

УДК 622.2

Андреева Людмила Ивановна

доктор технических наук,
главный научный сотрудник,
Челябинский филиал
Института горного дела УрО РАН,
г. Челябинск, ул. Энтузиастов, д.30
e-mail: tehnorem74@list.ru

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ
ТОиР В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ***Аннотация:*

В статье определены основные причины и показатели отклонений запланированных параметров горного производства: организация, планирование и слабый контроль производственных процессов. Условием эффективного функционирования системы ТОиР является соблюдение принципов экономической целесообразности ремонтного обслуживания горной техники.

Изменяющиеся условия функционирования горнодобывающих предприятий, связанные с введением санкций и ограничением поставок техники и запасных частей к выемочно-погрузочной технике, обусловили разработку комплекса мер по совершенствованию эффективности эксплуатации и ремонтного обслуживания, имеющегося парка горных машин и оборудования.

Приведены подходы к решению задач обеспечения работоспособности горной техники и повышения эффективности системы ТОиР на основе экономической целесообразности процессов ремонтного обслуживания.

Предложено комплексное решение для повышения эффективности ремонтной службы горнодобывающего предприятия. Определены основные показатели, позволяющие корректно учитывать издержки при эксплуатации и ремонте горной техники.

Ключевые слова: устойчивое развитие, параметры производства, планирование, организация, учет, надежность горных машин.

DOI: 10.25635/2313-1586.2024.01.081

Andreeva Lyudmila I.

Doctor of Engineering Sciences,
Senior Researcher,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
454020 Chelyabinsk,
30 Enthusiastov Str.
e-mail: tehnorem74@list.ru

**RECOMMENDATIONS
FOR IMPROVING THE MAINTENANCE
AND REPAIR SYSTEM IN THE CHANGING
OPERATING CONDITIONS
OF MINING ENTERPRISES***Abstract:*

The article identifies the main causes and indicators of deviations in the planned parameters of mining production: organization, planning and poor control of production processes. The condition for the effective functioning of the MRO system is compliance with the principles of economic feasibility of repair maintenance of mining equipment. The changing operating conditions of mining enterprises, associated with the imposition of sanctions and restrictions on the supply of machinery and spare parts for excavation and loading equipment, led to the development of a set of measures to improve the efficiency of operation and repair services, the existing fleet of mining machinery and equipment.

The approaches to solving the problems of ensuring the operability of mining equipment and improving the efficiency of the MRO system based on the economic feasibility of repair maintenance processes are presented.

A comprehensive solution has been proposed to improve the efficiency of the repair service of a mining enterprise. The main indicators have been identified that allow for the correct consideration of costs during the operation and repair of mining equipment.

Key words: sustainable development, production parameters, planning, organization, accounting, reliability of mining machines.

Введение

Устойчивое и непрерывное развитие горнодобывающих предприятий является залогом обеспечения их конкурентоспособности в изменяющихся условиях внешней среды.

Термин «устойчивое развитие» в широком смысле понимается как развитие коммерческой деятельности предприятия, строящегося на принципах ответственного отношения к окружающей среде, высокой социальной ответственности, высокого качества управления предприятием [1]. В научных работах под устойчивым развитием

авторы понимают бесшоковое развитие в изменяющихся внешних условиях при внутреннем развитии горнотехнической системы.

Практика показывает, что, несмотря на поставленные горнодобывающим предприятием цели, при фактическом осуществлении технологических процессов происходят существенные отклонения от запланированных параметров производства. Основной причиной этого является система организации, планирования и контроля производственных процессов, в частности, процессов обеспечения работоспособности горной техники, эксплуатируемой на горном предприятии, от состояния которой зависит выполнение производственных показателей и эффективность предприятия в целом.

Проведенный производственно-технический аудит ремонтных служб горнодобывающих предприятий (АК «АЛРОСА», АО «ССГПО», АО «ЕЭК», АО «Ковдорский ГОК», ГМК «Норильский никель» и др.) и анализ деятельности производственного персонала, направленный на реализацию управленческих решений по совершенствованию организации процесса эксплуатации горной техники, позволил установить, что в среднем результативность этих решений не превышает 50 %, что сдерживает темпы освоения имеющегося технико-технологического потенциала [2, 3, 4].

