2_0_59.

Введение

Современные карьерные автосамосвалы и другая тяжелая горнодобывающая техника работают при повышенных нагрузках в экстремальных климатических условиях, что приводит к интенсивному износу агрегатов и узлов [1—3]. Элементы гидравлических систем [4] являются важными узлами, от исправности которых напрямую зависят производительность, безопасность эксплуатации и срок службы оборудования.

Традиционные методы контроля технического состояния узлов самосвалов, включающие визуальный осмотр [5, 6], вибродиагностику элементов двигателя [7, 8], шерографию шин [9, 10], акустоэмиссионную диагностику элементов рам [11] и др. [12], обладают рядом ограничений. Они не позволяют выявлять скрытые дефекты и в большинстве случаев не обеспечивают оперативность обнаружения зон перегрева.

В этих условиях особую актуальность приобретает использование тепловизионного контроля, позволяющего проводить дистанционную, бесконтактную и быструю диагностику состояния оборудования [13, 14]. Тепловизионные камеры обеспечивают визуализацию распределения температуры на поверхности узлов и агрегатов, что дает возможность выявлять неисправности на ранних стадиях, локализовать источники перегрева и оценивать эффективность работы систем охлаждения.

Дополнительная математическая обработка полученных тепловизионных изображений и применение машинного обучения позволяет не только определять точки перегрева агрегатов, но и локализовать возникающие дефекты [15—18].

Тепловизионный метод неразрушающего контроля может быть реализован как активным, так и пассивным способом. Активная термография использует внешний источник тепла для регистрации теплового отклика изделия, в отличие от пассивной термографии, которая не использует внешнее воздействие [19].

Для контроля компонентов карьерных самосвалов наиболее перспективен пассивный метод.

Так, на его основе компанией Bridgestone Corporation (Ozaha Hamajata / Japan) были разработаны новые процедуры теплового контроля внедорожных шин для строительной и горнодобывающей техники. Долгосрочные испытания, проводимые Bridgestone для 300-тонных самосвалов Komatsu 960E-1K, включали параллельные внутренние и внешние тепловые осмотры. Внешние осмотры шин базируются на основе тепловизионного контроля с использованием камеры ImageIR® 8325 компании IR Systems [20]. Данные камеры обладают рядом преимуществ: интерфейсом, совместимым с LabView, запуском с наносекундной точностью, температурным разрешением 20 мК, чрезвычайно высокой частотой кадров. Однако необходимая для камеры система охлаждения делает ее трудноприменимой в полевых условиях.

Тепловизионные камеры используются также для контроля исправности тормозов грузовиков в целях обеспечения безопасности дорожного движения по всей территории США.

Так, департамент транспорта штата Вашингтон (WSDOT) установил автоматизированную систему инфракрасного досмотра (AIRS), которая использует тепловизионную камеру FLIR A315 для автоматического обнаружения неисправных тормозов грузовиков на нескольких станциях взвешивания [21].

Проведенный анализ показал, что тепловизионный контроль, обладая рядом преимуществ перед другими методами неразрушающего контроля, позволяет решать широкий круг вопросов от определения точек и областей перегрева различных компонентов техники до идентификации и локализации дефектов.

В настоящей работе приведены предварительные результаты тепловизионного контроля узлов гидравлической системы карьерных самосвалов БелАЗ, работающих на карьере Мурунтау АО «НГМК».

Возможные точки перегрева компонентов гидравлической системы

Гидравлическая система является одной из ключевых и наиболее ответственных частей карьерных автосамосвалов, от состояния и корректной работы которой напрямую зависят их эксплуатационная надежность, безопасность и эффективность выполнения производственных задач.

На основе анализа статистических данных по неисправностям гидравлических систем за последние три года, а также результатов первичных инструментальных обследований с применением тепловизора, визуального осмотра и изучения технической документации был сформирован перечень отдельных узлов, наиболее подверженных перегреву и требующих регулярного тепловизионного контроля. К ним относятся элементы, обеспечивающие работу опрокидывающего механизма, рулевого управления, тормозной системы и вспомогательных гидравлических контуров.

