

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУРОВЫХ СТАНКОВ СБШ-250МНА-32 В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Хамидов М.Б.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва

Ключевые слова: буровой станок СБШ-250МНА-32, карьер Мурунтау, горнодобывающая промышленность, техническое обслуживание, статистика отказов, продолжительность эксплуатации.

Аннотация. Произведен анализ данных продолжительности эксплуатации буровых станков СБШ-250МНА-32 течение одного рабочего года. Разработана математическая модель годовой производительности в зависимости от срока эксплуатации. Проведены сбор и статистическая обработка данных с применением специализированного программного обеспечения искусственного интеллекта, а также разработана математическая модель, связывающая время продолжительности работы станков с их возрастом. Методология включала анализ фактических показателей наработки часов, коэффициента готовности и использования станков за один год, группировку оборудования по срокам эксплуатации и оценку снижения производительности. Результаты показали, что после 10 лет эксплуатации среднее количество отработанных часов сокращается на 18-22%, однако при своевременном техническом обслуживании и замене критических узлов срок службы может превышать 16 лет.

THE INFLUENCE OF OPERATIONAL LIFESPAN ON THE PRODUCTIVITY OF SBSH-250MNA-32 DRILL RIGS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Khamidov M.B.

National Research Technological University "MISIS", Moscow

Keywords: SBSH-250MNA-32 drill rig, Muruntau quarry, mining industry, maintenance, failure statistics, operational lifespan.

Abstract. An analysis of operational duration data of SBSH-250MNA-32 drill rig over one year was conducted. A mathematical model of annual productivity depending on the operational lifespan was developed. The study involved data collection and statistical processing using specialized software, as well as the development of a mathematical model linking the operating time of the rigs to their age. The methodology included analyzing actual operating hours, availability and utilization rates of the rigs, grouping equipment by operational lifespan, and assessing productivity decline. The results showed that after 10 years of operation, the average number of operating hours decreases by 18-22%. However, with timely maintenance and replacement of critical components, the service life can exceed 16 years.

Введение

Горнодобывающая промышленность Республики Узбекистан является одной из наиболее прибыльных отраслей национальной экономики, обусловленной в основном открытой добычей драгоценных металлов, в частности золота [1, 2].

Сегодня одним из ключевых технологических процессов при открытой добыче полезных ископаемых является бурение взрывных скважин с использованием самоходной техники. До 70% всех работ выполняется методом шарошечного бурения, который остается наиболее распространенным на открытых горных разработках [3-5].

Карьер Мурунтау не стал исключением в этом, и в настоящее время на руднике Мурунтау эксплуатируется более 40 буровых станков, в частности 21 станок СБШ-250МНА-32 (рис. 1), годовая производительность бурения которых превышает один миллион погонных метров. Высокая интенсивность эксплуатации приводит к значительным затратам, связанным с этими машинами, которые составляют около 30% общих затрат на добычу полезных ископаемых [5].

В работе [6] предложена математическая модель зависимости частоты отказов от наработки буровых станков, при этом их работу рекомендуется рассматривать как два независимых процесса: бурение и перемещение.



- 1 – мачта;
- 2 – гидроцилиндры;
- 3 – кабина машиниста;
- 4 – тележка (гусеничная);
- 5 – машинное отделение

Рис. 1. Буровой станок СБШ

Исследование [7] детализирует распределение времени рабочих смен: эффективная работа (бурение) – 48%; вспомогательные операции (перемещение, горизонтирование, наращивание/разбор бурового става) – 12%; ликвидация отказов – 10%; простои по организационно-техническим причинам – 24%; прочие простои – 6%.

Авторы работ [8, 9] разработали оптимизированную структуру ремонтного цикла, предложив переход от планово-предупредительной системы к поэтапному ремонту, учитывающему: фактический объем выполненных работ; текущее техническое состояние оборудования; региональные условия эксплуатации.

В исследовании [10] рассмотрены методы оценки надежности, включая анализ отказов и их последствий (FMEA); метод Монте-Карло для прогнозирования ресурса; анализ жизненного цикла (LCA).

Наблюдаемый коэффициент использования оборудования составил 0,4-0,78, при этом 40% времени занимают продолжительные простои. Основная причина – эксплуатация технически изношенных и морально устаревших станков.