Результаты исследования

Техническая служба горнодобывающего предприятия несет ответственность за сохранность и состояние парка горной техники и, кроме этого, выполняет ряд задач, связанных с планированием ремонтных воздействий, учетом наработки, анализом показателей надежности и затрат, принятием оперативных решений по каждой единице техники.

Высокий уровень технической оснащенности горных предприятий определяет значительные затраты сметной стоимости на основное оборудование, постоянно растущие по мере увеличения его параметров и модернизации. Так, увеличение вместимости ковша экскаватора ЭКГ-15 в 1,9 раз по сравнению с ЭКГ-8И вызвало рост его стоимости более чем в три раза. Все это определяет высокие требования к повышению эффективности использования горного оборудования. Наряду с совершенствованием организации деятельности горных предприятий, эффективность использования техники также зависит от социальных и инженерно-технологических решений [5, 6, 7].

Эффективность работы, например, экскаваторов, являющихся основным звеном технологического цикла, зависит от качества подготовки забоя; рационального планирования работы машин во взаимосвязи с природно-климатическими условиями эксплуатации, а также создания комфортных условий для обслуживающего персонала; правильной и своевременной организации системы технического обслуживания и ремонта машин; технической оснащенности ремонтной базы предприятия и обеспеченности необходимым объемом запасных частей, качественной и количественной увязки работы машин со смежными подразделениями и т.д.

Рациональное планирование горных работ зависит от правильной оценки технических возможностей машин в конкретных природно-климатических условиях их эксплуатации. Установлено, что производительность горного оборудования в зимнее время снижается на 10 – 24 %, а трудоемкость работ возрастает на 25 %. Это следует учитывать при планировании работы экскаваторного парка и численности обслуживающего персонала. Необходима разработка научно обоснованных критериев учета этих факторов для более точного прогнозирования производительности экскаваторов в конкретных природно-климатических условиях эксплуатации машин [8, 9].

Проведенные исследования показали, что изменение показателей надежности горных машин по периодам их эксплуатации значительно различается, особенно в условиях резко континентального климата. Анализ показывает, что в зимний период по срав-

нению с летним на 50 % возрастает параметр потока отказов, а время восстановления увеличивается в 2,5 и более раза (рис. 1).

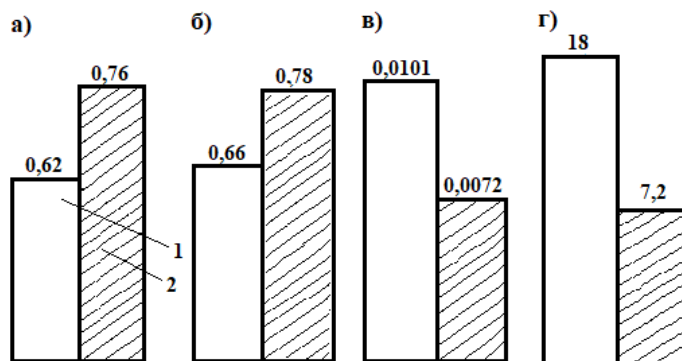


Рис. 1. Характер изменения показателей надежности экскаваторов ЭКГ-15 по периодам эксплуатации:

- а) – коэффициент технического использования (ГОСТ 27.002-2015);
б) – коэффициент готовности (ГОСТ 27.002-2015); в) – параметры потока отказов;
г) – время восстановления, ч; 1 – зимний период; 2 – летний период

Ключевую роль в эффективности эксплуатации и ремонтном обслуживании горной техники играет персонал. Повышение производительности труда обслуживающего персонала и снижение трудоемкости работ должны обеспечиваться созданием комфортных условий, особенно в зимний период эксплуатации машин. Это важно как для машинистов экскаваторов, так и для ремонтно-технического персонала. Известно, что до 10 – 15 % всех отказов происходит по вине машинистов, поэтому надежность экскаваторов так же, как и производительность машин, нельзя рассматривать вне связи с человеком. Климатические факторы воздействуют непосредственно на забой и на экскаватор, оказывая влияние в том числе и на работоспособность человека. Отказы могут определяться не только свойствами машин и материалов, но и случайными ошибками в действии человека в результате дискомфортных условий [10].

