УДК 622.002.05 DOI: 10.21440/0536-1028-2021-4-83-91

Выбор стратегии ремонтного обслуживания горной техники

Андреева Л. И.[1]
[1] Институт горного дела УрО РАН, г. Челябинск, Россия
e-mail: tehnorem74@list.ru

Реферат

Актуальность. *Традиционно сложившаяся практика повышения эффективности производства с ориентацией на техническое перевооружение и увеличение единичной мощности эксплуатируемого оборудования, осуществляемая без должного изменения организации производства и выбора стратегии ремонтного обслуживания техники, приводит к неэффективному использованию ресурсов и потерям рабочего времени, что, в свою очередь, влияет на объемы выпуска конечного продукта.*

Цель исследования *– выбор оптимальной стратегии планирования ремонтного обслуживания горной техники.*

Методы исследования. *В ходе работы использованы методы структурно-функционального анализа, научного обобщения, производственного эксперимента.*

Результаты. *Выявлены преимущества и недостатки традиционно сложившейся системы планово-предупредительных ремонтов и системы ремонтного обслуживания на основе технической диагностики. Определены основные причины увеличения количества аварийных ремонтов. Перечислены главные компоненты эффективной подготовки ремонтных воздействий и методика расчета ремонтного цикла на примере экскаваторного парка. Приведены результаты, полученные при рассмотрении вопросов выбора стратегии ремонтного обслуживания для одного из горнодобывающих предприятий Урала.*

Выводы. *Для обеспечения высокой результативности эксплуатации горной техники и оборудования необходимо использование стратегии ремонтного обслуживания «по техническому состоянию» с применением средств технической диагностики, мониторинга состояния каждой единицы и планирования ремонтных воздействий, упреждающих внезапный отказ техники.*

Ключевые слова: *стратегия ремонтного обслуживания; техническое состояние; предельное состояние; периодичность обслуживания; ремонтный цикл.*

Актуальность проблемы. Планирование – один из самых важных бизнес-процессов в системе технического обслуживания и ремонта (ТОиР) горнодобывающего предприятия. Оно определяет эффективность использования оборудования в системе эксплуатации предприятия. С одной стороны, эффективность зависит от степени совершенства методов планирования, направленных на получение наибольшего экономического результата, а с другой – от способности системы ТОиР соблюдать и выдерживать запланированные показатели.

Вследствие разных условий работы горной техники и эксплуатационных характеристик узлов и агрегатов сроки их замены наступают не одновременно (поскольку начальный ресурс деталей машины отличается в несколько раз).

Известно, что ухудшение функциональных характеристик машины и ее элементов при эксплуатации в основном связано с износом составных частей, зависящим, в свою очередь, от интенсивности и времени использования. Любой ремонт направлен на устранение последствий износа и восстановление первоначальных или близких к ним функциональных характеристик. Существует ряд подходов к стратегии ремонтных воздействий в течение срока службы машины. Общим во всех случаях является стремление к выбору такой стратегии ремонта, которая обеспечивает минимум затрат при необходимом качестве [1].

Результаты исследований. На горнодобывающих предприятиях, как правило, используют две основные стратегии ремонта: ремонт *по потребности*, т. е. по достижении машиной или отдельными системами технического состояния, близкого к предельному, и *планово-предупредительный ремонт* (ППР), предусматривающий планирование и организацию ремонтных воздействий в определенные сроки. Планово-предупредительный ремонт является предпочтительным, так как позволяет заранее подготовить необходимые ресурсы, а также планировать ремонт как неотъемлемую часть всего технологического процесса, существенно снижать элементы стихийности.

К запланированным в рамках стратегии ППР остановкам приурочивается замена деталей, ресурс которых приближается к предельному состоянию. Однако, поскольку ни ресурсы, ни предельное состояние деталей не регламентированы, а следовательно, не известны ремонтному персоналу, решение об их замене принимается на основе субъективно-интуитивного подхода. Это чаще всего сопровождается либо превышением значений предельного состояния и, соответственно, увеличением вероятности отказа до начала ремонта, либо недоиспользованием ресурса, что в обоих случаях влечет за собой экономические потери.

