

research of technogenic raw materials for the content of heavy metals and acidity level are presented. It is shown that the solution of the problem lies in an integrated approach to the study and creation of geotechnologies for processing of lignite mining waste and extraction of useful components of lignite mining waste. The technological scheme and technical solutions for obtaining and utilization of extraction products of mining waste are proposed.

Keywords: lignite coal, waste, technogenic deposit, extraction, integrated field development, useful components, mineral resource base, dump.

Поступила в редакцию/received: 12.12.2024; после рецензирования/revision: 14.12.2024; принята/accepted: 17.12.2024

УДК 622.24.08

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА КОЛИЧЕСТВО ОТКАЗОВ БУРОВЫХ СТАНКОВ СБШ-250

М.Б. ХАМИДОВ, асп.

Университет науки и технологий МИСИС,
119049, Москва, Ленинский пр., 4, стр. 1, e-mail: mukhammadkhamidoc@gmail.com

© Хамидов М.Б., 2025

На основе данных эксплуатации буровых станков СБШ-250 в период с 2013 по 2023 годы на карьере Кальмакыр установлена частота отказов для станков и их основных систем: мачты, ходовой тележки, редуктора, компрессора, гидросистемы. Показано, что количество отказов изменяется циклично в процессе эксплуатации станков, при этом их число для узлов незначительно варьируется у различных станков. Больше количество возникает в различные периоды от начала эксплуатации узлов, а максимальное приходится на компрессор и гидросистему. Учет цикличности отказов может быть использован при прогнозе производительности и расчете необходимого количества запасных частей.

Ключевые слова: буровой станок СБШ-250, открытые горные работы, отказ оборудования, надежность бурового оборудования, срок эксплуатации, анализ отказов.

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-1-47-54

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Узбекистан открытые горные работы занимают важное место в добыче полезных ископаемых и характеризуются активным использованием буровзрывных работ. Эти работы обеспечивают возможность проведения последующих операций по извлечению и транспортировке руды. Для бурения скважин под взрывные заряды наиболее широко распространены буровые станки модели СБШ-250, производимые ОАО «Рудгормаш» (рис. 1). Эксплуатация данного оборудования на протяжении продолжительного времени подчеркивает его значительную роль в обеспечении стабильной работы карьеров и эффективного использования ресурсов [1, 2].



Рис. 1. Буровой станок СБШ: 1 – мачта; 2 – гидроцилиндры; 3 – кабина машиниста; 4 – тележка (гусеничная); 5 – машинное отделение

Значительная доля затрат горнодобывающих предприятий, достигающая 30...40 % от общих расходов, приходится на буровзрывные работы, что отражает высокую зависимость себестоимости добычи полезных ископаемых от эффективности процессов бурения [3, 4]. При этом эксплуатация в тяжелых горно-геологических условиях неизбежно ведет к отказам и, соответственно, простоям оборудования и снижению производительности.

Для эффективного планирования производственных процессов и повышения надежности важно выявить основные закономерности, связывающие частоту и характер отказов со сроком эксплуатации.

В ряде работ показано, что с увеличением срока эксплуатации буровых станков наблюдается рост вероятности их отказов и снижение общей производительности [5, 6]. Согласно работам [7, 8] старение бурового оборудования приводит к ухудшению его эксплуатационных показателей, таких как мощность и скорость бурения. Техническое обслуживание может замедлить этот процесс, однако эффективность обслуживания со временем уменьшается, что также подтверждается данными по частоте отказов [9, 10]. В исследованиях [11, 12] внимание акцентируется на том, что на надежность буровых станков значительно влияют условия эксплуатации: работа в сложных геологических условиях ведет к ускоренному износу оборудования, в то время как более благоприятные условия способствуют меньшему уровню износа и большей надежности. Согласно данным, полученным в статье [13], возраст бурового оборудования коррелирует с увеличением частоты внеплановых ремонтов и затрат на техническое обслуживание. Рекомендовано внедрение систем управления состоянием, которые учитывают не только возраст, но и фактические условия эксплуатации и рабочие нагрузки. В источнике [14] используются методики оценки ресурса оборудования, основанные на математическом моделировании и анализе данных, собранных в процессе эксплуатации. Это позволяет заранее планировать замену узлов и компонентов, что снижает вероятность аварий и простоев. Модернизация и применение