Исследованиями установлено, что значительное число перерывов в работе экскаваторов связано с внезапными отказами машин и необходимостью проведения аварийных ремонтов. Устойчивая и безаварийная работа оборудования обеспечивается лишь при хорошо организованной системе планово-предупредительных ремонтов. Прогрессивные методы ремонта, такие как агрегатно-узловой, наряду с сокращением продолжительности ремонтного обслуживания обеспечивают повышение качества ремонтных работ и улучшение культуры производства. Своевременная смазка, замена и восстановление изношенных узлов и деталей являются основными факторами повышения работоспособности техники. Своевременный планово-предупредительный ремонт немаловажен без обеспеченности предприятия необходимым и технически обоснованным объемом запасных частей, рассчитанным с учетом эксплуатации машин в конкретных природно-климатических условиях, номенклатурой техники и ее фактическим состоянием [11].

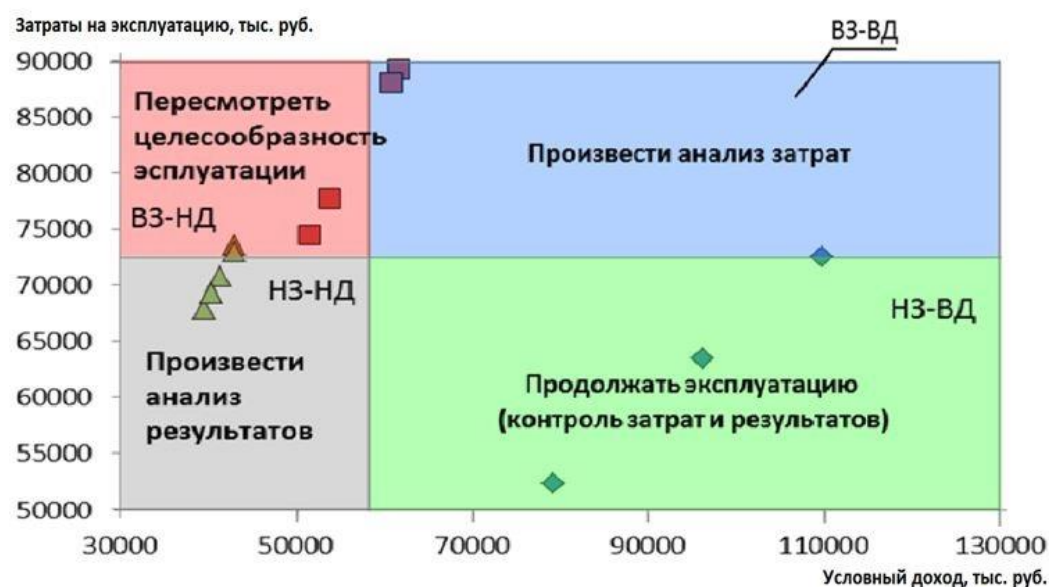
С учетом изменяющихся условий функционирования горнодобывающих предприятий, связанных с отсутствием поставки оригинальных запасных частей на импортное оборудование, наличие которой на территории РФ составляет только по выемочно-погрузочной технике около 50 % всего парка, возникает острая необходимость в размещении заказов на изготовление запасных частей на отечественных площадках. Примером тому может служить ООО «Завод Гордеталь» (г. Челябинск),

взявший на себя обязательство по изготовлению металлоконструкций для экскаваторов производства «НКМЗ» (Украина) и «Bucyrus» (США).

Необходимо отметить, что крупные горнодобывающие российские предприятия уже разместили заказы на запасные части, чтобы обеспечить себя комплектующими хоть на какой-либо период, осуществив предоплату. Минимальная стоимость запасных частей возросла в 1,5 – 2 раза и более [12, 13].

Предложенные решения и рекомендации

Поддержание требуемого уровня надежности экскаваторов связано с определенными затратами, которые возрастают по мере усложнения условий работы машин. Рост затрат на профилактические ремонты снижает затраты на эксплуатацию, так как уменьшает вероятность внезапных отказов. Определенному уровню надежности машин соответствуют определенные затраты на его достижение. Задача сводится к выбору такого варианта, который был бы экономически оправдан и эффективен. Для этого необходим комплекс мер по изменению методов прогнозирования дефектов (методы неразрушающего контроля) и учета затрат на их устранение по каждой единице техники. Решение этой задачи возможно с использованием комплексного критерия, учитывающего суммарные затраты на эксплуатацию машин, уровень работоспособности и условные доходы от их использования (рис. 2).