Нормативы продолжительности и периодичности остановок на ремонт по методу ППР устанавливались на длительный период (более 10 лет) и не предусматривали каких-либо изменений, поэтому не отражают ни условий использования, ни технического состояния конкретной машины, т. е. ее фактической потребности в ремонтном обслуживании. Эти нормативы не позволяли заблаговременно планировать объемы работ, потребность в запасных частях, затраты труда и финансовые ресурсы. Очевидно, что метод ППР, возникший в условиях централизованного планирования, не способствует эффективному использованию оборудования и необходимых для этого ресурсов [2, 3].

Анализ результатов планово-предупредительных ремонтов экскаваторов, проведенный на разрезах Кузбасса, позволил определить причины, по которым увеличилось количество капитальных и аварийных ремонтов. Система ППР предусматривала проведение ремонта в установленные сроки: через 4–5 лет эксплуатации экскаваторов с емкостью ковша до 14 м^3, через 6–7 лет – экскаваторов с емкостью ковша свыше 14 м^3. При этом не учитывались нагруженность, интенсивность использования и условия эксплуатации техники.

В связи с этим ресурс техники при поступлении в ремонт не был полностью использован. Это приводило к неоправданным простоям и затратам на ремонтное обслуживание, увеличивало трудоемкость ремонтных работ. Ресурс машин после ремонта восстанавливался лишь на 70–75 %, что существенным образом отражалось на производительности во время эксплуатации. Производительное время работы экскаваторов не превышало 5000 ч при календарном фонде времени 8760 ч (табл. 1).

Недостаток рассмотренной системы планирования, не учитывающей реальный уровень базовой и меняющейся эксплуатационной надежности, усиливался за счет отказов машин и вызванных ими аварийных ремонтов между плановыми. Количество этих отказов весьма велико (частота остановок в среднем в три раза выше плановой), и поэтому необходимость в ремонтах возникала гораздо чаще, чем предусмотрено нормативными документами.

Так, на разрезах угольной промышленности время на аварийный ремонт экскаваторов ЭКГ-10 и ЭКГ-12 со сроком службы до 15 лет увеличивалось на 15–25 %, а со сроком эксплуатации более 15 лет – в 2–2,5 раза. Это влияло на потери производства, ремонтные затраты и вынуждало горнодобывающие предприятия держать резервные машины, что увеличивало капитальные затраты [3–5].

В силу того, что фактические простои и объемы ремонтных работ оказывались выше запланированных и сопровождались значительными издержками, система ППР не может считаться эффективной.

Таким образом, при использовании метода планово-предупредительных ремонтов имеют место следующие недостатки: действуют неизменные нормы периодичности и продолжительности остановок, не увязанные с фактическим уровнем надежности; затруднена заблаговременная подготовка к ремонтам; оценка технического состояния проводится преимущественно интуитивно, т. е. на основе опыта технического персонала, зависит от его субъективных качеств и не предусматривает количественной оценки повреждений, а значит, возможна недостаточная обоснованность конкретных видов работ и замен составных частей горной машины [6, 7].

Таблица 1. Ресурс экскаваторов, поступающих на капитальный ремонт
Table 1. The service life of the excavators coming for major repairs

Экскаватор	Среднегодовая производительность экскаватора, млн м^3	Наработка до постановки на капитальный ремонт, млн м^3	Наработка до капитального ремонта после ППР 1983 г., млн м^3	Недоиспользованный ресурс при постановке на капитальный ремонт	
				млн м^3	%
ЭКГ-10	1,60	6,4	13,0	6,6	51
ЭКГ-12	1,40	5,6	12,0	6,4	53
ЭКГ-15	2,95	11,8	19,0	7,2	38

Современные тенденции. В современных условиях хозяйствования при значительном количестве зарубежной техники и изменяющейся степени загрузки оборудования разработка нормативов не осуществляется из-за отсутствия отраслевых организаций. В таких обстоятельствах календарный метод ППР становится еще менее эффективным.