новых технологий обслуживания буровых станков исследуются также в статье [15], авторы которой подчеркивают важность регулярного анализа состояния оборудования и адаптации планов обслуживания к фактическим условиям работы. В источнике [16] обоснована необходимость внедрения системы управления жизненным циклом оборудования, что поможет оптимизировать использование ресурсов и повысить надежность узлов в условиях постоянного их износа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ БУРОВЫХ СТАНКОВ

Использовались данные об отказах трех буровых станков СБШ-250, эксплуатировавшихся на карьере Кальмакыр Алмалыкского горно-металлургического комбината. Коэффициент крепости вскрышных пород и руды по шкале проф. М.М. Протодьяконова находился в диапазоне от 10 до 16.

Исследуемые станки работали на восточной части карьера, введены в эксплуатацию в 2013 году. Рассматриваемый период эксплуатации: с 2013 по 2023 годы. Для удобства изложения станкам присвоены номера 1, 2 и 3.

Анализ отказов и воздействий (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis) – метод, используемый для систематической оценки всех возможных отказов компонентов бурового оборудования и определения их влияния на общую систему [17].

Метод Монте-Карло применяется для моделирования различных сценариев отказов компонентов и оценки их влияния на общую производительность оборудования.

Анализ жизненного цикла (LCCA – Life Cycle Cost Analysis) – метод, используемый для оценки всех затрат, связанных с оборудованием, на протяжении всего периода его эксплуатации.

Метод оценки оставшегося ресурса (RUL – Remaining Useful Life), основанный на анализе данных о фактических условиях эксплуатации, количестве отказов и проведенных ремонтах, применяется для прогнозирования остаточного ресурса оборудования.

Нейронные сети и искусственный интеллект – метод, позволяющий предсказывать неисправности на основе анализа данных.

В статье проанализирован показатель частоты отказов станков и их основных систем.

Применение существующих методов и показателей надежности буровых станков, включая частоту отказов в рассматриваемых горно-геологических условиях, позволит прогнозировать производительность и планировать приобретение запасных частей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

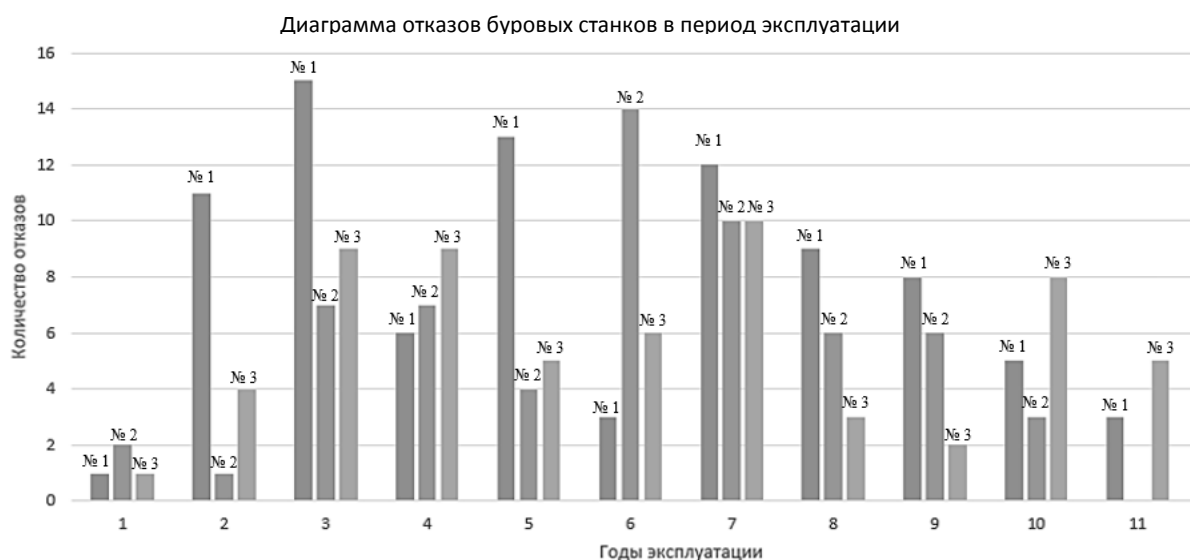
Количество отказов по годам эксплуатации оборудования приведено на рис. 2.