Согласно статистике отказов узлов гидросистемы автосамосвалов БелАЗ, эксплуатируемых на карьере Мурунтау АО «НГМК», за последние три года аксиально-поршневой насос был снят 199 раз, из которых 12 — по причине перегрева, автомат разгрузки снимался с различных автосамосвалов 305 раз, из

Технические характеристики тепловизора Testo 865
Thermal imager technical characteristics

Параметр	Значение
Поле зрения	31° × 23°
Фокус	фиксированный
Минимальное фокусное расстояние	< 0,5 м
Пространственное разрешение (IFOV)	3,4 мрад
Частота обновления кадра	9 Гц
Инфракрасное разрешение	160 × 120 пикселей
Режим суперразрешения (IFOV)	2,1 мрад
Режим суперразрешения (пиксели)	320 × 240 пикселей
Температурная чувствительность	< 0,1 °C (100 мК)
Спектральный диапазон	7,5 — 14 мкм

них 63 раза также по причине перегрева. В 2024 г., согласно статистическим данным, насос-дозатор снимали 29 раз, при этом 11 случаев было связано со значительным превышением нормативной температуры; усилитель потока, предназначенный для увеличения объема рабочей жидкости, поступающей к рулевым гидроцилиндрам, был демонтирован 34 раза, из них в 9 случаях — по причине перегрева.

Проведенный анализ показывает, что количество отказов узлов гидросистемы, связанных с перегревом, колеблется от 10 до 40%. Таким образом, своевременное определение точек нарушения теплового режима приведет к уменьшению числа отказов, сокращению сроков ремонта и упрощению процедуры самого ремонта.

Результаты и обсуждение

На первом этапе исследования были обследованы автосамосвалы, обслуживающие карьер Мурунтау, с использованием тепловизора компании Testo, основные характеристики которого приведены в таблице.

Ниже представлены тепловизионные изображения. При этом следует отметить, что полученные термограммы оказались недостаточно четкими для проведения точных температурных измерений, что может быть связано с рядом факторов — таких как расстояние до объекта, загрязнение поверхности, а также ограниченные технические характеристики используемого тепловизора. Более того, при проведении всех измерений значение коэффициента излучательной способности принималось равным 0,95. Однако при дальнейших исследованиях необходимо выполнять дополнительную калибровку для определения величины данного параметра.

На рис. 1 представлено тепловизионное изображение аксиально-поршневого насоса, полученное с использованием инфракрасной камеры с объективом 31°×23° (см. рис. 1, *б*). Слева приведена фотография контролируемого агрегата в видимом диапазоне (см. рис. 1, *а*). Зафиксированные в четырех контрольных точках на поверхности корпуса значения лежали в диапазоне от 75,7 до 69,5 °C.

Термографический снимок автомата разгрузки (рис. 2) демонстрирует распределение температурных полей по поверхности устройства. Показания в контрольных точках составляют 66,2 — 67,9 °C, при этом максимальные значения обнаружены в центральной части,

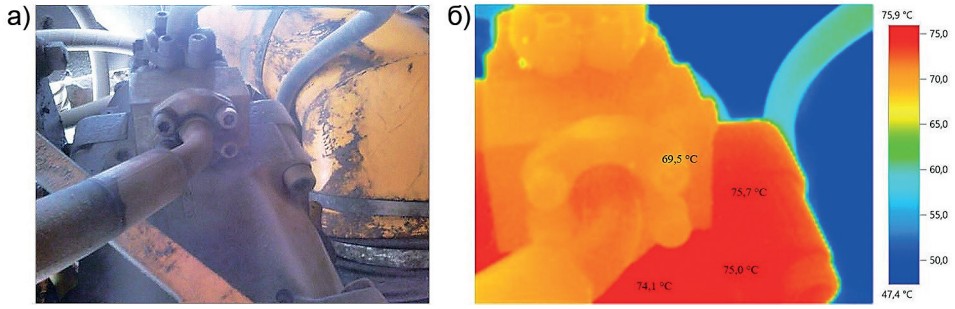

Рис. 1. Аксиально-поршневой насос БЕЛАЗ 7513 (а) и его термографический снимок (б)
Fig. 1. Axial-piston pump of BELAZ 7513 (a) and its thermographic image (b)