В настоящем исследовании проанализированы эксплуатационные данные 21 бурового станка СБШ-250МНА-32, работавших на карьере Мурунтау (Узбекистан) в течение одного года. Выборка включает станки, введенные в эксплуатацию в период с 2006 по 2020 год, что позволило охватить оборудование разного возраста (от 2 до 16 лет на момент анализа).

Цель исследования – анализ зависимости времени эффективной работы буровых станков СБШ-250 от продолжительности их эксплуатации на карьерах Республики Узбекистан.

Методы и материалы исследования

Для выявления зависимостей были применены регрессионный анализ (линейный и нелинейный) в MS Excel и методы машинного обучения (ИИ) для прогнозирования износа.

Была произведена валидация результатов и их сравнение с отраслевыми нормативами (например, ГОСТ Р 55100-2012), также были проведены проверки адекватности модели на тестовой выборке данных.

Источниками данных, подвергаемых к анализу, являются следующие: производственные отчеты по каждому станку, журналы учета наработки часов, данные о плановых и внеплановых простоях, записи о техническом обслуживании и ремонтах.

Методы сбора и обработки данных включили в себя: первичный сбор данных, верификация данных и их проверка, аналитическая обработка данных.

1. Первичный сбор данных включает в себя (информация систематизирована по следующим параметрам):

- дата ввода в эксплуатацию;
- общая наработка (плановая и фактическая);

- время простоев с классификацией по причинам.
- 2. Верификация данных включает в себя:
 - проверка на аномалии и outliers с использованием статистических методов;
 - исключение данных, искаженных форс-мажорными обстоятельствами (например, длительные остановки из-за аварий).
- 3. Аналитическая обработка была произведена по следующим пунктам:
 - группировка станков по годам эксплуатации (в нашем случае, 0–3 года, 3-6 лет, 6-9 лет, 9-12 лет, 12-15+ лет);
 - коэффициент использования оборудования;
 - удельное время простоев по категориям.

Результаты

Вслед за подходом, предложенным в работах [9, 10], где группировка буровых станков по возрасту использовалась для анализа влияния срока эксплуатации на длительность ремонтов, в данном исследовании применена аналогичная методика. Однако акцент смещен на выявление зависимости между возрастом оборудования и его фактической наработкой за фиксированный период (1 год). Такой подход позволяет количественно оценить:

- снижение производительности станков с увеличением срока службы;
- рост простоев;
- критические возрастные пороги для принятия решений о модернизации или замене.

Причины простоев приведены на рисунке 2.

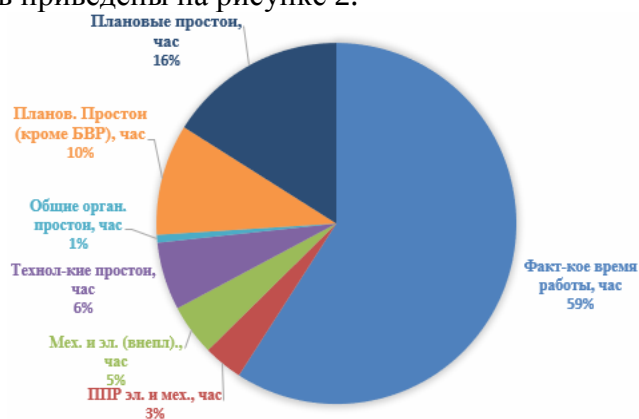


Рис. 2. Причины простоев СБШ-250МНА-32 за год наблюдений

Показатели эксплуатации по группам буровых станков: группировки: данные по 21 буровому станку СБШ-250МНА-32 были классифицированы в 5 групп на основе продолжительности эксплуатации и приведены в таблице 1 и на рисунках 3-5.

Табл. 1. Группирование буровых станков по времени ввода их в эксплуатацию

№ группы	Тип	Дата ввода	Продолжительность эксплуатации, лет	Плановое время работы, час	Факт-кое время работы, час	КИО план	КИО факт	КТГ план	КТГ факт
1	СБШ-250	10.2006г.	16	6600	5500	0,88	0,74	0,88	0,87
1	СБШ-250	03.2007г.	15	4989	3866	0,57	0,44	0,57	0,53
1	СБШ-250	09.2007г.	15	6050	4445	0,69	0,51	0,69	0,66
1	Среднее значение		15	5880	4604	0,71	0,56	0,71	0,69
2	СБШ-250	05.2009г.	13	7398	5679	0,84	0,65	0,84	0,77
2	СБШ-250	01.2010г.	12	6120	4595	0,70	0,52	0,70	0,61
2	Среднее значение		12	6759	5137	0,77	0,58	0,77	0,69

