

Научная статья

УДК 622.002.05

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-61-67

Андреева Людмила Ивановна^{1,2}¹ Челябинский филиал Института горного дела Уро РАН² ООО «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства»

E-mail: tehnozem74@list.ru

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЦЕНЫ ВЛАДЕНИЯ КАРЬЕРНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ В УСЛОВИЯХ ГОРНОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ**Информация о статье**

Поступила:

11 сентября 2023 г.

Одобрена после
рецензирования:

30 ноября 2023 г.

Принята к печати:

01 декабря 2023 г.

Опубликована:

19 декабря 2023 г.

Ключевые слова:*эффективность эксплуатации, горная техника, периодичность замены, целесообразность, цена владения.***Аннотация.**

Рассмотрены методы определения оптимального срока эксплуатации горной техники с точки зрения целесообразности ее содержания и ремонтно-обслуживания. Обосновано применение на горнодобывающих предприятиях такой стратегии ремонтного обслуживания, которая обеспечивает минимум затрат при требуемом качестве ремонта и эксплуатационную надежность горной техники. Рассмотрены две основные стратегии – ремонт техники по потребности, то есть по достижении машиной или ее отдельными узлами предельного состояния, а также планово-предупредительный ремонт, предусматривающий планирование и организацию ремонтного обслуживания в установленные сроки с учетом наработки объемов горной массы (или машино-часов работы) и технического состояния каждой единицы техники. На основании методического подхода, основанного на комплексной оценке результатов эксплуатации горных машин в координатах «результат-затраты», рассмотрена возможность поочередного вывода неэффективной техники из эксплуатации и выбора технических услуг для каждой группы машин. Под «результатом» понимается произведенный объем работ, который горная машина выполнила за определенный период времени (t , m^3), «затраты» – финансовые средства, вложенные в ремонтное обслуживание каждой горной машины.

Исследованы варианты расчета стоимости владения каждой единицей техники в условиях импортозамещения. Приведен пример расчета стоимости владения экскаватора ЭКГ-12А, эксплуатируемого в северо-западном регионе Российской Федерации.

Для цитирования: Андреева Л.И. Методический подход к определению сроков эксплуатации и цены владения карьерными экскаваторами в условиях горнорудных карьеров // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 5 (169). С. 61-67. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-61-67, EDN: RHNBFK

Введение

Потребность в своевременной оценке содержания и эффективности эксплуатации горной техники и оборудования обусловлена следующими факторами: объективной оценки уровня организации производства для выявления направлений совершенствования; экономическим обоснованием целесообразности финансовых вложений относительно каждой единицы техники. Это определяет необходимость применения подхода, позволяющего обеспечить достаточную точность оценки эффективности эксплуатации горных машин при минимальных затратах времени и средств.

Основной производственный фонд большинства угледобывающих предприятий, ведущих добычу полезных ископаемых открытым способом, составляет оборудование, отработавшее нормальный срок эксплуатации. Необоснованно длительное использование оборудования увеличивает издержки производства за счет роста расходов на ремонт и техническое обслуживание. Замена оборудования в необоснованно короткие сроки ведет к неэффективному использованию капитала предприятия и росту инвестиционных затрат. Исходя из этих предпосылок, целесообразно определять оптимальный срок службы горных машин [1].



Рис. 1. Блок-схема определения периодичности замены горной техники
 Fig. 1. Block diagram of determining the frequency of replacement of mining equipment

При выборе методов определения оптимального срока службы горной техники необходимо учитывать следующие факторы:

- особенности горнотранспортного оборудования с точки зрения номенклатуры, возраста, режимов и условий эксплуатации;
- технико-экономические показатели эксплуатации горной техники;
- величину затрат на эксплуатацию и ремонт;
- фактическое техническое состояние каждой единицы техники [1].

Методология и результаты

Оценка возможности дальнейшего использования парка горных машин основана на экономической целесообразности их восстановления для дальнейшей эксплуатации.

Оценка экономической целесообразности эксплуатации горной техники предполагает выполнение расчета эффективности восстановления потребительских свойств горнотранспортного оборудования и окупаемости затрат на приобретение новой техники.

