ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2026;(2):171-181
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 658.51 DOI: 10.25018/0236_1493_2026_2_0_171

КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ АО «БУРИБАЕВСКИЙ ГОК»)

Р.А. Морозов[1], В.А. Хажиев[2]

[1] АО «Бурибаевский горно-обогатительный комбинат», Бурибай, Россия
[2] ООО «НИИОГР», Челябинск, Россия, e-mail: vadimkhazhiev@gmail.com

Аннотация: Анализ причин сбоев производственного процесса ряда отечественных горнодобывающих предприятий показал, что бóльшую долю причин их возникновения обусловливают внезапные отказы оборудования. Развитие производственного процесса, основанное на учете только происшедших отказов оборудования, не позволяет с достаточной точностью прогнозировать их зарождение, развитие и реализацию, принимать и осуществлять результативные меры по повышению эффективности предприятия. В связи с этим необходимо использовать риск-ориентированный подход к сокращению количества сбоев производственного процесса предприятия посредством перевода внезапных отказов оборудования в категорию прогнозируемых на основе выявления и устранения предпосылок, обусловливающих их зарождение. Представлены результаты исследования структуры отказов оборудования на технологических этапах в условиях АО «Бурибаевский ГОК». Благодаря проведенному исследованию выявлено, что причиной возникновения значительной части отказов оборудования является неудовлетворительная работа оборудования, функционирующего на смежных технологических этапах. Неудовлетворительная работа оборудования заключается в формировании таких условий работы, которые обусловливают работу с пиковыми нагрузками оборудования других технологических этапов. В результате возникновения таких отказов оборудования работники, ответственные за его техническое состояние, становятся заложниками ситуации, поскольку не имеют достаточных полномочий и ресурсов, чтобы воздействовать на результаты работы оборудования смежных технологических этапов, обусловливающих причину отказов оборудования в их зоне ответственности. С учетом идентификации отказов оборудования, причина возникновения которых обусловлена неудовлетворительными результатами работы оборудования смежных технологических этапов, разработан критерий для расчета риска сбоя производственного процесса, позволяющий выявлять такого рода отказы и обосновывать результативные решения по повышению качества управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, риск сбоя, отказ, комплекс технологического горного оборудования, функциональные связи, рабочая среда, производственный процесс, технологический этап, горнодобывающее предприятие.

Для цитирования: *Морозов Р. А., Хажиев В. А.* Критерий качества управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования (на примере АО «Бурибаевский ГОК») // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 2. – С. 171–181. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_2_0_171.

Quality criterion for managing operational reliability of mining equipment system: A case-study of Buribai GOK

R.A. Morozov[1], V.A. Khazhiev[2]

[1] JSC Buribayevsky Mining and Processing Plant, Buribay, Russia
[2] NIIOGR LLC, Chelyabinsk, Russia, e-mail: vadimkhazhiev@gmail.com

Abstract: The analysis of the causes of production process failures at a number of domestic mines has shown that the majority of the causes are due to sudden equipment failures. The development of the production process based on taking into account only the equipment failures that have occurred allows an insufficiently accurate prediction of initiation, growth and, finally, occurrence of a failure event, and disables the effective measures to be implemented improve efficiency of a mine. In this regard, it is necessary to use a risk-oriented approach to reducing the number of failures in a mine's production process by transferring sudden equipment failures to the predictable category based on identifying and eliminating prerequisites that cause the failure occurrence. This article presents the results of the study into the structure of equipment failures at process stages at Buribai Mining and Processing Plant (Buribai GOK). The study reveals that a significant portion of equipment failures are caused by the unsatisfactory operation of equipment at adjacent process stages. The unsatisfactory operation leads to creation of pick loads applied to equipment at the other process stages. As a result of such equipment failures, employees responsible for its technical condition become hostages of the situation, since they lack authority and resources to influence performance of equipment at adjacent technological stages, which govern the cause of equipment failures in their area of responsibility. Taking into account the identification of equipment failures due to unsatisfactory performance of equipment at the adjacent process stages, a criterion for assessing the risk of failure of the production process is developed, which allows identification of such failures and substantiation of effective solutions for improving the quality of management over operational reliability of a system of process mining equipment.

Key words: operational reliability, risk of failure, failure, system of process mining equipment, functional connections, working environment, production process, technological stage, mine.

For citation: Morozov R. A., Khazhiev V. A. Quality criterion for managing operational reliability of mining equipment system: A case-study of Buribai GOK. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(2):171-181. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_2_0_171.