Табл. 1. Продолжение

№ группы	Тип	Дата ввода	Продолжительность эксплуатации, лет	Плановое время работы, час	Факт-кое время работы, час	КИО план	КИО факт	КТГ план	КТГ факт
3	СБШ-250	06.2013г.	9	6213	4959	0,71	0,56	0,71	0,71
3	СБШ-250	07.2013г.	9	7698	6162	0,88	0,70	0,88	0,84
3	СБШ-250	08.2013г.	9	7698	6527	0,88	0,74	0,88	0,89
3	Среднее значение		9	7203	5883	0,82	0,67	0,82	0,81
4	СБШ-250	12.2015г.	7	7698	6464	0,88	0,74	0,88	0,87
4	СБШ-250	02.2016г.	6	6017	4856	0,68	0,55	0,68	0,70
4	СБШ-250	07.2017г.	5	7698	6197	0,88	0,71	0,88	0,86
4	СБШ-250	10.2017г.	5	7698	6734	0,88	0,77	0,88	0,91
4	СБШ-250	03.2017г.	5	7686	6378	0,88	0,73	0,88	0,91
4	СБШ-250	14.03.2017г.	5	7686	6365	0,88	0,72	0,88	0,90
4	Среднее значение		6	7414	6166	0,84	0,70	0,84	0,86
5	СБШ-250	25.05.2018г.	4	7686	6490	0,88	0,74	0,88	0,90
5	СБШ-250	04.04.2019г.	3	7686	6008	0,88	0,65	0,88	0,78
5	СБШ-250	08.04.2019г.	3	7686	6201	0,88	0,68	0,88	0,80
5	СБШ-250	15.10.2019г.	3	7686	6484	0,88	0,74	0,88	0,89
5	СБШ-250	10.11.2019г.	3	7710	6794	0,88	0,77	0,88	0,91
5	СБШ-250	01.01.2020г.	2	7538	6362	0,86	0,72	0,86	0,85
5	СБШ-250	25.01.2020г.	2	7200	6223	0,87	0,75	0,87	0,90
5	Среднее значение		3	7599	6366	0,87	0,72	0,87	0,86

Для каждой группы рассчитаны средняя годовая наработка, в часах и коэффициент использования:

- средняя годовая наработка (часы) на рисунке 3;
- коэффициент использования $K_{исп}$ на рисунке 4.