Оценка технических возможностей использования горнотранспортного оборудования осуществляется с точки зрения надежности выполнения им своей функции (предназначения) и предусматривает:

- оценку влияния срока службы на показатели работы горнотранспортного оборудования за определенный период;
- экспресс-оценку технического состояния оборудования с учетом его наработки на отказ;
- оценку технического состояния оборудования по состоянию его базовых узлов и деталей;

– техническую диагностику (если имеются технические возможности и экономическая целесообразность для оценки реального технического состояния оборудования, определения его остаточного ресурса и выбора соответствующих ремонтных воздействий) (Рис. 1).

Одним из основных показателей, определяющих необходимость расчета реального срока эксплуатации горных машин, являются высокие затраты на их содержание и ремонтное обслуживание (24...37% в себестоимости продукции). При принятии решения о выводе каждой единицы техники необходимо также учитывать и такие показатели, как продолжительность и частота простоев, связанных с отказом техники, длительность простоев в плановых ремонтах, объемы наработки (тыс. м³) [1,2,3].

Считается, что срок службы является фактором, определяющим названные показатели эффективности эксплуатации техники, которые в свою очередь характеризуют:

- надежность оборудования (длительность и частота и частота аварийных простоев);
- интенсивность использования (часовая производительность);
- экономичность (затраты на эксплуатацию и ремонт).

Немаловажную роль также играет принятая на горнодобывающем предприятии ремонтная стратегия, применение которой может значительно повлиять и на срок эксплуатации, и на текущие затраты.

Рассмотрим наиболее используемые стратегии ремонтного обслуживания горных машин.

При организации процессов ремонта на горнодобывающем предприятии определяющим факто-