Введение

Расчет, анализ и оценка показателей эксплуатационной надежности (эксплуатационная надежность оборудования — характеристика свойств надежности оборудования при его эксплуатации в определенной рабочей среде) горного оборудования являются необходимым условием для прогнозирования его технического состояния и последующего своевременного восстановления работоспособности [1 — 3]. Основой расчета показателей эксплуатационной надежности является накопление статистических данных об отказах оборудования с целью выявления вероятностных закономерностей их возникновения в определенной рабочей среде (рабочая среда эксплуатации оборудования — сочетание условий и режимов работы оборудования, оказывающее влияние на его эффективность и надежность) [4, 5]. На

горнодобывающих предприятиях проведены многочисленные исследования, связанные с вопросами оценки и управления эксплуатационной надежностью на отдельных технологических этапах (технологический этап — промежуточная или завершающая стадия производственного процесса, в ходе которого выполняются определенные операции и процедуры, необходимые для преобразования сырья и материалов в готовый, заданного свойства продукт; каждый этап включает в себя определенные технологии, комплекты оборудования и методы, используемые для достижения поставленных целей) производственного процесса (производственный процесс — целенаправленное постадийное превращение исходного сырья и материалов в готовый, заданного свойства продукт, пригодный к потреблению или дальнейшей обработке), что позволяет по значительному количеству эксплуатируемых видов горного оборудования с высокой степенью точности определять риск выхода из строя агрегатов, узлов и деталей оборудования в определенных условиях рабочей среды [6—8]. Однако отсутствие системного подхода к оценке и управлению эксплуатационной надежностью (эксплуатационная надежность комплекса технологического горного оборудования — характеристика взаимосвязей между оборудованием, отражающая их способность сохранять во времени в установленных пределах значения параметров рабочей среды, способствующих выполнению оборудованием своих функций с требуемыми свойствами его надежности) комплекса (управление эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования — приведение взаимосвязей между оборудованием в состояние, обеспечивающее постоянство определенной наработки между отказами его агрегатов, узлов и деталей, и, как следствие, достижение требуемого уровня риска сбоя производственного процесса) технологического горного

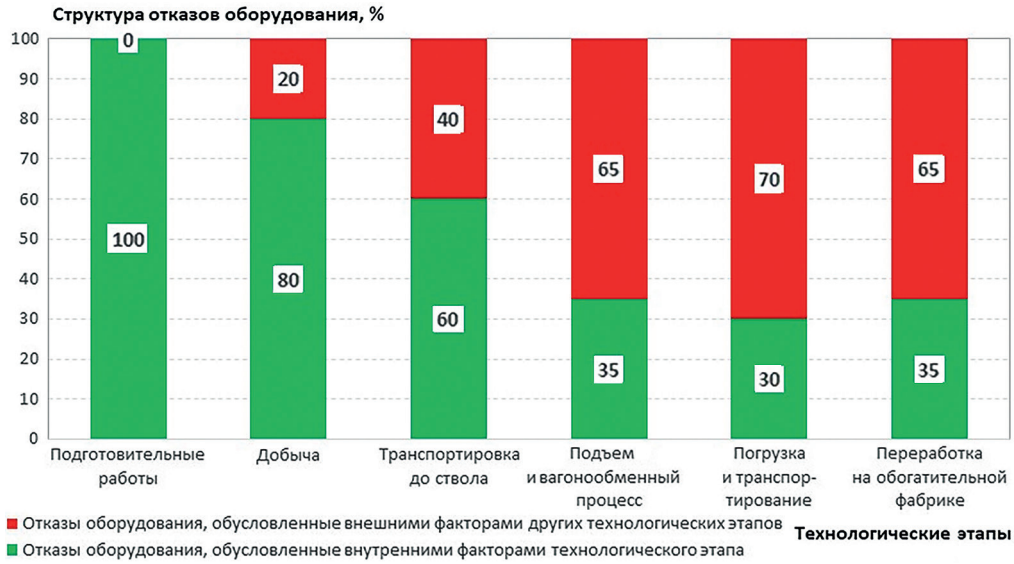

Рис. 1. Структура отказов оборудования по технологическим этапам производственного процесса АО «Бурибаевский ГОК» за 2022—2023 гг.