Общее количество отказов станка № 2 и станка № 3 оказалось примерно одинаковым (60 и 62 соответственно), тогда как у станка № 1 было 86 отказов, т.е. примерно на треть больше. Можно предположить, что это связано с бурением более крепкой породы, а также с техническим обслуживанием.

Из графиков на рис. 2 видно, что общее количество отказов имеет определенную цикличность, предположительно связанную с периодичностью замены узлов в зависимости от их исходного качества, условий эксплуатации и технического обслуживания.



(а)



(б)

Рис. 2. Количество отказов буровых станков:
суммарное (а); с разделением по станкам № 1, 2, 3 (б)

Рассмотрим более подробно влияние узлов систем станка на надежность его работы. В табл. 1 представлено процентное соотношение отказов узлов и систем. Количество отказов узлов и систем станков за весь период наблюдения представлено на рис. 3.

Таблица 1. Соотношение отказов узлов и систем, %

Узлы	Станок № 1	Станок № 2	Станок № 3
Гидросистема	18,6	15,4	18,6
Компрессор	25,6	12,3	22
Мачта	15,2	26,1	15,2
Тележка	17,4	15,4	12
Редуктор хода	7	4,6	8,5
Другие	16,2	26,1	23,7

Соотношение отказов по узлам буровых станков № 1, 2, 3
(от центра)



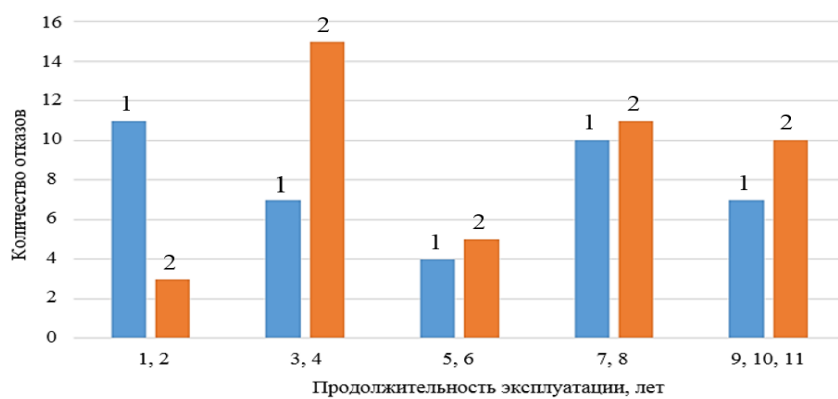
Рис. 3. Отказы узлов станков за все годы наблюдения

Таким образом, доли отказов различных узлов имеют примерно одинаковые пропорции, что облегчает расчет необходимого количества запасных частей.

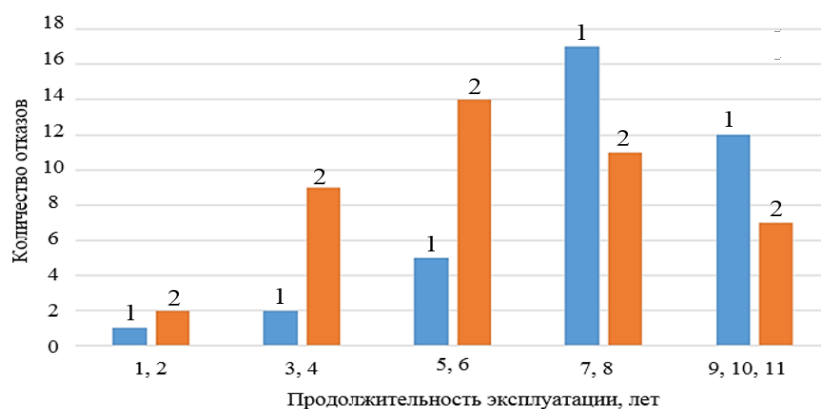
Количество отказов различных узлов по годам эксплуатации представлено в табл. 2. На рис. 4 приведено число отказов за весь период наблюдений.