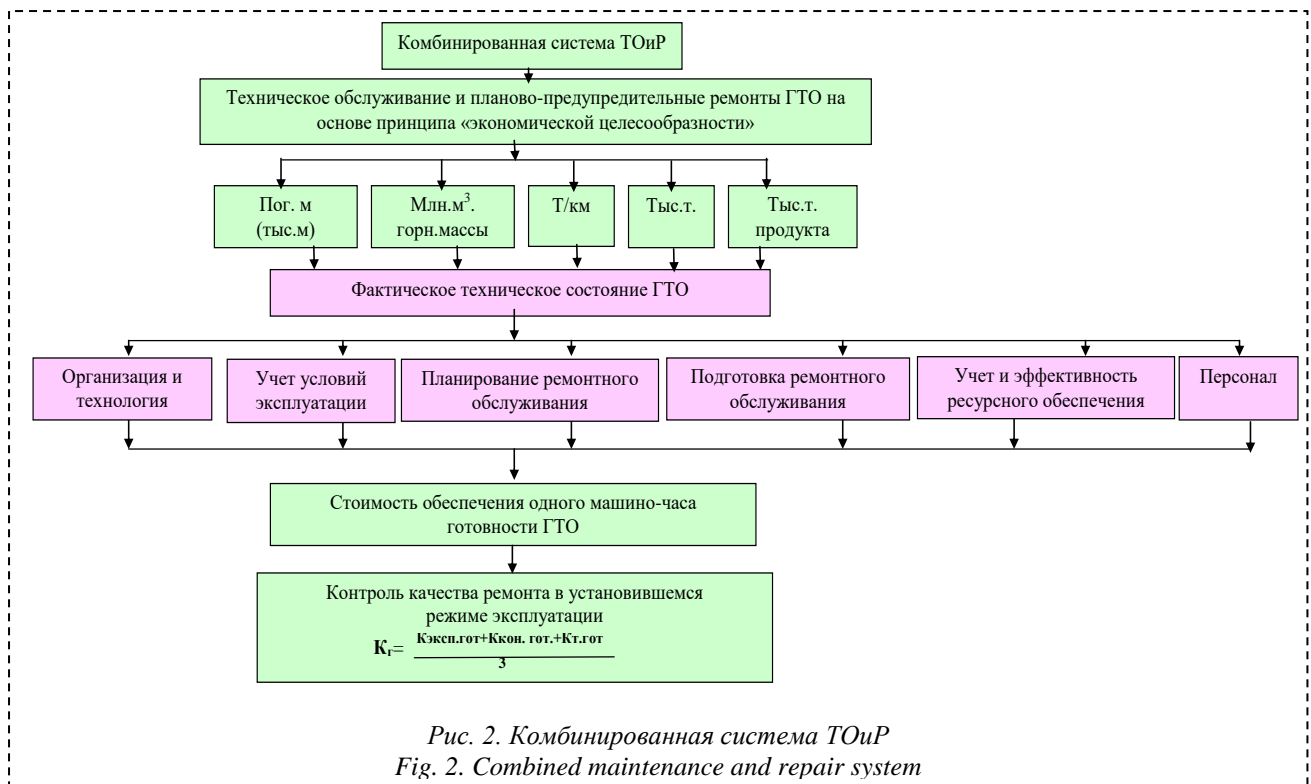


Рис. 2. Комбинированная система ТОиР
 Fig. 2. Combined maintenance and repair system

ром является выбор такой стратегии, которая обеспечивает минимум затрат при требуемом качестве ремонта и эксплуатационной надежности горных машин.

Как показывает опыт, на практике действуют две основные стратегии ремонта – ремонт машин по потребности, то есть по достижении машиной или ее отдельными узлами, агрегатами предельного состояния, и планово-предупредительный ремонт (ППР), который предусматривает планирование и организацию ремонтов в установленные сроки. Ремонтные воздействия базируются на исследовании закономерностей изнашивания элементов машин и позволяют определить переход техники в состояние, близкое к предельному.

Система ППР является наиболее предпочтительной, так как позволяет заранее обеспечивать процесс ремонта необходимыми ресурсами, планировать затраты и максимально стандартизировать процессы эксплуатации горных машин [1,4,5].

Существующие системы ППР базируются на различных показателях: ремонт по календарному фонду времени (КФВ), по наработке горной массы и машино-часам (т., м³, маш.-ч.) и по техническому состоянию. В настоящее время в силу изменения номенклатуры горной техники и оборудования на ГДП целесообразно применять комбинированную систему ППР (Рис. 2).

Комбинированная система ППР, основанная на экономическом показателе – стоимости машино-часа готовности – позволяет оценить качество планирования, подготовки и организации ремонтных работ в установленном режиме эксплуатации горной техники и в стоимостном аспекте (затраты на ремонт) определить наиболее вероятные сроки вывода конкретной единицы из процесса эксплуатации [6, 7, 14].

Расчет стоимости машино-часа готовности (С_{мчг}, руб/маш.-ч) производится по формуле:

$$C_{\text{мчг}} = \frac{\sum Z_p}{\text{МЧГ}},$$

где $\sum Z_p$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт за учетный период, руб.;

МЧГ – машино-часы готовности техники за учетный период (маш.-ч):

$$\text{МЧГ} = T_{\text{КФВ}} - \sum T_{\text{ПР}} - \sum T_{\text{НР}},$$

где $T_{\text{КФВ}}$ – календарный фонд времени, ч;

$\sum T_{\text{ПР}}$ – время плановых ремонтов, ч;

$\sum T_{\text{НР}}$ – время не плановых ремонтов, ч.

На горнодобывающих предприятиях уже применяется подход, основанный на комплексной оценке результатов эксплуатации горных машин. Оценка производится в координатах «результаты-затраты». Под «результатом» понимается объем работ, который горные машины выполнили за исследуемый период (т., м³), «затраты» – финансовые средства, вложенные в ремонт каждой единицы техники.

Расчет показателей производится в следующей последовательности:

1. На основе данных: объем горной массы, себестоимость 1 м³ горной массы за исследуемый период, рассчитываются «результаты» для каждой единицы техники по формуле:

$$D = V_{\text{Г.М}} \cdot C,$$

где $V_{\text{Г.М}}$ – объем горной массы, м³;

C – себестоимость 1 м³ горной массы (внутренняя цена), руб/м³.

2. Определяются «затраты» как фактические затраты на ремонт для каждой единицы техники (месяц, квартал, год).