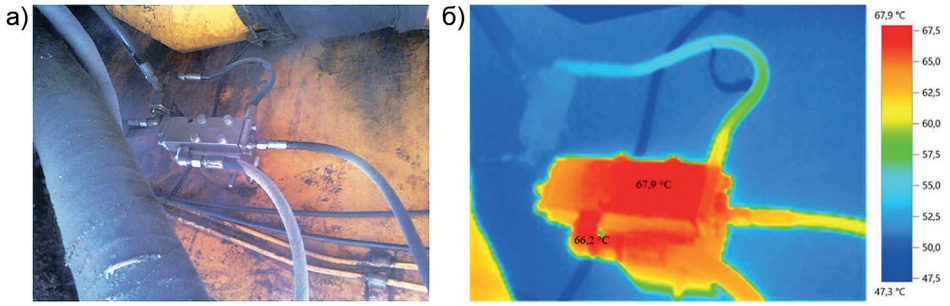

Рис. 2. Автомат разгрузки БЕЛАЗ 75310 (а) и его термографический снимок (б)
Fig. 2. Unloading automatic system of BELAZ 75310 (a) and its thermographic image (b)

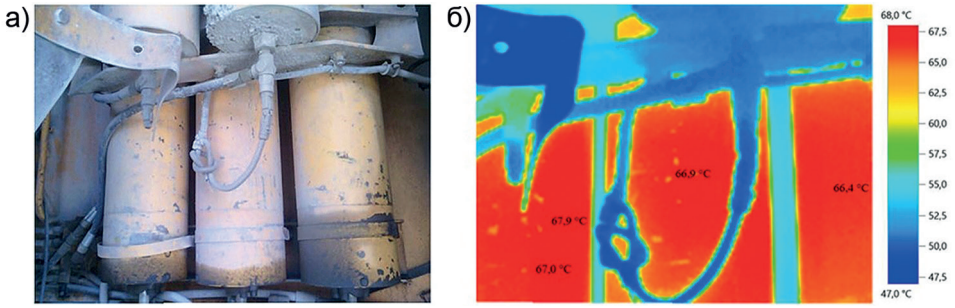

Рис. 3. Гидроаккумуляторы рулевой системы БЕЛАЗ 7513 (а) и его термографический снимок (б)
Fig. 3. Hydraulic accumulators of the steering system of BELAZ 7513 (a) and their thermographic image (b)

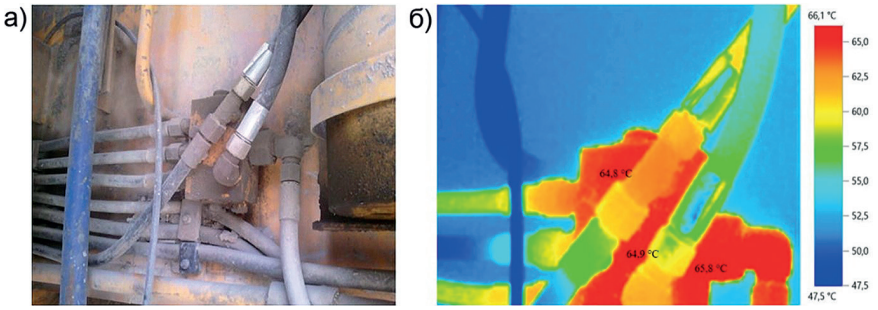

Рис. 4. Гидрораспределитель БЕЛАЗ 7513 (а) и его термографический снимок (б)
Fig. 4. BELAZ 7513 hydraulic distributor (a) and its thermographic image (b)