Fig. 1. Structure of equipment failures by technological stages of the production process of JSC «Buribaevsky GOK» for 2022—2023

оборудования (комплекс технологического горного оборудования — технологически взаимосвязанные виды горного оборудования, предназначенные для обеспечения функционирования производственного процесса горнодобывающего предприятия) приводит к тому, что при изменении условий эксплуатации оборудования на одних технологических этапах происходит непредсказуемое изменение эксплуатационной надежности оборудования на других этапах [9—11]. В результате, например, меньше чем за месяц фактическая наработка одного и того же агрегата, узла или детали оборудования может достигать более 2-кратного отклонения от ее расчетного значения с учетом предыдущей статистики как в большую, так и в меньшую сторону [12, 13].

Результаты исследования

С целью выявления причин таких отклонений было проведено исследование структуры отказов комплекса технологического горного оборудования АО «Бурибаевский ГОК», начиная от подготовки горной массы к выемке и заканчивая процессом складирования готовой продукции. Проведенное исследование позволило на каждом технологическом этапе производственного процесса предприятия идентифицировать группу отказов оборудования, характеризующуюся тем, что на причину их возникновения и меру влияния могли воздействовать только специалисты смежных технологических этапов [14, 15]. Под смежными технологическими этапами понимаются этапы, функционально взаимодополняющие друг с друга. Так, например, механик, ответственный за техническое состояние рельсового пути, при различном качестве своей работы обусловливал изменение наработки между отказами ходовой части подземных электровозов более чем в 5 раз, находящейся в зоне ответственности смежной ремонтной службы.

Выявлена тенденция увеличения доли данной группы отказов для каждого последующего технологического этапа производственного процесса, достигающей 65—70% всех отказов оборудования на завершающих этапа (рис. 1). Из-за ограниченности полномочий и ресурсов специалистов тех этапов, где данные отказы возникают, увеличение их доли обусловливает возрастание сложности их недопущения, что, соответственно, приводит к увеличению риска сбоев (сбой производственного процесса — внезапная остановка процесса или его критическое отклонение от нормативного состояния, приводящие к неспособности предприятия производить заданный объем продукции с требуемыми качеством и эффективностью; риск сбоя производственного процесса — мера, учитывающая вероятность и тяжесть сбоя производственного процесса), производственного процесса предприятия в целом [16].

С целью формирования возможности оценки и, соответственно, последующего повышения качества управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования (качество управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования — комплексная характеристика результативности управленческих решений, направленных на предупреждение сбоя производственного процесса предприятия) с учетом влияния результатов работы оборудования одного технологического этапа на эксплуатационную надежность оборудования других технологических этапов была адаптирована формула расчета риска, представленная в ГОСТ 58771-2019 «Менеджмент риска. Технология оценки риска», а также современные методики расчета ри-

ска выхода из строя оборудования на горнодобывающих предприятиях [17–19]. В результате формула расчета риска сбоя производственного процесса ($R_{СПП}$), значение которого, по сути, отражает качество управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования предприятия была представлена в следующем виде:

$$R_{СПП} = \text{argmax}\left[B_i \cdot \left(\frac{T_i^p + T_i^n + T_i^c}{3} \right) \right], (1)$$

где argmax[] – аргумент максимизации рассчитываемых значений риска среди всех применяемых видов горного оборудования; i – вид оборудования; B_i – вероятность возникновения отказа среднесписочной единицы оборудования (табл. 1), балл; T_i^p – тяжесть последствий, обусловленная финансовыми затратами на устранение отказа среднесписочной единицы оборудования, балл; T_i^n – тяжесть последствий наступления отказа среднесписочной единицы оборудования для технологического этапа, на котором данное оборудование эксплуатируется, балл; T_i^c – тяжесть последствий наступления отказа среднесписочной единицы оборудования одного технологического этапа для оборудования, работающего на других технологических этапах, балл.