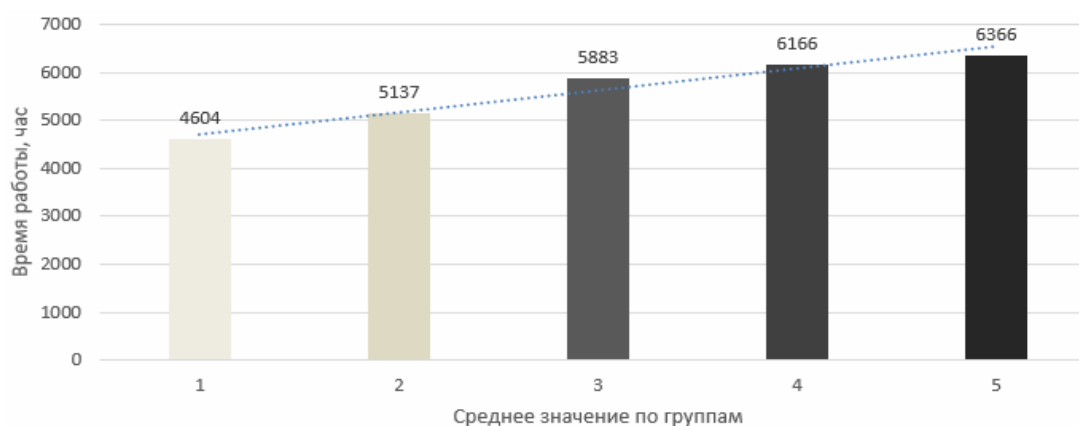


Рис. 3. Среднее время работы групп буровых станков

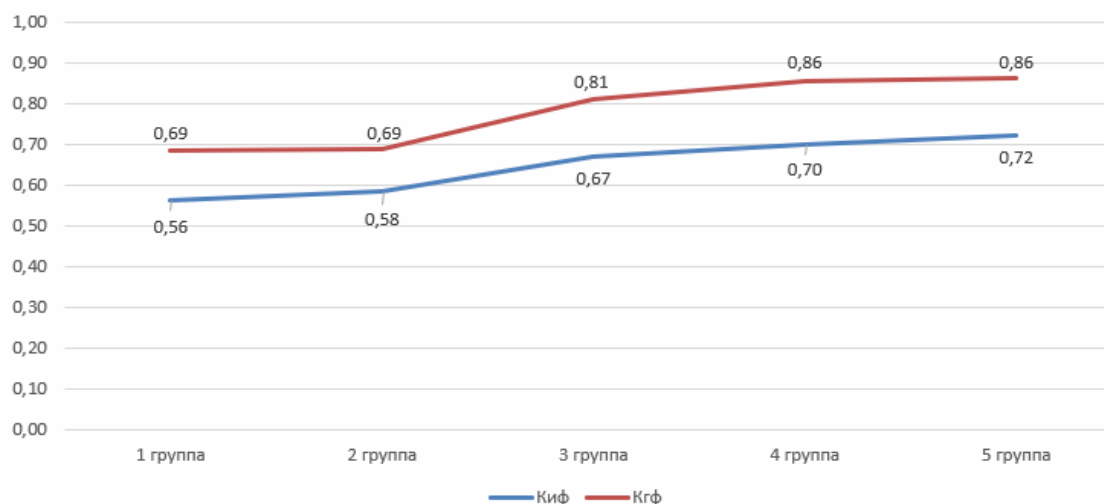


Рис. 4. Средние коэффициент использования и коэффициент готовности сгруппированных буровых станков

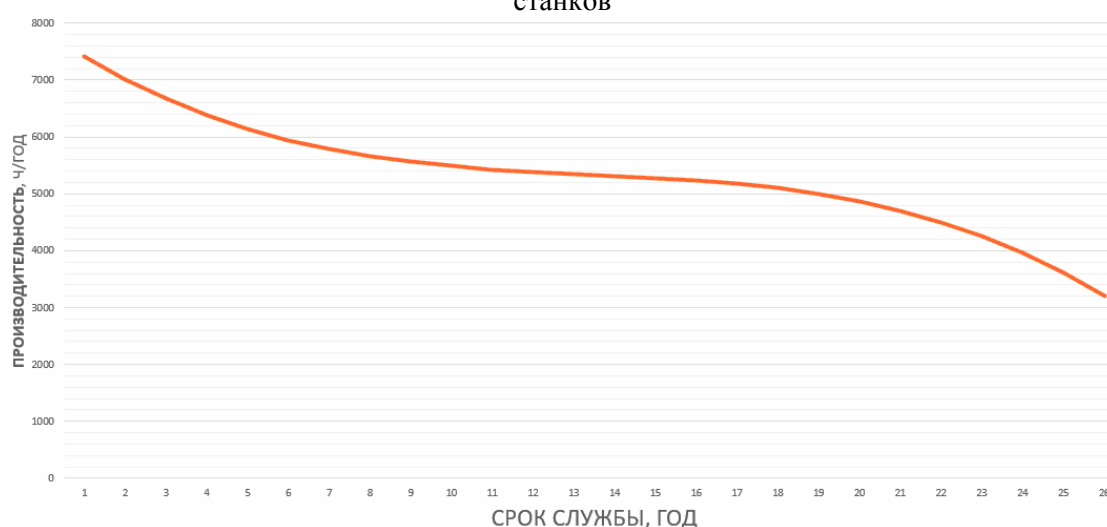


Рис. 5. Зависимости производительности от срока службы бурового станка

Кривая на рисунке 5 аппроксимирована формулой

$$f(n) \approx -0,86n^3 + 34,7n^2 - 500,6n + 7880, \quad (1)$$

где n это среднее время работы буровых станков.

Хорошо видно, что по прогнозам после 20 лет службы у буровых станков, производительность будет ниже приблизительно в 2 раза чем у новых. Из этого следует что, эксплуатация станков после 16-20 лет не целесообразна.

Выводы

1. С увеличением срока эксплуатации возрастает количество отказов. Производительность новых станков выше на 11-28%.
2. Предложена аппроксимирующая функция (1), учитывающая снижение производительности с увеличением срока эксплуатации.
3. Предельным сроком эксплуатации в зависимости от горнотехнических условий и качества технического обслуживания является 16-20 лет.