Результаты расчетов для выбранной группы объектов заносятся в Таблицу 1.

Таблица 1. Форма учета показателей
Table 1. The form of accounting for indicators

Марка	№ хоз.	Объем работ, тыс.м ³	Затраты на ремонт тыс. руб.	Себестоимость, руб./лм ³ (внутренняя цена)	«Условный доход», тыс. руб.

3. Определяются средние значения (C_p) затрат и результатов:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n},$$

где $\sum a_i$ – сумма всех значений показателей;
 n – количество единиц техники/оборудования.

После определения средних значений показателей распределяем показатели по областям матрицы (Рис. 3).

Таким образом, горные машины распределились по четырем областям эффективности: затраты выше средних (ВЗ) и ниже средних (НЗ) значений. «Результаты» выше и ниже средних значений (ВД, НД). Это дает возможность руководителю предприятия (службы) принимать обоснованные управленческие решения относительно каждой единицы техники, производить анализ эффективности эксплуатации горных машин и определять рациональную нагрузку в заданных условиях эксплуатации.

Методический подход к оценке эффективности эксплуатации горной техники и оборудования представлен на Рис. 4.

Предложенный подход позволяет выбирать комплекс технических услуг для каждой группы машин, контролировать затраты на ремонт техники и обеспечивать требуемый уровень их работоспо-

собности [8,9].

Поскольку на балансе горнодобывающих предприятий состоит большое количество отечественной и иностранной техники, возникает вопрос ее дальнейшего содержания, т.е. расчета цены владения за период эксплуатации. Важность экономической оценки цены владения парком горной техники на горнодобывающем предприятии очевидна, поскольку сегодня ситуация складывается следующим образом.

Минимальная стоимость запасных частей, например, на иномарки, увеличилась на 50–70%, Китай и Россия не смогут быстро заменить их аналогами (сроки 5 – 7 лет). Из 100 процентов экскаваторного парка практически 50 процентов составляют импортные машины: Япония («Hitachi», «Komatsu») – 30%, Германия («Libher», «TEREX») – 7%, США («Marion», «Harnischfeger»), Швеция («Volvo», «Libher») – 4%. Практически все дилерские компании, реализующие импортную горную технику, находятся под санкциями, и возможность обновления парка импортной горной техникой (американских и европейских брендов) близка к нулю. Естественно, возникает вопрос – что делать в такой ситуации? Изготавливать запасные части своими силами? Покупать взамен импортной отечественную технику? Но сложность в том, что падение объемов производства в горнодобывающей промышленности в 90-е годы обусловило формирование избытка погрузочной техники, что повлияло на перспективы развития отечественного горного машиностроения. Объем выпуска отечественных экскаваторов резко сократился.

В этой ситуации первым этапом необходимо произвести расчет стоимости владения каждой единицей техники отечественного и импортного производства [10,11,12,13].

Затраты на ремонт,
тыс. руб.

I Техника, списание которой наиболее целесообразно	III Техника, для которой необходимо произвести анализ затрат на ремонт и эксплуатацию
II Техника, для которой необходимо произвести анализ результатов	IV Продолжение эксплуатации при условии контроля затрат и результатов

«Результаты»,
тыс. руб.

I– **ВЗ-НД** – высокие затраты и низкие доходы; **II** – **НЗ-НД** – низкие затраты и низкие доходы; **III**–**ВЗ-ВД** – высокие затраты и высокие доходы; **IV**–**НЗ-ВД** – низкие затраты и высокие доходы

Рис. 3. Матрица распределения техники/оборудования по областям эффективности
Fig. 3. Matrix of distribution of machinery/equipment by areas of efficiency