Шкала для расчета риска, представленная в табл. 1, была разработана с учетом основных календарных производственных циклов – от смены до

Таблица 1

Шкала расчета риска сбоя производственного процесса (для условий АО «Бурибаевский ГОК»)
Scale for assessing the risk of failure of the production process (for the conditions of JSC «Buribaevsky GOK»)

Вероятность (B_i)	**Балл**	**Тяжесть последствий**					
		T_i^p	**балл**	**T_i^n**	**балл**	**T_i^c**	**балл**
1 раз в год	1	до 10 тыс. руб.	1	невыполнение сменного плана на технологическом этапе, где произошел сбой	1	невыполнение сменного плана предприятием	1
1 раз в квартал	2	от 10 тыс. руб. до 100 тыс. руб.	2	невыполнение суточного плана на технологическом этапе, где произошел сбой	2	невыполнение суточного плана предприятием	2
1 раз в месяц	3	от 100 тыс. руб. до 500 тыс. руб.	3	невыполнение недельного плана на технологическом этапе, где произошел сбой	3	невыполнение недельного плана предприятием	3
1 раз в неделю	4	от 500 тыс. руб. до 1000 тыс. руб.	4	невыполнение месячного плана на технологическом этапе, где произошел сбой	4	невыполнение месячного плана предприятием	4
1 раз в сутки	5	от 1000 тыс. руб. до 1500 тыс. руб.	5	невыполнение квартального плана на технологическом этапе, где произошел сбой	5	невыполнение квартального плана предприятием	5
1 раз в смену	6	более 1500 тыс. руб.	6	невыполнение годового плана на технологическом этапе, где произошел сбой	6	невыполнение годового плана предприятием	6

Таблица 2

Характеристика качества управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования
Characteristics of the quality of management of operational reliability of a complex of technological mining equipment

Качество управления	Риска сбоя, балл
Высокое	1 – 3
Среднее	4 – 8
Низкое	9 – 15
Крайне низкое	16 – 36

года [20]. Показатель охарактеризован на основе анализа и оценки основных технико-экономических показателей работы комплекса технологического горного оборудования АО «Бурибаевский ГОК». Соотнесение возможных комбинаций показателей риска по разработанной формуле с фактическим состоянием производственного процесса в разные периоды времени в условиях АО «Бурибаевский ГОК» позволило выделить 4 характеристики качества управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования в зависимости от достигаемых результатов в части предупреждения сбоев производственного процесса (табл. 2).

Отличительные особенности разработанной формулы в сравнении с классической раскрыты в табл. 3.

Опробование разработанной формулы расчета риска сбоя производственного процесса в условиях АО «Бурибаевский ГОК» показало, что при учете влияния результатов работы оборудования каждого конкретного технологического этапа на эксплуатационную надежность оборудования смежных тех-

Таблица 3

Отличительные особенности классической и разработанной формул расчета риска
Distinctive features of the classical and developed risk assessment formulas

Сравниваемый признак	Формулы расчета риска (критерий)	
	классическая	разработанная
Предназначение формулы расчета риска	Обоснование приоритетов принимаемых управленческих решений для предотвращения отказов единицы оборудования конкретного технологического этапа	Обоснование приоритетов принимаемых управленческих решений для предотвращения сбоев производственного процесса предприятия
Выражение величины риска	Сравнительный индикатор величины потерь, обусловливаемых отказом единицы оборудования в рамках конкретного технологического этапа	Сравнительный индикатор величины потерь, обусловливаемых отказом единицы оборудования в рамках производственного процесса предприятия
Статистическая основа для расчета показателей эксплуатационной надежности оборудования	Накопленные данные, отражающие связь значений параметров, характеризующих условия и режимы эксплуатации оборудования, с его наработкой на отказ	Накопленные данные, отражающие взаимосвязь результатов работы и эксплуатационной надежности оборудования между смежными технологическими этапами