Тип оборудования: ◆ ЭКГ-18 ■ Cat 385 ▲ Bucyrus

Условные обозначения:

ВЗ-НД – высокие затраты и низкие доходы; НЗ-НД – низкие затраты и низкие доходы;

ВЗ-ВД – высокие затраты и высокие доходы; НЗ-ВД – низкие затраты и высокие доходы.

Рис. 2. Распределение экскаваторов по соотношению «затраты-доходы»

Распределение техники по областям эффективности позволяет принять оперативное управленческое решение по каждой группе машин и определить целесообразность их восстановления или дальнейшей эксплуатации. Целевым показателем является стоимость машино-часа готовности, расчет которого позволяет определять и регулировать издержки на эксплуатацию каждой единицы техники. Применение такого подхода в рамках производственно-технических аудитов горнодобывающих предприятий позволило вывести из эксплуатации 17 убыточных экскаваторов (12 ед. отечественного производства и 5 ед. импортного производства).

Угольные компании США ведут по каждому экскаватору строгий учет эксплуатационных затрат. Как только будет установлено, что стоимость за машино-час работы,

которая вначале неизменно снижалась, начинает расти, компания приходит к выводу, что наступил момент замены этой единицы техники.

Необходимо отметить, что надежность сложной технической системы, какой является экскаватор, может быть увеличена повышением уровня надежности составляющих элементов (агрегатов, узлов, деталей) и качественным изменением системы ремонтного обслуживания (например, резервированием) [14].

Техническое состояние карьерных экскаваторов и не только во многом определяется состоянием его основных узлов и агрегатов. Для оценки технического состояния горных машин на предприятиях часто используют «коэффициент технической готовности», который не регламентируется ГОСТом и, как правило, рассчитывается по различным методикам. Для оценки технического состояния объекта следует проанализировать надежность его элементов. В связи с этим для расчетов и оценки количественной характеристики объекта и его элементов впервые был применен «коэффициент дефектности» (D), который является стандартизированным (ГОСТ 15467-79) и определяет средневзвешенное количество дефектов, приходящихся на единицу техники:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a m_i \cdot r_i,$$

где n – выборка единиц техники; a – количество видов дефектов; m_i – число дефектов каждого вида в выборке, где $i = 1, 2, \dots, a$; r_i – коэффициент весомости дефекта (определяется по относительной стоимости устранения дефекта данного вида). Максимальное значение показателя дефектности не должно превышать суммарную наработку единицы техники в месяц с вероятностью отказа 75 – 80 % [15].

Суть такого подхода основана на комплексной оценке эффективности эксплуатации горной машины в координатах «затраты-доходы» и оценки технического состояния элементов объекта с применением «коэффициента дефектности». Данный подход применен при исследовании практической деятельности горнодобывающих предприятий, в частности, ремонтных служб, основан на аналитических расчетах, использовании методов неразрушающего контроля и авторских методик, которые впоследствии передаются в службы предприятия для дальнейшего применения в практической деятельности.

Заключение

Анализ деятельности ремонтных служб горнодобывающих предприятий позволяет сделать следующие выводы:

1. Условием эффективного развития системы ТОиР является соблюдение принципов экономической целесообразности ремонтного обслуживания горной техники, технологичности процессов восстановления работоспособности узлов, агрегатов и машин в целом.

2. Для управления эффективностью ремонтного обслуживания техники необходимо корректно учитывать издержки различных элементов системы ТОиР, разделить учет издержек на эксплуатацию, обслуживание и ремонт. Достичь этого поможет комплекс мер, в том числе изменение методов учета затрат на восстановление дефектов узлов и агрегатов.

3. Необходимо освоение системы ремонтного обслуживания горной техники (целевой показатель – стоимость обеспечения одного машино-часа готовности) с учетом мониторинга технического состояния объекта и его элементов (коэффициент дефектности).

4. Необходимо уточнение роли и предназначения ремонтных служб, конструкторских подразделений, их функции, статуса и принципов взаимодействия с изготовителями и поставщиками запасных частей.