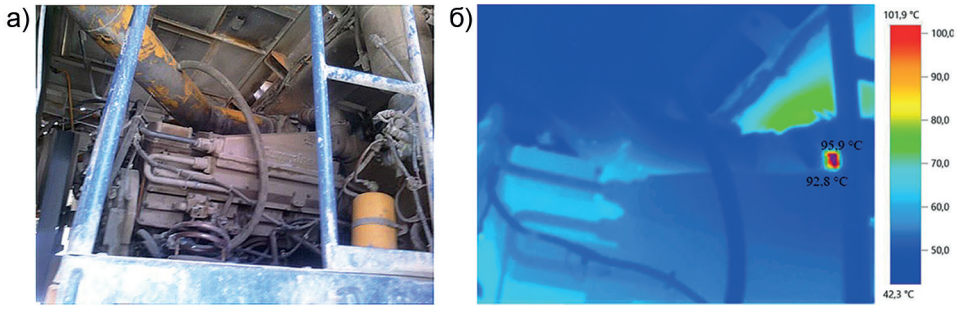

Рис. 5. Двигатель внутреннего сгорания БЕЛАЗ 7513 (а) и его термографический снимок (б)
Fig. 5. Internal combustion engine of BELAZ 7513 (a) and its thermographic image (b)

что может свидетельствовать о повышенной нагрузке в этой зоне.

На следующей термограмме (рис. 3) отображено тепловое состояние гидроаккумуляторов рулевой системы. Измеренные температуры в контрольных точках находятся в диапазоне 66,4—67,9 °С. Наиболее нагретыми оказались центральная и правая части корпуса. Следует учитывать, что измерения отражают суммарное тепловое излучение, включая возможные отраженные компоненты от близлежащих поверхностей.

Тепловизионный снимок, приведенный на рис. 4, демонстрирует температурное поле на поверхности гидрораспределителя. В контрольных точках получены значения от 64,8 до 64,9 °С. Наибольшие температуры выявлены в зоне соединительных элементов, что может быть связано с интенсивным движением рабочей жидкости.

Термограмма двигателя внутреннего сгорания (рис. 5) фиксирует распределение температур на его поверхности. Значения в контрольных точках находятся в пределах 92,8—95,9 °С. Наибольшие показатели зафиксированы в области, приближенной к правому краю изображения, вероятно в зоне системы выпуска.

Фотоснимок двигателя, расположенный на рис. 5, *а*, обеспечивает возможность визуальной идентификации исследованных участков.

Приведенные на рис. 1—5 термограммы показали, что распределение температур на отдельных узлах гидравлической системы и двигателя внутреннего сгорания неравномерное, есть области перегрева. Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание базы данных максимально допустимых температур в каждом элементе гидросистемы и калибровку тепловизионной камеры для корректного измерения тепловых полей.

Заключение

В работе выполнены предварительные исследования тепловых полей ключевых элементов гидравлической системы с использованием тепловизора Testo 865;

Обнаружены зоны повышенной тепловой нагрузки, требующие дополнительного внимания при диагностике.

Показано, что тепловизионный контроль является перспективным методом неразрушающего контроля для обнаружения точек перегрева элементов гидравлической системы горнодобывающей техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Власов Ю. А.*, *Спирин Е. Н.*, *Ляпин А. Н.*, *Ляпина О. В.*, *Чечулин К. Н.* Анализ причин низкой эксплуатационной надежности карьерных автосамосвалов // Научное обозрение. Технические науки. — 2016. — № 5. — С. 37—44.

2. *Кузин Е. Г.*, *Пудов Е. Ю.*, *Дубинкин Д. М.* Анализ отказов узлов карьерных самосвалов в условиях эксплуатации // Горное оборудование и электромеханика. — 2021. — № 2 (154). — С. 55 — 61. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61.

3. *Moniri-Morad A., Sattarvand J.* A comparative study between the system reliability evaluation methods: case study of mining dump trucks // Journal of Engineering and Applied Science. 2023, vol. 70, article 103. DOI: 10.1186/s44147-023-00272-y.

4. *Ширяев С. О.*, *Казанников О. В.* Анализ причин отказов гидроцилиндров опрокидывающего механизма кузова карьерных самосвалов // Ученые заметки ТОГУ. — 2023. — Т. 14. — № 1. — С. 7.