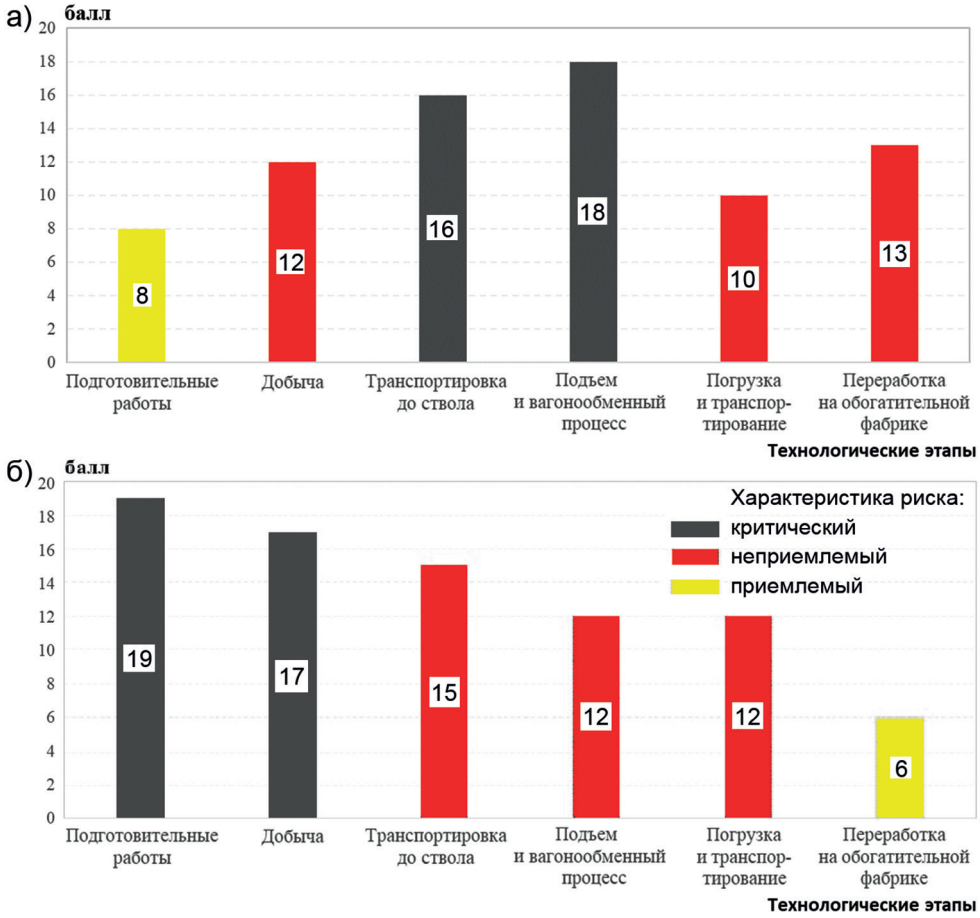

Рис. 2. Риск сбоя производственного процесса АО «Бурибаевский ГОК» по классической (а) и разработанной (б) формулам его расчета

Fig. 2. Risk of failure of the production process of JSC «Buribaevsky GOK» according to the classical (a) and developed (b) formulas for its calculation

нологических этапов величина риска на каждом этапе существенно отличается от аналогичных расчетов риска по классической формуле (рис. 2, *а*, *б*).

Результаты проведенного исследования критерия, рассчитанного по разработанной формуле определения риска сбоя производственного процесса, позволили выявить меру влияния результатов работы оборудования технологических этапов на эксплуатационную надежность комплекса технологического горного оборудования. Это стало основанием для разработки и реализации механиками предприятия организационно-технологических мероприятий в своей зоне ответственности, направленных на снижение негативного и усиление позитивного влияния результатов их деятельности на эксплуатационную надежность оборудования смежных технологических этапов. Мероприятия были направлены на повышение качества:

• информирования — механиками предприятия налажен обмен информацией об изменениях в процессах, необходимой механикам смежных служб для повышения точности прогнозирова-

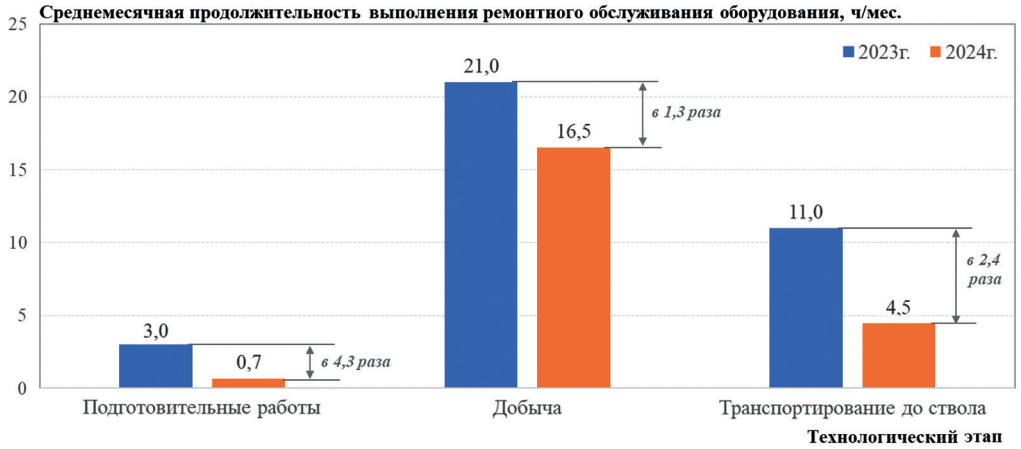

Рис. 3. Результаты повышения качества управления эксплуатационной надежностью оборудования АО «Бурибаевский ГОК»