Научные исследования и требования практики свидетельствуют, что наиболее рациональным методом обслуживания горной техники является обслуживание *по техническому состоянию* с учетом наработки объемов и машино-часов продуктивной работы [8–10].

В 2002 г. НИИОГР разработал «Методическое положение о планово-предупредительных ремонтах горного оборудования для открытых горных работ на основе технической диагностики», учитывающее объемы добытой горной массы, горно-геологические условия и текущее техническое состояние техники на основе методов неразрушающего контроля, что позволяет достаточно полно учитывать ресурс машины до назначения ей очередного ремонтного обслуживания.

Помимо этого, в 2017–2020 гг. разработаны карты ежедневного осмотра (в частности, экскаваторов и обогатительного оборудования), что позволило машинистам экскаваторов и техническому персоналу цехов своевременно фиксировать зарождение и развитие дефектов деталей и узлов машин, а ремонтникам производить профилактические воздействия.

Такой подход, или такая стратегия, является основой современной науки о надежности машин, так как управление надежностью есть не что иное, как управление скоростью протекания процессов физического старения техники, а следовательно, сроками службы ее элементов и системы в целом.

При организации управления техническим состоянием оборудования следует иметь в виду, что оно находится под влиянием трех факторов: эксплуатационных свойств конструкционных материалов составных элементов, заложенных при

создании машин и запасных частей; эксплуатационных воздействий, вызывающих физическое старение их элементов; процессов ремонтного обслуживания, определяющих соответствие восстановленной машины ее первичному состоянию [11, 12].

Рис. 1. Подготовка к ремонту
Fig. 1. Preparation for repair

Особо следует отметить, что эффективность метода «по техническому состоянию» в значительной степени зависит от качества его подготовки: формирования нормативно-информационной базы; планирования на ее основе всех видов дея-

тельности технических служб и необходимых ресурсов; профилактических работ; выявления потребности в запасных частях и материалах; обеспечения ремонтных цехов средствами механизации, в том числе грузоподъемными приспособлениями, инструментом, а также необходимым по численности и квалификации персоналом; составления документации, проектов организации ремонтных работ и сетевых графиков их проведения; инструкций по обслуживанию. С точки зрения обеспечения работоспособности горной техники и постановки цели системы ТОиР эти факторы приобретают новое содержание, от которого зависят сроки проведения (регламент, продолжительность простоев), трудовые, материальные и финансовые затраты [13].

Методический подход. Подготовка ремонтных работ, как один из важнейших этапов, непосредственно влияет на их продолжительность. Горная машина не должна ставиться на ремонт без предварительной организационной, технической и материальной подготовки. Например, подготовка к ремонту экскаватора начинается за несколько месяцев до непосредственного начала ремонта (рис. 1).

Помимо этого, при планировании ремонтов по техническому состоянию важным становится определение межремонтных интервалов (ремонтных циклов), зависящих от уровня надежности составных частей машин и видов (объемов) работ.

Наработка на ремонтный цикл, выраженная в м^3 переработанной горной массы, рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{р}} = V_{\text{к}} k_1 k_2 k_3,$$

где $V_{\text{к}}$ – вместимость ковша, м^3; k_1 – коэффициент, выражающий отношение среднего ресурса до капитального ремонта к вместимости ковша (для механических лопат $k_1 = 1{,}76 \cdot 10^6$, для драглайнов $k_1 = 1{,}68 \cdot 10^6$); k_2 – коэффициент учета условий эксплуатации (для мягких пород $k_2 = 0{,}8$, для полускальных $k_2 = 1{,}0$, для скальных $k_2 = 1{,}2$); k_3 – коэффициент восстановления ресурса (для первого ремонтного цикла, от ввода в эксплуатацию до капитального ремонта, $k_3 = 1$, для последующих $k_3 = 0{,}8$).