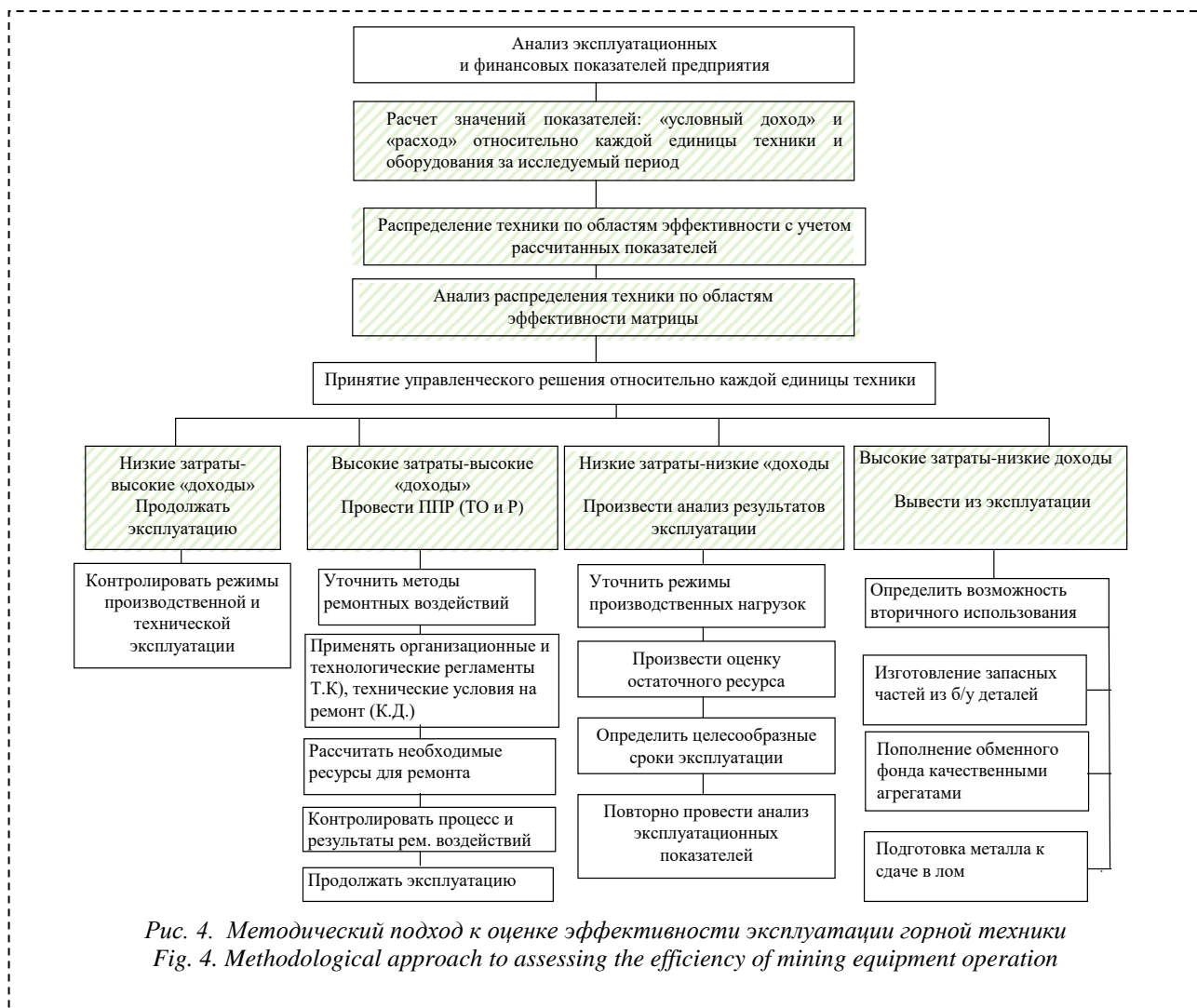


Рис. 4. Методический подход к оценке эффективности эксплуатации горной техники
 Fig. 4. Methodological approach to assessing the efficiency of mining equipment operation

Цель расчета – оценка эффективности инвестиционных вложений в технику, приобретаемую и уже эксплуатируемую на предприятии.

Приведем пример ориентировочного расчета цены владения на экскаваторе ЭКГ-12А производства «Уралмашзавод», который эксплуатируется не только на горнорудных карьерах (Костамукша, Ковдор), но и на угольных (Кузбасс). При расчете принимаем следующие допущения:

1. Интервал планирования – 15 лет.
2. Для расчетов принимается, что экскаватор ЭКГ-12А выполняет все технологические задачи, обеспечивает заданную производительность и работает в нормальных условиях.