Fig. 3. Results of improving the quality of management of operational reliability of equipment of JSC «Buribaevsky GOK»

ния наработки между отказами оборудования в своей зоне ответственности;

• планирования — механиками предприятия совместно прорабатываются графики одновременного проведения плановых ремонтов оборудования разных технологических этапов для минимизации общих ремонтных простоев комплекса технологического горного оборудования;

• контроля — механиками предприятия осваивается ежеквартальное проведение перекрестной оценки качества организации ремонтного обслуживания на смежных технологических этапах с целью своевременного формирования рекомендаций для ее улучшения;

• организации — определили зоны коллективной ответственности механиков смежных технологических этапов за предупреждение сбоев производственного процесса предприятия.

Реализация вышеперечисленных мероприятий обусловила в период 2024 г. снижение среднемесячной продолжительности ремонтного обслуживания оборудования в 1,3—4,5 раза на пилотных технологических этапах, что в свою очередь позволило снизить риск сбоя производственного процесса, вычисляемого по разработанной формуле (рис. 3).

Снижение среднемесячной продолжительности ремонтного обслуживания оборудования от 1,3 до 4,5 раза на пилотных технологических этапах, позволило снизить риск сбоя производственного процесса АО «Бурибаевский ГОК» в 1,3 раза.

Заключение

Применение разработанной формулы расчета риска сбоя производственного процесса позволяет на горнодобывающих предприятиях принимать эффективные управленческие решения, направленные на снижение негативного и усиление позитивного влияния результатов работы оборудования смежных технологических этапов на эксплуатационную надежность комплекса технологического горного оборудования.

Снижение негативного и усиление позитивного влияния заключается в целенаправленном формировании оборудованием таких условий работы, которые

не обусловливают работу с пиковыми нагрузками оборудования других технологических этапов.

Результаты проделанной работы позволили сформулировать методическое положение о том, что величина риска сбоя производственного процесса, учитывающая влияние результатов работы оборудования каждого технологического этапа на надежность оборудования смежных технологических этапов, является результативным критерием качества управления эксплуатационной надежностью комплекса технологического горного оборудования горнодобывающего предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Альшанская А. А.*, *Доронин С. В.*, *Тюменцев В. А.* Экспертное оценивание факторов повышения надежности механического оборудования карьерных экскаваторов // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. — 2023. — № 19. — С. 155—160.

2. *Доронин С. В.*, *Альшанская А. А.* Обоснование приоритетности ремонтного обслуживания парка экскаваторов на основе экспертных оценок слабоформализуемых закономерностей формирования отказов // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. — 2023. — № 4(20). — С. 36—45.

3. *Андреева Л. И.* Методический подход к оценке состояния горной техники и целесообразного срока ее эксплуатации // Горное оборудование и электромеханика. — 2021. — № 6(158). — С. 38—43.

4. *Андреева Л. И.* Выбор стратегии ремонтного обслуживания горной техники // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2021. — № 4. — С. 83—91.

5. *Москвичев В. В.*, *Ковалев М. А.* Оценка показателей эксплуатационной надежности карьерных канатных экскаваторов // Транспортные системы и технологии. — 2020. — Т. 6. — № 4. — С. 25—44.

6. *Журавлев А. Г.*, *Черепанов В. А.* Резервы повышения производительности подсистемы «карьерный транспорт — дробильный передел» с учетом коэффициентов использования дробильного оборудования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2020. — Т. 331. — № 11. — С. 195—207.

7. *Комиссаров А. П.*, *Лагунова Ю. А.*, *Набиуллин Р. Ш.*, *Хорошавин С. А.* Особенности режимов работы приводов главных механизмов карьерного экскаватора / Математическое моделирование механических явлений: Материалы Международной научно-технической конференции. Памяти профессора С.А. Ляпцева. — Екатеринбург: УГГУ, 2021. — С. 31—34.

8. *Cao Xiangang, Duan Xinyu, Zang Mengyuan, Lei Zhuo, Li Yanchuan* Coal mine equipment condition monitoring system design // Journal of Mine Automation. 2021, vol. 47, no. 5, pp. 101—105.

9. *Хажиев В. А.* Развитие системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия: теория и практика: монография. — Челябинск: Издательский центр «Титул», 2022. — 198 с.