5. *Клебанов А. Ф.*, *Сиземов Д. Н.*, *Кадочников М. В.* Комплексный подход к удаленному мониторингу технического состояния и режимов эксплуатации карьерного автосамосвала // Горная промышленность. — 2020. — № 2. — С. 75 — 81. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-75-81.

6. *Azar R., McCabe E.* Automated visual recognition of dump trucks in construction videos // ASCE Journal of Computing in Civil Engineering. 2012, vol. 26, no. 6, pp. 769 — 781. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000179.

7. *Назарычев А. Н.*, *Дяченок Г. В.*, *Сычев Ю. А.* Исследование надежности тягового электропривода карьерных самосвалов на основе анализа отказов его функциональных узлов // Записки Горного института. — 2023. — Т. 261. — С. 363 — 373.

8. *Ding J., Zhang P.* Vibration test and simulation of traction converters for mining dumper trucks // International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization. 2019, vol. 10, A11.

9. C*hang Ch., Srinivasan K., Wang W., Pattukandan G., Vincent D. R., Deepa N.* Quality assessment of tire shearography images via ensemble hybrid Faster Region-Based ConvNets // Electronics. 2020, vol. 9, no. 1, article 45. DOI: 10.3390/electronics9010045.

10. *Saleh N. A.*, *Al-Areqi F., Konyar M. Z., Kaplan K., Öngir S.*, *Ertunç H. M.* Bubble defect detection for tire shearography images with transfer learning based deep CNN models // Engineering Research Express. 2024, vol. 6, no. 4. DOI: 10.1088/2631-8695/ad915b.

11. *Герике Б. Л.*, *Швыдкин С. А.* Мониторинг технического состояния несущих металлоконструкций карьерных автосамосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2025. — № 4. — С. 128 — 136. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-128-136.

12. *Young N. K.* Qualification of ultrasonic testing of Cat Ridged dump trucks ball studs from the inferior position of the stud / NDT in Canada 2016 & 6th International CANDU In-Service Inspection Workshop, Burlington, ON (Canada), 2016, pp. 132 — 145.

13. *Yang R., He Y.* Optically and non-optically excited thermography for composites: A review // Infrared Physics & Technology. 2016, vol. 75, pp. 26 — 60. DOI: 10.1016/j.infrared.2015.12.026.

14. *Yang S.-Q., Cheng Q., Tang Ch.-Sh., Shi B.* Applications and advancements of infrared thermal imaging technology in geotechnical engineering: A review // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2025. DOI: 10.1016/j.jrmge.2025.05.013.

15. *Tarawneh C., Aranda J., Hernandez V., Crown St., Montalvo J.* An investigation into wayside hot-box detector efficacy and optimization // International Journal of Rail Transportation. 2020, vol. 8, no. 3, pp. 264 — 284. DOI: 10.1080/23248378.2019.1636721.

16. *Deilamsalehy H., Havens T. C., Lautala P.* Detection of sliding wheels and hot bearings using wayside thermal cameras // Proceedings of the 2016 Joint Rail Conference. — Columbia, South Carolina: American Society of Mechanical Engineers, 2016. DOI: 10.1115/JRC2016-5711.

17. *Duda R. O.*, *Hart P. E.* Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures // Communications of the ACM. 1972, vol. 15, pp. 11 — 15.

18. *Wilson A. N.*, *Gupta K. A.*, *Gupta K., Koduru B. H., Kumar A., Iha A.*, *Cenkeramaddi L. R.* Recent advances in thermal imaging and its applications using machine learning: A review // IEEE Sensors Journal. 2023, pp. 3395 — 3407. DOI: 10.1109/JSEN.2023.3234335.

19. *Wang K., Yang J., Liu Z., Bian W., Wu Y., Zhao Sh.* Study on the infrared radiation evolution and early warning characteristics of failure in anchored specimens with different anchorage methods // Engineering Failure Analysis. 2025, article 110065. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2025.110065.