Теоретическая производительность экскаватора, м³/час:

$$Q_{\text{теор.}} = \frac{E_k}{t_{\text{ц}}},$$

где E_k – емкость ковша, м³,
 $t_{\text{ц}}$ – время цикла, ч.

Техническая производительность экскаватора, м³/час:

$$Q_{\text{техн.}} = Q_{\text{техн.}} \frac{K_n}{K_p},$$

где K_n – коэффициент наполнения ковша ($K_n=0,9$);

K_p – коэффициент разрыхления породы ($K_p=1,15 \dots 1,5$).

Эксплуатационная производительность экскаватора, м³/час:

$$Q_{\text{экспл.}} = Q_{\text{техн.}} \cdot K_{\text{исп.}}$$

где $K_{\text{исп.}}$ – коэффициент использования экскаватора в течение часа с учетом технологических простоев (0,75...0,8)

Далее рассчитываются:

- объем горной массы за 15 лет, млн м³;
- капитальные затраты на возможное приобретение техники, млн руб.;
- расход запасных частей, млн руб./год;
- стоимость электроэнергии за 15 лет (в текущих ценах), млн. руб.;
- расходы на заработную плату ремонтного и эксплуатационного персонала за 15 лет;
- затраты на монтаж техники – 2% от стоимости новой машины.

Совокупная стоимость владения или цена владения за 15 лет на примере одного из северо-западных горнодобывающих предприятий России составила (Таблица 2).

Необходимо отметить, что на стоимость владения парком горной техники существенное влияние также оказывают условия и режимы эксплуатации,

наличие ремонтной базы, рыночная стоимость ресурсов, квалификация персонала и, самое главное, насколько эффективно организовано производство.

Заключение

1. Выполненные исследования и опыт проведения производственно-технических аудитов на горнодобывающих предприятиях Якутии, Кузбасса, Северо-западного региона России позволили сформулировать следующее:

- при выборе методов определения оптимального срока службы каждой единицы горной техники следует учитывать ряд факторов, обеспечивающих снижение издержек производства и расходов на ремонтное обслуживание горной техники.

- методический подход, основанный на комплексной оценке результатов эксплуатации парка горной техники и представленный в виде матрицы, включающей области эффективности/неэффективности эксплуатации горных машин, позволяет выбирать комплекс технических услуг для каждой группы машин, контролировать затраты на обслуживание техники, обеспечивать заданный уровень работоспособности и принимать управленческие решения по очередности вывода техники из эксплуатации.

2. Эффективность инвестиционных вложений в эксплуатируемую и вновь приобретенную горную технику целесообразно оценивать посредством расчета стоимости владения парком машин и каждой единицей техники отдельно. Расчет рекомендуется производить на основе оценки производительности каждой машины и ряда технико-экономических показателей, позволяющих спрогнозировать затраты на содержание горных машин на определенный период времени.

3. Предлагаемые методические подходы «результат-затраты» и расчет стоимости владения горной техникой позволяют упорядочить механизм формирования потребности в ресурсах, повысить эффективность планирования технологических процессов и своевременно устанавливать сроки очередности вывода техники из эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Л. И. Методология формирования технического сервиса горнотранспортного оборудования на угледобывающем предприятии: Дисс. ...д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2004. 297 с.

2. Красникова Т. И. Обоснование и выбор рациональных параметров эксплуатации экскаваторов

циклического действия: Дисс. канд. техн. наук. Екатеринбург : УГГУ, 2012. 131 с.

3. Карпенко С. В., Емец И. И., Харитонов Ю. А., Андреева Л. И., Красникова Т. И. Повышение эффективности организации деятельности ремонтной службы как важная составляющая функционала главного механика // Уголь. 2015. №1. С. 66–68.

4. Килин А. Б., Азев В. А., Костарев А. С., Бавев И. А., Галкина Н. В. Эффективное развитие угледобывающего производственного объединения: практика и методы / под ред. В. Б. Артемьева. М. : Издательство «Горная книга», 2019. 280 с.