10. *Хорешок А. А.*, *Хажиев В. А.* Оценка влияния системы эксплуатации оборудования технологического комплекса на надежность производственного цикла горнодобывающего предприятия // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. — 2022. — № 16. — С. 117—126.

11. *Хажиев В. А.* Исследование системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2022. — № 3. — С. 75—87.

12. *Жуков А. В.* Научные основы управления надежностью и эффективностью комплексов горных машин и оборудования: специальность 08.00.28: автореф. дисс. ... докт. техн. наук. — Новосибирск, 1990. — 41 с.

13. *Liu Yuanyua* Current status and development trend of research on intelligent maintenance of coal mine electromechanical equipment // Journal of Mine Automation. 2021, vol. 47, no. 7, pp. 79—84.

14. *Задорожная Е. А.*, *Маслюков С. П.* Обзор структуры внезапных выходов из строя узлов трения автосамосвалов «БелАЗ» на разрезе «Черногорский» // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. — 2022. — Т. 22. — № 2. — С. 64—73.

15. *Li J., Xie J., Yang Z., Li J.* Fault diagnosis method for a mine hoist in the internet of things environment // Sensors. 2018, vol. 18, pp. 19 — 20.

16. *McDonnell D., Balfe N., Pratto L., O'Donnell G.* Predicting the unpredictable: Consideration of human and organisational factors in maintenance prognostics // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2018, vol. 54, pp. 131 — 145.

17. *Черных В. Г., Отроков А. В., Гринько Д. А., Гринько А. А., Миронова А. О., Богатырев А. Р.* Определение параметров надежностно-ориентированного технического обслуживания автосамосвалов угольного разреза // Горное оборудование и электромеханика. — 2025. — № 2(178). — С. 50 — 58.

18. *Иваненко А. Ф., Мухин П. Е.* Особенности расчета технического риска на углеперерабатывающих предприятиях // Научный вестник НИИГД «Респиратор». — 2022. — № 4(59). — С. 109 — 116.

19. *Черных В. Г., Отроков А. В., Гринько Д. А., Гринько А. А., Миронова А. О., Богатырев А. Р.* Разработка методических подходов к идентификации рисков отказов и определения их критичности для карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. — 2025. — № 2(178). — С. 59 — 68.

20. *Сухарьков И. Н.* Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования. 05.02.22: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — М., 2018. — 21 с. ГИАБ

REFERENCES

1. Alshanskaya A. A., Doronin S. V., Tyumentsev V. A. Expert evaluation of factors for increasing the reliability of mechanical equipment of quarry excavators. *Transport, mining and construction engineering: science and production*. 2023, no. 19, pp. 155 — 160. [In Russ].

2. Doronin S. V., Alshanskaya A. A. Justification of the priority of repair maintenance of the excavator fleet based on expert assessments of weakly formalizable patterns of failure formation. *Vestnik of Tver state technical university. Series «Technical science»*. 2023, no. 4(20), pp. 36 — 45. [In Russ].

3. Andreeva L. I. Methodological approach to assessing the condition of mining equipment and the appropriate period of its operation. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2021, no. 6(158), pp. 38 — 43. [In Russ].

4. Andreeva L. I. Selecting a strategy for repair and maintenance of mining equipment. *Minerals and Mining Engineering*. 2021, no. 4, pp. 83 — 91. [In Russ].

5. Moskvichev V. V., Kovalev M. A. Evaluation of operational reliability indicators of quarry rope excavators. *Transportation Systems and Technology*. 2020, vol. 6, no. 4, pp. 25 — 44. [In Russ].

6. Zhuravlev A. G., Cherepanov V. A. Reserves for increasing the productivity of the «quarry transport — crushing process» subsystem taking into account the utilization coefficients of crushing equipment. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2020, vol. 331, no. 11, pp. 195 — 207. [In Russ].

7. Komissarov A. P., Lagunova Yu. A., Nabiullin R. Sh., Khoroshavin S. A. Features of the operating modes of the drives of the main mechanisms of a quarry excavator. *Matematicheskoe modelirovanie mekhanicheskikh yavleniy: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Pamyati professora S.A. Lyaptseva* [Mathematical modeling of mechanical phenomena: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. In memory of Professor S.A. Lyaptsev, Yekaterinburg], Ekaterinburg, UGGU, 2021, pp. 31 — 34. [In Russ].