Таблица 2. Количество отказов узлов по годам эксплуатации

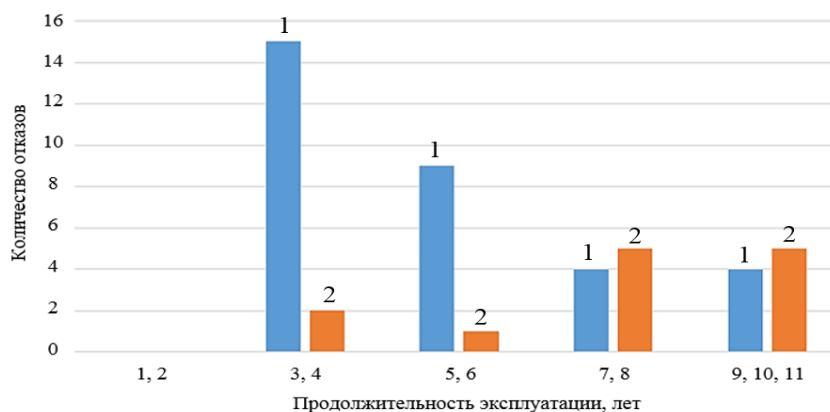
По годам	Гидро-система	Компрес-сор	Мачта	Тележка	Редуктор хода	Другие	Общее количество отказов
1	0	0	1	0	0	1	2
2	1	2	9	2	0	2	16
3	0	5	5	8	2	6	26
4	2	4	3	5	0	9	23
5	5	12	2	3	0	3	25
6	0	1	2	6	1	2	12
7	9	5	7	2	3	6	32
8	8	5	3	2	2	2	22
9	6	4	0	2	0	3	15
10	6	3	3	1	3	5	21
11	0	2	4	1	2	5	14
Всего	37	43	39	32	13	44	208



(а)



(б)



(в)

Рис. 4. Отказы узлов станков за весь период наблюдения: мачта – 1 и прочие отказы – 2 (а); гидросистема – 1 и компрессор – 2 (б); тележка – 1 и редуктор хода – 2 (в)

Из данных таблицы и гистограмм видно, что у части узлов (мачты, тележки и компрессора) отказы начинаются со 2...3-го года эксплуатации, у гидросистемы – с 5...7-го, а у редуктора хода – с 6...7-го года эксплуатации.

Можно сделать вывод о том, что количество отказов станков имеет определенные закономерности, при этом их увеличение в определенные периоды зависит от цикличности замены узлов, а явно выраженный рост общего количества отказов по мере эксплуатации оборудования отсутствует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Общее количество отказов характеризуется определенной цикличностью, связанной, на наш взгляд, с периодичностью замены узлов в зависимости от их качества, условий эксплуатации и технического обслуживания.
2. Продолжительность эксплуатации не приводит к выраженному увеличению общего количества отказов станков с увеличением.
3. Доли отказов узлов у разных станков имеют примерно одинаковые пропорции.
4. У различных узлов большее количество отказов возникает в различные периоды от начала эксплуатации.
5. Наибольшее количество отказов приходится на компрессор и гидросистему (20 и 17 % соответственно).
6. Учет цикличности увеличения количества отказов позволит прогнозировать производительность и потребность в запасных частях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Горная книга (МГГУ), 2007. 680 с.
2. Рудоуправление «Кальмакыр». URL: <https://agmk.uz/ru/mining/rudoupravlenie-kalmarkur> (дата обращения: 16.12.2024).
3. Катанов Б.А. Карьерные буровые станки // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2007. № 5 С. 5–8.
4. Станок буровой шарошечный СБШ-250д для бурения взрывных скважин // *Горная промышленность*. 2011. № 6 (100). С. 30–31.
5. Чинзориг Б. Определение показателей надежности буровых станков в условиях ГОКа «ЭРДЭНЭТ» // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2005. № 8. С. 65–66.
6. Кантович Л.И., Дмитриев В.Н. Статика и динамика буровых шарошечных станков. М.: Недра, 1984. 201 с.
7. Контеев О.Ю., Худяков А.Г., Болкисева Ю.В., Болкисев В.С. Безопасность эксплуатации шарошечных карьерных буровых станков с истекшим сроком службы // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2009. № 10. С. 165–169.
8. Харьковская Н.П. Оценка эксплуатационной надежности шарошечных станков и долот с восстановлением // *Молодой ученый*. 2016. № 20 (124). С. 218–223.
9. Вержанский А.П., Островский М.С., Мнацаканян В.У. Современные технологии технического обслуживания и ремонта горных машин и оборудования // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014. № S1. С. 422–449.
10. Клишин В.И., Герике Б.Л., Герике П.Б. Профилактическое обслуживание буровых станков: преимущества и перспективы // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2015. № 5 (111). С. 64–69.
11. Эгамбердиев И.П., Муминов Р.О., Саидов А.Н. Исследование повышения надежности карьерного бурового станка типа СБШ-250МНА-32 // *Горный вестник Узбекистана*. 2021. № 4. С. 95–97.
12. Бовин К.А., Гилев А.В., Шигин А.О., Плотников И.С. Анализ эксплуатации техники бурения взрывных скважин на карьерах Красноярского края и Республики Хакасии // *Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых*. 2017. Т. 40. № 3 (60). С. 99–106.