5. Robert J. House, Andre Delbecq, Toon W. Taris. Value Dased Leadership: An Integrated Theory and an Emprical Test (working paper). 2010.

6. Geu Flores F., Keckemehty A., Potteker A. Workspace analysis and maximal force calculation of a face-shovel excavator using kinematical transformers. 12thIFTtoMMWorldCongress, Besancon, June 18–21, 2007. 6 p.

7. Ганицкий В. И. Организация и управление горным производством. М. : Недра, 1991. 363 с.

8. Морозов В. И. Управление качеством эксплуатации карьерных экскаваторов // Надежность и качество горных машин и оборудования: Междунар. межвуз. науч.–практ. конф., 21–25 октября 1991 г. М. : Изд-во МГИ, 1991. С. 175–178.

9. Андреева Л. И. Возможности повышения эффективности использования ресурсов в ремонтном производстве // Проблемы недропользования: Сетевое периодическое научное издание. ИГД УрО РАН. Екатеринбург, 2015. Вып.1(4). С. 134–141.

10. Моссаковский Я. В., Моляров Ю. А. [и др.] Экономика горной промышленности. М. : Недра, 1988. 367 с.

11. Ревазов М. А., Маляров Ю. А. Экономика, организация производства и планирования на открытых горных работах. М. : Недра, 1989. 390 с.

12. Цветков В. Н., Дмитриев В. А., Дурнев Н. В. Расчет основных параметров карьерных экскаваторов // Под редакцией В. Н. Цветкова. Екатеринбург : Издательство Агаф, 2006. 123 с.

13. Кукаренко А. И. [и др.] Роль организации производства при техническом перевооружении // Уголь. 2011. № 6. С. 70–72.

14. Андреева Л. И., Лапаева О. А. К вопросу определения периодичности замены основного горно-транспортного оборудования карьера // Горное оборудование и электромеханика. 2009. №6. С. 27–30.

© 2023 Автор. 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:

Андреева Людмила Ивановна, гл. науч. сотр., зав. отделом ремонта ГТО, доктор техн. наук, Челябинский филиал Института горного дела УрО РАН, (г. Челябинск, ул. Энтузиастов, 30, оф.718), ООО «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства» (ООО «НИИОГР»), (г. Челябинск, ул. Энтузиастов, д. 30, оф. 711), e-mail: tehnorem74@list.ru

Заявленный вклад авторов:

Андреева Людмила Ивановна – постановка исследовательской задачи в соавторстве; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследований; формирование структуры основных задач; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; аналитические расчеты; выводы; формулировка заключения..

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-61-67

Lyudmila I. Andreeva^{1,2}

¹ Chelyabinsk branch of the Institute of Mining of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

² LLC "Research Institute of Efficiency and Safety of Mining Production"

*E-mail: tehnozem74@list.ru

METHODICAL APPROACH TO DETERMINING THE SERVICE LIFE AND OWNERSHIP PRICE OF QUARRY EXCAVATORS IN THE CONDITIONS OF MINING PITS



Article info

Received:

11 September 2023

Accepted for publication:

30 November 2023

Accepted:

01 December 2023

Published:

19 December 2023

Keywords: operational efficiency, mining equipment, frequency of replacement, expediency, cost of ownership.

Abstract.

The methods of determining the optimal service life of mining equipment from the point of view of the appropriateness of its maintenance and repair service are considered. The application of such a repair service strategy at mining enterprises is justified, which ensures a minimum of costs with the required repair quality and operational reliability of mining equipment. Two main strategies are considered - repair of equipment according to need, that is, after the machine or its individual nodes have reached the limit state, as well as scheduled preventive maintenance, which provides for planning and organizing repair services in a timely manner, taking into account the operating time of the volumes of rock mass (or machine hours of operation) and the technical condition of each piece of equipment. Based on a methodological approach based on a comprehensive assessment of the results of the operation of mining machines in the coordinates "result-costs", the possibility of alternately decommissioning inefficient equipment and selecting technical services for each group of machines is considered. The "result" refers to the amount of work performed by the mining machine over a certain period of time (t , m3), "costs" - the financial means invested in the maintenance of each mining machine.