Наработку на текущий ремонт $T_{\text{т}}$ рассчитывают по формуле, м^3:

$$T_{\text{т}} = V_{\text{к}} k_2 k_4,$$

где k_4 – коэффициент, выражающий отношение среднего ресурса быстроизнашивающихся деталей (кроме канатов и зубьев) к вместимости ковша (для механических лопат $k_4 = 0{,}044 \cdot 10^6$, для драглайнов $k_4 = 0{,}042 \cdot 10^6$).

Наработку на техническое обслуживание $T_{\text{т.о}}$, м^3, рассчитывают по формуле:

$$T_{\text{т.о}} = 0{,}5 T_{\text{т}}.$$

При выборе стратегии и планировании ремонтных воздействий обычно не используются понятия и показатели надежности, но их можно легко вычислить, приняв за основу нормативные значения периодичности и продолжительности планируемых остановок техники (планируемый уровень надежности) и фактические значения периодичности и продолжительности, учитывающие и внеплановые (аварийные) ремонты (фактический уровень надежности) [14]. При сравнении планового и фактического уровней надежности можно определить разницу их значений, свидетельствующую о более низком фактическом уровне надежности по сравнению с плановым. Это сравнение дает основание для составления

регламента ремонтных циклов исходя из реального уровня надежности техники, т. е. снижения плановой периодичности остановок.

Зачастую техническим службам горнодобывающих предприятий сложно перейти от традиционно сложившейся стратегии плановых и аварийных ремонтов к стратегии профилактики отказов, основанной на систематическом мониторинге технического состояния горных машин и оборудования.

Обсуждение результатов. Моделирующий семинар-практикум, проведенный в ООО «Бобровский кварцит», дал возможность персоналу предприятия определить этапы перехода от аварийных ремонтов к стратегии профилактики отказов (рис. 2).

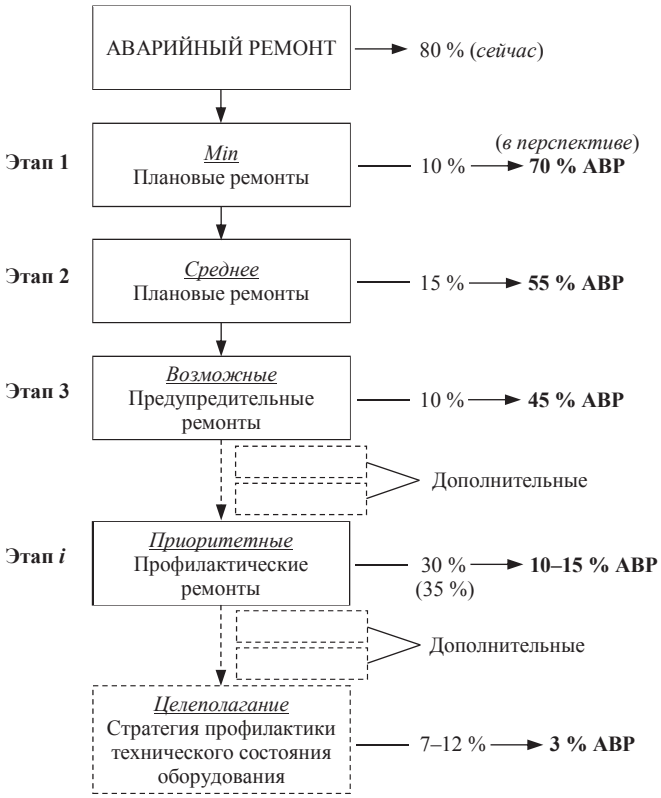

Рис. 2. Схема перехода от аварийных ремонтов (АВР) к стратегии профилактики
Fig. 2. Scheme of transition from repairs on failure to the prevention strategy

Роль использования стратегии профилактики отказов горной техники в настоящее время возросла в силу следующих причин:

– увеличились затраты, связанные с содержанием и обслуживанием техники, эксплуатируемой в экстремальных условиях;

– парк горной техники и оборудования имеет значительный моральный и физический износ, что предопределяет его частичную замену либо дорогостоящий ремонт.