Список литературы

1. Что такое устойчивое развитие? URL: <http://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435>. (дата обращения: 08.02.2022)
2. Андреева Л.И., 2004. *Методология формирования технического сервиса горно-транспортного оборудования на угледобывающем предприятии*: дис. ... докт. техн. наук. Екатеринбург, 297 с.
3. Алексеенко В.Б., Корнилков С.В., Хажиев В.А. и др., 2020. Декомпозиция целей и задач горного предприятия как средство совершенствования организационной структуры его подразделений. *Наука и бизнес: пути развития*, № 7, С. 18 – 21.
4. Великосельский А.В., 2022. *Методологические основы процессно-проектного управления развитием угольной компании в условиях возрастания неопределенности рыночной среды*: дис. ... докт. экон. наук. Спец.: 08.00.05. Москва, 339 с.
5. Побегайло П.А., Гадолина И.В., Крицкий Д.Ю., 2019. О современном состоянии износа элементов карьерных экскаваторов. *Чтения памяти В.Р. Кубачека: сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции*. Екатеринбург: УГГУ, С. 345.
6. Байкин В.С., 2018. Развитие мониторинга системы эксплуатации горно-транспортного оборудования. *Горный информационно-аналитический бюллетень. Спецвыпуск № 64*, С. 107 – 115.
7. Сухарьков И.Н., 2018. *Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования*: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 139 с.
8. Шаповаленко Г.Н., Еремеев О.Н., Назаренко С.В. и др., 2015. Организация работы по снижению количества внезапных отказов автомобилей БелАЗ на разрезе «Черногорский». *Горный информационно-аналитический бюллетень, Спецвыпуск № 62*, С. 77 – 83.
9. Довженок А.С., Алексеенко В.Б., Хажиев В.А. и др., 2020. Результаты мониторинга организации процесса эксплуатации карьерных автосамосвалов на разрезе «Черногорский». *Наука и бизнес: пути развития*, № 7, С. 21 – 24.
10. Федоров А.В., 2020. *Методология организации опережающего развития угледобывающего производственного объединения*: дис. ... докт. техн. наук. Спец.: 05.02.22. Екатеринбург, 303 с.
11. Квагинидзе В.С., Радкович Я.М., Русихин В.И., 1997. *Ремонтная технологичность металлоконструкций карьерных механических лопат на угольных разрезах Севера*. Москва: Изд-во МГТУ, 224 с.
12. Анистратов К.Ю., 2011. Мировые тенденции развития структуры парка карьерной техники. *Горная промышленность*, № 6, С. 22 – 26.
13. Заяц А.И., Беклемешев В.А., Байкин В.С. и др., 2017. Развитие системы мониторинга условий и режимов эксплуатации, технологии и организации ремонтного обслуживания экскаваторов на разрезе «Черногорский». *Горный информационно-аналитический бюллетень, Спецвыпуск № 39*, С. 201 – 208.
14. Скрипка Л.Е., Комаровская Ю.Ю., 2017. Современный взгляд на понятия мониторинг и информация. *Национальные концепции качества: интеграция образования, науки и бизнеса: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции под редакцией Е.А. Горбашко*. Санкт-Петербург: Куль-информ-пресс, С. 156-159.
15. Ушаков Ю.Ю., 2017. *Обоснование параметров системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов*: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 139 с.