13. Болкисев В.С., Сухов Р.И., Болкисева Ю.В. Вопросы определения продолжительности безопасной эксплуатации карьерных буровых станков после окончания установленного срока службы // *Горное оборудование и электромеханика*. 2014. № 6 (103). С. 33–37.

14. Досайкин В.М., Фенстер Д.Б., Порозов Д.И., Терентьев Е.А., Губанцев А.Н. К созданию прогностической модели оценки остаточного ресурса бурового карьерного оборудования // *Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения*. 2015. № 5 (18). С. 25–29.

15. Муминов Р.О., Райханова Г.Е., Кузиев Д.А. Повышение надежности и долговечности буровых станков за счет понижения динамических нагрузок // *Уголь*. 2021. № 5. С. 32–36.

16. Субботин С.А., Шутько Л.Г. Управление жизненным циклом как фактор повышения конкурентоспособности производителей горно-шахтного оборудования // *Сборник трудов XVI Международной научно-технической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС-2016»*. Кемерово: КузГТУ, 2016. С. 52.

17. Issar G., Navon L.R. Operational Excellence: A Concise Guide to Basic Concepts and Their Application. Springer, 2016.

18. Mikaeil R., Khoshalan H.A., Nasrollahi M.H. Esmaeilzadeh A. Reliability Analysis of Full-face Tunnel Boring Machines by Monte Carlo Simulation Technique // *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. 2022. V. 37. № 3. P. 149–160.

Для цитирования: Хамидов М.Б. Влияние продолжительности эксплуатации на количество отказов буровых станков СБШ-250 // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2025. № 1 (25). С. 47–54.

INFLUENCE OF OPERATION DURATION ON THE NUMBER OF FAILURES OF DRILLING RIGS SBSH-250

M.B. KHAMIDOV, Postgraduate

University of Science and Technology MISiS,
Building 1, 4, Leninsky pr., Moscow, 119049, e-mail: mukhammadkhamidoc@gmail.com

Based on the data of operation of SBSH-250 drilling rigs in the period from 2013 to 2023 at the Kalmakyr quarry, the failure rate was established for the rigs and their main systems: mast, undercarriage, gearbox, compressor, hydraulic system. It is shown that the number of failures changes cyclically during the operation of the rigs, while their number for units varies slightly for different rigs. A greater number occurs at different periods from the start of operation of the units, and the maximum falls on the compressor and hydraulic system. Taking into account the cyclicity of failures can be used to predict productivity and calculate the required number of spare parts.

Keywords: Drilling rig SBSH-250, open pit mining, failures in drilling rigs, operational failures, operating time, studies of failures in drilling rigs.

Поступила в редакцию/received: 12.12.2024; после рецензирования/revised: 14.12.2024;
принята/accepted: 17.12.2024