Что в этом случае позволит предприятию снизить затраты на ремонтное обслуживание и сократить до минимума простои? Необходимо обратить внимание на несколько факторов:

– ведение учета оборудования, «историй» всех проводимых ремонтных работ; без учета невозможно проведение анализа результатов эксплуатации, причин возникновения дефектов, эффективности инвестиций;

– введение нормирования ремонтных работ, вплоть до операций; введение норм невозможно без налаженной системы учета.

Если на предприятии не отлажена система учета и планирование осуществляется «в ручном режиме», то график ремонта техники является формальным, не привязанным к реальным условиям эксплуатации [15].

Строгий учет «истории» каждой единицы техники позволяет не только проводить работу с ее разработчиками, заводами-изготовителями, но и готовить грамотные, экономически обоснованные мероприятия по ее замене.

Заключение. Практика показывает, что максимальный эффект от эксплуатации горного оборудования может быть получен только при использовании стратегии ремонтного обслуживания *по техническому состоянию* с использованием средств технической диагностики, анализа показателей и планирования ремонтных воздействий, упреждающих внезапный отказ техники. Производственно-технический аудит ремонтного производства горнодобывающих предприятий (АО «ССГПО», АО «СУЭК-Хакасия», АО МХК «Еврохим», ПАО «Северсталь») и аналитико-моделирующие семинары с ремонтным и эксплуатационным персоналом показали, что при выборе и реализации стратегии планирования с учетом мониторинга технического состояния горной техники простои могут быть сокращены на 30–35 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева Л. И. Формирование системы обслуживания горной техники как объекта самостоятельного бизнеса // Горные машины и автоматика. 2004. № 4. С. 31–34.

2. Ловчиновский Э. В. Реорганизация системы технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий: метод. пособие. М.: ИПУ РАН, 1998. 386 с.

3. Андреева Л. И., Ушаков Ю. Ю., Мартынов В. Ю. Эффективность использования ресурсов при ремонтном обслуживании оборудования обогатительной фабрики (методический подход) // Чтения памяти В. Р. Кубачека: сб. трудов XVII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УГГУ, 2019. С. 384–387.

4. Сидоров В. А., Кравченко В. М., Седуш В. Я. Техническая диагностика механического оборудования. Донецк: Новый мир, 2003. 125 с.

5. Ito K., Doebeli M. The joint evolution of cooperation and competition // Journal of Theoretical Biology. 2019. Vol. 480. P. 1–12. https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2019.07.010

6. Галкина Н. В., Килин А. Б., Захаров С. И., Полещук М. Н., Росляков С. В. Методический подход к организации управления развитием горнодобывающего предприятия на основе повышения субъективности его персонала // Известия УГГУ. 2020. Вып. 3(59). С. 155–162. https://doi.org/10/21440/2307-2019-2020-30155-162

7. Галкин В. А., Макаров А. М. Рыночные отношения на угледобывающем предприятии и эффективность производства // Уголь. 2020. № 9. С. 29–34. https//doi.org/10/18796/0041-5790-2020-9-29-34

8. Костарев А. С. О стратегии экономического развития угледобывающего производственного объединения на примере ООО «СУЭК-Хакасия» // ГИАБ. 2017. Спец. вып. № 39. С. 233–242.

9. Guan X., Yang B. Research on the desing of enterprise salary system based on data mining technology // ICESAME, April 29–30, 2017, Zhengzhou, China, 2017. P. 17–32.