Список литературы

1. Рудные месторождения Узбекистана / ред. И.М. Голованов. – Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. – 611 с.
2. Muminov R.O. Research of the kinematic parameters of loading of the basic mechanisms of the drilling rig during drilling of the step // International Scientific Journal theoretical & applied Science. 2021, vol. 93, iss. 01, pp. 2308-4944.
3. Наумова П.Д., Юнгмейстер Д.А. Модернизированный буровой станок СБШ-250 // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке. Сборник статей по материалам VII международной

научно-практической конференции. Том 7. – Новосибирск: Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга", 2017. – С. 82-86.

4. Санакулов К.С. НГМК – лидер горнодобывающей отрасли Узбекистана // Горный журнал. – 2018. – №9. – С. 4-9.
5. Чинзориг Б. Исследование изменения удельных затрат на ТОиР буровых станков // Деп. рук. № 419 от 08.07.05. – М.: МГТУ, Горный информационно-аналитический бюллетень, 2005. – 3 с.
6. Чинзоринг Б. Надежность буровых станков, эксплуатируемых в условиях Монголии // Деп. рук. № 418 от 08.07.05. – М.: МГТУ, Горный информационно-аналитический бюллетень, 2005. – 3 с.
7. Нанзад Ц., Эрдэнэбат С., Хавалболат К., Гэрэлт-Од Д. Установление срока службы буровых станков СБШ-250МНА на руднике открытых работ СП Эрдэнэт // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № S1. – С. 290-293.
8. Нанзад Ц., Эрдэнэбат С., Хавалболат К., Гэрэлт-Од Д. Разработка новой структуры ремонтного цикла бурового станка СБШ-250МНА рудника открытых работ СП Эрдэнэт // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № S1. – С. 294-298.
9. Хамидов М.Б. Повышение эффективности эксплуатации буровых станков в условиях Республики Узбекистан. – М.: НИТУ МИСИС, 2022. – 60 с.
10. 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.

References

1. Ore Deposits of Uzbekistan / ed. I.M. Golovanov. – Tashkent: HYDROINGEO, 2001. – 611 p.
2. Muminov R.O. Research of the kinematic parameters of loading of the basic mechanisms of the drilling rig during drilling of the step // International Scientific Journal theoretical & applied Science. 2021, vol. 93, iss. 01, pp. 2308-4944.
3. Collection of articles based on the materials of the VII International Scientific and practical conference. Volume 7. – Novosibirsk: Association of Researchers "Siberian Academic Book", 2017. – P. 82-86.
4. Sanakulov K.S. NGMK – the leader of the mining industry of Uzbekistan // Mining Journal. 2018, no. 9, pp. 4-9.
5. Chinzorig B. Investigation of changes in the unit cost of MRO drilling rigs // Deposited manuscript No. 419 dated 08.07.05. – М.: MSMU, Mining Information and Analytical Bulletin, 2005. – 3 p.
6. Chinzoring B. Reliability of drilling rigs operated in Mongolia // Deposited manuscript No. 418 dated 08.07.05. – М.: MSMU, Mining Information and Analytical Bulletin, 2005. – 3 p.
7. Nanzad Ts., Erdenebat S., Khavalbolat K., Gerelt-Od D. Determination of the service life of SBSH-250MNA drilling rigs at the open-pit mine of Erdenet LLC // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2008, no. S1, pp. 290-293.
8. Nanzad D., Erdenebat S., Khavalbolat K., Gerelt-Od D. Development of a new maintenance cycle structure for SBSH-250MNA drilling rigs at the open-pit mine of Erdenet LLC // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2008, no. S1, pp. 294-298.
9. Khamidov M.B. Improving the Efficiency of Drilling Rigs Operation in the Conditions of the Republic of Uzbekistan. – М.: NUST MISIS, 2022. – 60 p.
10. Khamidov M.B. The influence of operating duration on the failure rate of SBSH-250 drilling rigs // Bulletin of Tver State Technical University. Series "Engineering Sciences". 2025, no. 1(25), pp. 47-54.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Хамидов Мухаммад Ботир угли – аспирант	Khamidov Muhammad Botir ugli – postgraduate student
muhammadkhamidoc@gmail.com	

Получена 18.06.2025