The variants of calculating the cost of ownership of each unit of equipment in the conditions of import substitution are investigated. An example of calculating the cost of ownership of an EKG-12A excavator operated in the north-western region of the Russian Federation is given..

For citation: Andreeva L.I. Methodical approach to determining the service life and ownership price of quarry excavators in the conditions of mining pits. Mining Equipment and Electromechanics, 2023; 5(169):61-67 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-61-67, EDN: RHNBFK

REFERENCES

1. Andreeva L.I. Methodology of formation of technical service of mining and transport equipment at a coal-mining enterprise: Diss. ...doctor of Technical Sciences. Yekaterinburg, 2004. 297 p.
2. Krasnikova T.I. Justification and choice of operational parameters of cyclic excavators: Diss. Candidate of Technical Sciences. Esa-Edinburgh: UGSU, 2012. 131 p.
3. Karpenko S.V., Yemets I.I., Kharitonov Yu.A., Andreeva L.I., Krasnikova T.I. Improving the efficiency of the organization of repair service activities as an important

component of the functionality of the chief mechanic. *Ugol*. 2015;1:66–68.

4. Kilin A.B., Azev V.A., Kostarev A.S., Baev I.A., Galkina N.V. Effective development of coal mining production association: practice and methods. edited by V.B. Artemyev. M.: Publishing House "Mining Book"; 2019. 280 p.

5. Robert J House, Andre Delbecq, Toon W. Taris. Value Dased Leadership: An Integrated Theory and an Empirical Test (working paper). 2010.

6. Geu Flores F., Keckemehty A., Potteker A. Work-space analysis and maximal force calculation of a face-shovel excavator using kinematical transformers.

12thIFTtoMMWorldCongress, Besancon, June 18–21, 2007. 6 p.

7. Ganitsky V.I. Organization and management of mining production. M.: Nedra; 1991. 363 p.

8. Morozov V.I. Quality management of operation of quarry excavators. Reliability and quality of mining machines and equipment: International. inter-university. scientific and practical conference, October 21-25, 1991. Moscow: Publishing House of Moscow State University; 1991. Pp. 175-178.

9. Andreeva L.I. Possibilities of increasing the efficiency of resource use in repair production. Problems of subsoil use: Network periodical scientific publication. IGD UrO RAS. Yekaterinburg, 2015. Issue 1(4). Pp. 134–141.

10. Mossakovsky Ya.V., Molyarov Yu.A. [et al.] Economics of mining industry. M.: Nedra; 1988. 367 p.

11. Revazov M.A., Malyarov Yu.A. Economics, organization of production and planning in open-pit mining. M.: Nedra; 1989. 390 p.

12. Tsvetkov V.N., Dmitriev V.A., Durnev N.V. Calculation of the main parameters of quarry excavators. Edited by V.N. Tsvetkov. Yekaterinburg: Publishing house Agaf; 2006. 123 p.

13. Kukarenko A.I., etc. The role of production organization in technical re-equipment. *Ugol*. 2011; 6:70–72.

14. Andreeva L.I., Lapaeva O.A. On the issue of determining the frequency of replacement of the main mining and transport equipment of the quarry. *Mining equipment and electromechanics*. 2009;6:27–30.

© 2023 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The author declares no conflict of interest.

About the author:

Andreeva Lyudmila I., chief researcher, Doctor of Engineering Sci., Chelyabinsk branch of the Institute of Mining of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (Chelyabinsk, st. Entuziastov, 30, office 718), LLC "Research Institute of Efficiency and Safety of Mining Production" (LLC "NII OGR"), (Chelyabinsk, ul. Enthusiasts, 30, of.711.), e-mail: tehnorem74@list.ru

Contribution of the authors:

Andreeva Lyudmila Ivanovna – formulation of a research task in co-authorship; scientific management; review of relevant literature; conceptualization of re-search; formation of the structure of the main tasks; scientific management; review of relevant literature; analytical calculations; conclusions; formulation of the conclusion.

Author have read and approved the final manuscript