10. Lee J., Lee K. An empirical study on the relationship of justice, pay level satisfaction and pay system // Journal of Industrial Management System. 2016. № 3. P. 118–128.

11. Сухарьков И. Н., Фукс С. Г., Гвоздев В. В., Байкин В. С. О системе премирования работников цеха ДВС АО «Черногорский ремонтно-механический завод» ООО «СУЭК-Хакасия» // ГИАБ. 2015. Отд. вып. № 45–2. С. 139–143.

12. Tyulenev M., Litvin O., Cehlar M., Zhironkin S., Gasanova M. Estimation of hydraulic backhoes productivity for overburden removing at kuzbass open pits // Acta Montanistica Slovaca. 2017. No. 3. P. 296–302.

13. Заяц А. И., Беклемешев В. А., Байкин В. С., Хажиев В. А. Развитие системы мониторинга условий и режимов эксплуатации, технологии и организации ремонтного обслуживания экскаваторов на разрезе «Черногорский» // ГИАБ. 2017. № 12. Спец. вып. № 39. С. 201–208.

14. Сухарьков И. Н., Вакулин Е. А., Ивашкевич В. А., Глухорев В. В., Горбенко А. С., Хажиев В. А. Совершенствование процесса учета отказов и ремонтов автосамосвалов БелАЗ // ГИАБ. 2016. № 12. Спец. вып. № 34. С. 183–192.

15. Азев В. А., Шаповаленко Г. Н., Андреева Л. И., Хажиев В. А. Концепция развития системы обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования угледобывающего объединения на примере ООО «СУЭК-Хакасия» // ГИАБ. 2015. Спец. вып. № 45(2). С. 276–287.

Поступила в редакцию 24 марта 2021 года

Сведения об авторах:

Андреева Людмила Ивановна – доктор технических наук, главный научный сотрудник Челябинского филиала Института горного дела УрО РАН. E-mail: tehnorem74@list.ru; https://orcid.org/0000-0000-0001-87714553

DOI: 10.21440/0536-1028-2021-4-83-91

Choosing a strategy for mining equipment repair service

Liudmila I. Andreeva[1]
[1] Institute of Mining UB RAS, Chelyabinsk, Russia.

Abstract

Relevance. *The traditional practice of increasing production efficiency with a focus on technical re-equipment and increase in the unit capacity of the equipment in operation, carried out without proper changes in the organization of production and for equipment repair service strategy leads to inefficient use of resources and loss of working time, which in turn affects the volume of output of the final product.*

Research aim *is to select the optimal combination of planning strategies for mining equipment repair service.*

Research methodology *includes the methods of structural and functional analysis, scientific generalization, and production experiment.*

Results. *The advantages and disadvantages of planning repairs in the traditional system of planned preventive repairs and maintenance system based on technical diagnostics are presented. The main reasons for the increase in the number of emergency repairs are identified. The main components of effective preparation of repair impacts and methods for calculating the repair cycle on the example of an excavator fleet are given. The results obtained when considering the choice of strategy at one of the mining enterprises in the Urals are presented.*

Conclusions. *To ensure the high performance of mining machinery and equipment during its operation, the effect can be obtained only by using the strategy of "condition-based" repair service with the use of technical diagnostics, condition monitoring of each unit, and repair actions planning that prevent sudden equipment failure.*

Keywords: *repair service strategy; technical condition, limit condition; maintenance schedule; repair cycle.*

REFERENCES

1. Andreeva L. I. Creating the system of maintaining the mining equipment treating it as an object of independent business. *Gornye mashiny i avtomatika = Mining Machinery and Automation*. 2004; 4: 31–34. (In Russ.)

2. Lovchinovskii E. V. *Reorganizing the maintenance and repair system of equipment: guidance manual*. Moscow: ICS RAS Publishing; 1998. (In Russ.)