References

1. Chto takoe ustoichivoe razvitiye? [What is sustainable development?] URL: <http://trends.rbc.ru/trends/green/614b224f9a7947699655a435>. (data obrashcheniya: 08.02.2022)
2. Andreeva L.I., 2004. Metodologiya formirovaniya tekhnicheskogo servisa gorno-transportnogo oborudovaniya na ugledobyvayushchem predpriyatii [Methodology of formation of technical service of mining and transport equipment at a coal mining enterprise]: dis. ... dokt. tekhn. nauk. Ekaterinburg, 297 p.
3. Alekseenko V.B., Kornilkov S.V., Khazhiev V.A. i dr., 2020. Dekompozitsiya tselei i zadach gornogo predpriyatiya kak sredstvo sovershenstvovaniya organizatsionnoi struktury ego podrazdelenii [Decomposition of the goals and objectives of a mining enterprise as a mean of improving the organizational structure of its divisions]. Nauka i biznes: puti razvitiya, № 7, P. 18 – 21.
4. Velikosel'skii A.V., 2022. Metodologicheskie osnovy protsessno-proektnogo upravleniya razvitiem ugol'noi kompanii v usloviyakh vozrastaniya neopredelennosti rynochnoi sredy [Methodological foundations of process and project management of the development of a coal company in conditions of increasing uncertainty of the market environment]: dis. ... dokt. ekon. nauk. Spets.: 08.00.05. Moscow, 339 p.
5. Pobegailo P.A., Gadolina I.V., Kritskii D.Yu., 2019. O sovremennom sostoyanii iznosa elementov kar'ernykh ekskavatorov [About the current state of wear of elements of quarry excavators]. Chteniya pamyati V.R. Kubacheka: sbor-nik trudov XVIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. Ekaterinburg: UGGU, P. 345.
6. Baikin V.S., 2018. Razvitiye monitoringa sistemy ekspluatatsii gorno-transportnogo oborudovaniya [Development of operation system monitoring for the mining and transport equipment]. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. Spetsvypusk № 64, P. 107 – 115.
7. Sukhar'kov I.N., 2018. Formirovaniye konkurentosposobnogo tekhnicheskogo servisa obespecheniya rabotosposobnosti gornotransportnogo oborudovaniya [Formation of a competitive technical service to ensure the operability of mining and transport equipment]: dis. ... kand. tekhn. nauk. Moscow, 139 p.
8. Shapovalenko G.N., Ereemeev O.N., Nazarenko S.V. i dr., 2015. Organizatsiya raboty po snizheniyu kolichestva vnezapnykh otkazov avtomobilei BelAZ na razreze "Chernogorskii" [Organization of work to reduce the number of sudden failures of BelAZ vehicles at the Chernogorsky section]. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', Spetsvypusk № 62, P. 77 – 83.
9. Dovzhenok A.S., Alekseenko V.B., Khazhiev V.A. i dr., 2020. Rezul'taty monitoringa organizatsii protsessa ekspluatatsii kar'ernykh avtosamosvalov na razreze "Chernogorskii" [Results of monitoring the organization of the operation process of dump trucks at the Chernogorsky section]. Nauka i biznes: puti razvitiya, № 7, P. 21 – 24.
10. Fedorov A.V., 2020. Metodologiya organizatsii operezhayushchego razvitiya ugledobyvayushchego proizvodstvennogo ob"edineniya [Methodology of the organization of advanced development of a coal-mining production association]: dis. ... dokt. tekhn. nauk. Spets.: 05.02.22. Ekaterinburg, 303 p.
11. Kvaginidze V.S., Radkovich Ya.M., Rusikhin V.I., 1997. Remontnaya tekhnologichnost' metallokonstruksii kar'ernykh mekhanicheskikh lopat na ugol'nykh razrezakh Severa [Repair technology of metal structures of quarry mechanical shovels in the coal mines of the North]. Moscow: Publ. MGTU, 224 p.
12. Anistratov K.Yu., 2011. Mirovye tendentsii razvitiya struktury parka kar'erno tekhniki [Global trends in the development of the structure of the mining equipment fleet]. Gornaya promyshlennost', № 6, S. 22 – 26.
13. Zayats A.I., Beklemeshev V.A., Baikin V.S. i dr., 2017. Razvitiye sistemy monitoringa uslovii i rezhimov ekspluatatsii, tekhnologii i organizatsii remontnogo obsluzhivaniya ekskavatorov na razreze "Chernogorskii" [Development of a monitoring sys-

tem for operating conditions and modes, technology and organization of repair and maintenance of excavators at the Chernogorsky mine]. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', Spetsvypusk № 39, P. 201 – 208.

14. Skripka L.E., Komarovskaya Yu.Yu., 2017. Sovremennyi vzglyad na ponyatiya monitoring i informatsiya [A modern view of the concepts of monitoring and information]. Natsional'nye kontseptsii kachestva: integratsiya obrazovaniya, nauki i biznesa: Sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii pod redaktsiei E.A. Gorbashko. Sankt-Peterburg: Kul'-inform-press, P. 156-159.

15. Ushakov Yu.Yu., 2017. Obosnovanie parametrov sistemy tekhnicheskogo ob-sluzhivaniya i remonta kar'ernykh avtosamosvalov [Justification of the parameters of the system of maintenance and repair of quarry dump trucks]: dis. ... kand. tekhn. nauk. Ekaterinburg, 139 p.