20. *Dimitrov K., Damyanov I.* Thermographic analysis of tires during chassis dynamometer test / Proceedings of the 27th National Conference with International Participation «TELECOM 2019», 2019, Sofia, Bulgaria. DOI: 10.1109/TELECOM48729.2019.8994901.

21. *Sawczuk W., Cañás A. M. R., Kołodziejski S.* Thermal imaging of the disc brake and drive train in an electric locomotive in field conditions // Combustion Engines. 2023, vol. 196, no. 1. DOI: 10.19206/CE-174320. ГИАБ

REFERENCES

1. Vlasov Yu. A., Spirin E. N., Lyapin A. N., Lyapina O. V., & Chechulin K. N. Analysis of the causes of low operational reliability of mining dump trucks. *Scientific review. Technical sciences*. 2016, no. 5, pp. 37 — 44. [In Russ].

2. Kuzin E. G., Pudov E. Yu., & Dubinkin D. M. Analysis of failures of mining dump truck components under operating conditions. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2021, no. 2 (154), pp. 55 — 61. [In Russ]. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61.

3. Moniri-Morad A., Sattarvand J. A comparative study between the system reliability evaluation methods: case study of mining dump trucks. *Journal of Engineering and Applied Science*. 2023, vol. 70, article 103. DOI: 10.1186/s44147-023-00272-y.

4. Shiryaev S. O., Kazannikov O. V. Analysis of the causes of hydraulic cylinder failures in the dumping mechanism of mining dump trucks. *Scientists notes PNU*. 2023, vol. 14, no. 1, pp. 7. [In Russ].

5. Klebanov A. F., Sizemov D. N., Kadochnikov M. V. An Integrated approach to remote monitoring of the technical condition and operating modes of mining dump trucks. *Russian Mining Industry Journal*. 2020, no. 2, pp. 75 — 81. [In Russ]. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-75-81.

6. Azar R., McCabe E. Automated visual recognition of dump trucks in construction videos. *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*. 2012, vol. 26, no. 6, pp. 769 — 781. DOI: 10.1061/(ASCE) CP.1943-5487.0000179.

7. Nazarychev A. N., Dyachenok G. V., Sychev Yu. A. Study of the reliability of the traction electric drive of mining dump trucks based on the analysis of failures of its functional units. *Journal of Mining Institute*. 2023, vol. 261, pp. 363 — 373. [In Russ].

8. Ding J., Zhang P. Vibration test and simulation of traction converters for mining dumper trucks. *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization*. 2019, vol. 10, A11.

9. Chang Ch., Srinivasan K., Wang W., Pattukandan G., Vincent D. R., Deepa N. Quality assessment of tire shearography images via ensemble hybrid Faster Region-Based ConvNets. *Electronics*. 2020, vol. 9, no. 1, article 45. DOI: 10.3390/electronics9010045.

10. Saleh N. A., Al-Areqi F., Konyar M. Z., Kaplan K., Öngir S., Ertunç H. M. Bubble defect detection for tire shearography images with transfer learning based deep CNN models. *Engineering Research Express*. 2024, vol. 6, no. 4. DOI: 10.1088/2631-8695/ad915b.

11. Gerike B. L., Shvydkin S. A. Monitoring of the technical condition of load-bearing metal structures of mining dump trucks. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2025, no. 4, pp. 128 — 136. [In Russ]. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-128-136.

12. Young N. K. Qualification of ultrasonic testing of Cat Ridged dump trucks ball studs from the inferior position of the stud. *NDT in Canada 2016 & 6th International CANDU In-Service Inspection Workshop*, Burlington, ON (Canada), 2016, pp. 132 — 145.

13. Yang R., He Y. Optically and non-optically excited thermography for composites: A review. *Infrared Physics & Technology*. 2016, vol. 75, pp. 26 — 60. DOI: 10.1016/j.infrared.2015.12.026.

14. Yang S.-Q., Cheng Q., Tang Ch.-Sh., Shi B. Applications and advancements of infrared thermal imaging technology in geotechnical engineering: A review. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2025. DOI: 10.1016/j.jrmge.2025.05.013.