8. Cao Xiangang, Duan Xinyu, Zang Mengyuan, Lei Zhuo, Li Yanchuan Coal mine equipment condition monitoring system design. *Journal of Mine Automation*. 2021, vol. 47, no. 5, pp. 101 — 105.

9. Khazhiev V. A. *Razvitie sistemy ekspluatatsii oborudovaniya tekhnologicheskogo kompleksa gornodobyvayushchego predpriyatiya: teoriya i praktika: monografiya* [Development of the equipment operation system of the technological complex of a mining enterprise: Theory and practice: monograph], Chelyabinsk, 2022, 198 p.

10. Khoreshok A. A., Khazhiev V. A. Assessment of the impact of the equipment operation system of the technological complex on the reliability of the production cycle of a mining enterprise. *Transport, mining and construction engineering: science and production*. 2022, no. 16, pp. 117 — 126. [In Russ].

11. Khazhiev V. A. Study of the equipment operation system of the technological complex of a mining enterprise. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2022, no. 3, pp. 75 — 87. [In Russ].

12. Zhukov A. V. *Nauchnye osnovy upravleniya nadezhnost'yu i effektivnost'yu kompleksov gornykh mashin i oborudovaniya* [Scientific foundations of managing the reliability and efficiency of mining machinery and equipment complexes], Doctor's thesis, Novosibirsk, 1990, 41 p.

13. Liu Yuanyua Current status and development trend of research on intelligent maintenance of coal mine electromechanical equipment. *Journal of Mine Automation*. 2021, vol. 47, no. 7, pp. 79—84.

14. Zadorozhnaya E. A., Maslyukov S. P. Review of the structure of sudden failures of friction units of BelAZ dump trucks at the Chernogorsky open pit. *Bulletin of the South Ural state university. Series: Mechanical engineering industry*. 2022, vol. 22, no. 2, pp. 64—73. [In Russ].

15. Li J., Xie J., Yang Z., Li J. Fault diagnosis method for a mine hoist in the internet of things environment. *Sensors*. 2018, vol. 18, pp. 19—20.

16. McDonnell D., Balfe N., Pratto L., O'Donnell G. Predicting the unpredictable: Consideration of human and organisational factors in maintenance prognostics. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2018, vol. 54, pp. 131—145.

17. Chernykh V. G., Otrokov A. V., Grinko D. A., Grinko A. A., Mironova A. O., Bogatyrev A. R. Definition of parameters of reliability-oriented maintenance of dump trucks in a coal mine. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2025, no. 2(178), pp. 50—58. [In Russ].

18. Ivanenko A. F., Mukhin P. E. Features of technical risk calculation at coal processing plants. *Scientific bulletin of the NIIGD «Respirator»*. 2022, no. 4(59), pp. 109—116. [In Russ].

19. Chernykh V. G., Otrokov A. V., Grinko D. A., Grinko A. A., Mironova A. O., Bogatyrev A. R. Development of methodological approaches to the identification of failure risks and determination of their criticality for quarry dump trucks. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2025, no. 2(178), pp. 59—68. [In Russ].

20. Sukhar'kov I. N. *Formirovanie konkurentosposobnogo tekhnicheskogo servisa obespecheniya rabotosposobnosti gornotransportnogo oborudovaniya* [Formation of a competitive technical service for ensuring the operability of mining and transport equipment], Candidate's thesis, Moscow, 2018, 21 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Морозов Руслан Анатольевич — главный механик,
АО «Бурибаевский горно-обогатительный комбинат»,
e-mail: morozoff.ru@yandex.ru,
Хажиев Вадим Аслямович — д-р техн. наук,
зав. лабораторией, ООО «НИИОГР»,
e-mail: vadimkhazhiev@gmail.com,
Для контактов: Хажиев В.А., e-mail: vadimkhazhiev@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

R.A. Morozov, Chief Mechanic,
JSC Buribayevsky Mining and Processing Plant,
Buribay, Russia, e-mail: morozoff.ru@yandex.ru,
V.A. Khazhiev, Dr. Sci. (Eng.), Head of Laboratory,
NIIOGR LLC, Chelyabinsk, Russia,
e-mail: vadimkhazhiev@gmail.com.
Corresponding author: V.A. Khazhiev, e-mail: vadimkhazhiev@gmail.com.

Получена редакцией 22.09.2025; получена после рецензии 23.10.2025; принята к печати 10.01.2026.
Received by the editors 22.09.2025; received after the review 23.10.2025; accepted for printing 10.01.2026.