3. Andreeva L. I., Ushakov Iu. Iu., Martynov V. Iu. Efficiency of the use of resources in the repair service of equipment of the processing factory (methodical approach). In: *Kubachek Readings: Proceedings of the 17th Internat. Sci. and Tech. Conf.* Ekaterinburg: UrSMU Publishing; 2019. p. 384–387. (In Russ.)

4. Sidorov V. A., Kravchenko V. M., Sedush V. Ia. *Technical diagnostics of machinery*. Donetsk: Novyi mir Publishing; 2003. (In Russ.)

5. Ito K., Doebeli M. The joint evolution of cooperation and competition. *Journal of Theoretical Biology*. 2019; 480: 1–12. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2019.07.010

6. Galkina N. V., Kilin A. B., Zakharov S. I., Poleshchuk M. N., Rosliakov S. V. Technical approach to management of the development a mining enterprise based on increasing of the subjectivity of its personnel. *Izvestiya Uralskogo Gosudarstvennogo Gornogo Universiteta = News of the Ural State Mining University*. 2020; 3(59): 155–162. Available from: https://doi.org/10/21440/2307-2019-2020-30155-162 (In Russ.)

7. Galkin V. A., Makarov A. M. Market relations in coal-mining operations and production efficiency. *Ugol = Coal*. 2020; 9: 29–34. Available from: https//doi.org/10/18796/0041-5790-2020-9-29-34 (In Russ.)

8. Kostarev A. S. A strategy of economic development of coal production association on the example of LLC "Suek-Khakasia". *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; special issue 39; 233–242. (In Russ.)

9. Guan X., Yang B. Research on the desing of enterprise salary system based on data mining technology. *ICESAME. April 29–30, 2017, Zhengzhou, China*. 2017. p. 17–32.

10. Lee J., Lee K. An empirical study on the relationship of justice, pay level satisfaction and pay system. *Journal of Industrial Management System*. 2016; 3: 118–128.

11. Sukharkov I. N., Fuks S. G., Gvozdev V. V., Baikin V. S. Bonus plan for gas engine shop personnel at Chernogorskii Repair Works of Suek-Khakassia. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2015; 45–2: 139–143. (In Russ.)

12. Tyulenev M., Litvin O., Cehlar M., Zhironkin S., Gasanova M. Estimation of hydraulic backhoes productivity for overburden removing at kuzbass open pits. *Acta Montanistica Slovaca*. 2017; 3: 296–302.

13. Zaiats A. I., Beklemeshev V. A., Baikin V. S., Khazhiev V. A. The development of a monitoring system conditions and modes of operation, technology organization of repair and maintenance excavators on the cut "Chernogorskii". *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; 12; special issue 39: 201–208. (In Russ.)

14. Sukharkov I. N., Vakulin E. A., Ivashkevich V. A., Glukhorev V. V., Gorbenko A. S., Khazhiev V. A. Perfection of failure and repair record keeping for Belaz dump trucks. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2016; 12; special issue 34: 183–192. (In Russ.)

15. Azev V. A., Shapovalenko G. N., Andreeva L. I., Khazhiev V. A. Concept of development of mining and haulage equipment operability maintenance system in terms of Suek-Khakassia. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2015; special issue 45(2): 276–287. (In Russ.)

Received 24 March 2021

Information about authors:

Liudmila I. Andreeva – DSc (Engineering), senior researcher, Chelyabinsk branch of the Institute of Mining UB RAS. E-mail: tehnorem74@list.ru; https://orcid.org/0000-0000-0001-87714553

Для цитирования: Андреева Л. И. Выбор стратегии ремонтного обслуживания горной техники // Известия вузов. Горный журнал. 2021. № 4. С. 83–91. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-4-83-91

For citation: Andreeva L. I. Choosing a strategy for mining equipment repair service. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2021; 4: 83–91 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2021-4-83-91