15. Tarawneh C., Aranda J., Hernandez V., Crown St., Montalvo J. An investigation into wayside hot-box detector efficacy and optimization. *International Journal of Rail Transportation*. 2020, vol. 8, no. 3, pp. 264 — 284. DOI: 10.1080/23248378.2019.1636721.

16. Deilamsalehy H., Havens T. C., Lautala P. Detection of sliding wheels and hot bearings using wayside thermal cameras. *Proceedings of the 2016 Joint Rail Conference. Columbia, South Carolina: American Society of Mechanical Engineers*, 2016. DOI: 10.1115/JRC2016-5711.

17. Duda R. O., Hart P. E. Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. *Communications of the ACM*. 1972, vol. 15, pp. 11 — 15.

18. Wilson A. N., Gupta K. A., Gupta K., Koduru B. H., Kumar A., Iha A., Cenkeramaddi L. R. Recent advances in thermal imaging and its applications using machine learning: A review. *IEEE Sensors Journal*. 2023, pp. 3395 — 3407. DOI: 10.1109/JSEN.2023.3234335.

19. Wang K., Yang J., Liu Z., Bian W., Wu Y., Zhao Sh. Study on the infrared radiation evolution and early warning characteristics of failure in anchored specimens with different anchorage methods. *Engineering Failure Analysis*. 2025, article 110065. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2025.110065.

20. Dimitrov K., Damyanov I. Thermographic analysis of tires during chassis dynamometer test. *Proceedings of the 27th National Conference with International Participation «TELECOM 2019»*, 2019, Sofia, Bulgaria. DOI: 10.1109/TELECOM48729.2019.8994901.

21. Sawczuk W., Cañás A. M. R., Kołodziejski S. Thermal imaging of the disc brake and drive train in an electric locomotive in field conditions. *Combustion Engines*. 2023, vol. 196, no. 1. DOI: 10.19206/CE-174320.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Черепецкая Елена Борисовна — д-р техн. наук,
главный научный сотрудник, НИТУ МИСИС,
e-mail: eb.cherepetskaya@misis.ru,
ORCID ID: 0000-0002-9642-2149,
Худайбердиев Шерзод Муртазаевич[1] — канд. техн. наук,
декан горно-металлургического факультета,
e-mail: h.sherzod@list.ru,
ORCID ID: 0000-0001-7248-492X,
Косимов Шохрух Сайдумар угли[1] — заместитель декана
горно-металлургического факультета,
e-mail: sh.kasimov.mk@gmail.com,
ORCID ID: 0009-0005-0655-6020,
Эргашев Рустам Махмудович — директор по транспорту,
АО «НГМК», Навои, Республика Узбекистан,
[1] Филиал НИТУ МИСИС в г. Алмалык, Алмалык, Республика Узбекистан.
Для контактов: Черепецкая Е.Б., e-mail: eb.cherepetskaya@misis.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

E.B. Cherepetskaia, Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher,
NUST MISIS, 119049, Moscow, Russia,
e-mail: eb.cherepetskaya@misis.ru,
ORCID ID: 0000-0002-9642-2149,
Sh.M. Khudaiberdiev[1], Cand. Sci. (Eng.),
Dean of the Mining and Metallurgical Faculty,
e-mail: h.sherzod@list.ru,
ORCID ID: 0000-0001-7248-492X,
Sh.S. Kosimov[1], Deputy Dean of the Mining
and Metallurgical Faculty,
e-mail: sh.kasimov.mk@gmail.com,
ORCID ID: 0009-0005-0655-6020,
R.M. Ergashev, Transport Director, Navoi Mining and Metallurgical
Company JSC, 210100, Navoi, Republic of Uzbekistan,
[1] Almalyk Branch of NUST MISIS, 110105, Almalyk, Republic of Uzbekistan.
Corresponding author: E.B. Cherepetskaia, e-mail: eb.cherepetskaya@misis.ru.

Получена редакцией 31.09.2025; получена после рецензии 07.11.2025; принята к печати 10.01.2026.
Received by the editors 31.09.2025; received after the review 07.11.2025; accepted for printing 10.01.2026.