ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2021;(6):104-119
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 658.588 DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_104

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ РЕГЛАМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ В ООО «СУЭК-ХАКАСИЯ»

А.Н. Борисенко[1], А.В. Олейников[1], М.Н. Семенов[2]

[1] Хакасский технический институт — филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Республика Хакасия, Россия, e-mail: aiah@mail.ru
[2] ООО «Сибирская угольная энергетическая компания — Хакасия», Черногорск, Республика Хакасия, Россия

Аннотация: В статье с целью повышения работоспособности карьерных автосамосвалов БелАЗ Черногорского разреза ООО «СУЭК-ХАКАСИЯ» использованы результаты исследований их надежности. Рассмотрена последовательность действий, позволяющая проводить необходимые вычисления с использованием данных информационной системы предприятия. Для анализа в качестве критерия эффективности технической эксплуатации автосамосвалов были использованы такие показатели, как наработка на отказ, простои в ТО и ремонте, а также соотношение нормативной и фактической величины удельных простоев на 100 моточасов наработки. Произведен расчет производственной программы на 1 автосамосвал в год для БелАЗов серии 7513 и 7530 с использованием нормативов «Положения о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных автосамосвалов «БелАЗ» 2013 г. Для автосамосвалов БелАЗ серий 7513 и 7530, эксплуатирующихся в холодном климатическом районе Республики Хакасия в разрезе «Черногорский», нормативное удельное время простоя в ППР, ТО и ремонте рекомендуется принимать не более 14—15 час/100 моточасов. Предлагается усовершенствовать существующий план графиков профилактики автосамосвалов БелАЗ путем добавления к основным видам работ ТО (ТО-1, ТО-2, ТО-3) дополнительных, не включенных в существующий перечень работ ТО, профилактических работ, названных СТП — ступени профилактики. Для автосамосвалов БелАЗ 7513 предложено три СТП, для самосвалов БелАЗ 7530 — девять. Все дополнительные СТП рекомендовано выполнять по разработанному определенному плану совместно с основными видами ТО. Эффект от использования рекомендаций и внедрения СТП на Черногорском разрезе ООО «СУЭК-Хакасия» определен применительно к самосвалам БелАЗ 75306. В 2018 г. средний коэффициент технической готовности (ктг) составил 0,89; после внедрения рекомендаций средний ктг может повыситься до 0,91.

Ключевые слова: автосамосвал, угольный разрез, система обеспечения работоспособности, исследование надежности, планово-предупредительные ремонты, техническое обслуживание и ремонт, регламент, совершенствование.

Для цитирования: *Борисенко А. Н., Олейников А. В., Семенов М. Н.* К вопросу о совершенствовании регламентов технического обслуживания и планово-предупредительных ремонтов карьерных автосамосвалов в ООО «СУЭК-Хакасия» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 6. – С. 104–119. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_104.

© А.Н. Борисенко, А.В. Олейников, М.Н. Семенов. 2021.

Improving maintenance and preventive overhaul programs for open pit dump trucks at SUEK-Khakassia

A.N. Borisenko[1], A.V. Oleinikov[1], M.N. Semenov[2]

[1] Khakass Technical Institute — branch of Siberian Federal University, Abakan, Republic of Khakassia, Russia, e-mail: aiah@mail.ru
[2] SUEK-Khakassia, Chernogorsk, Republic of Khakassia, Russia

Abstract: The study aimed at performance improvement of BelAZ dump trucks at SUEK-Khakassia's Chernogorsk open pit mine uses the test data of the machine reliability. The workflow of calculations using the mine information system data is discussed. The operating efficiency criteria of dump trucks are the interval between failures, the down time due to maintenance and repair and the ratio of standard to actual down times per 100 machine hours. The work program for 1 dump truck per year is calculated for BelAZ dump trucks 7513 and 7530 using the standards from 2013 Provisions for Maintenance, Diagnostics and Repair of BelAZ dump trucks. For BelAZ trucks 7513 and 7530 operated in frigid climate of the Republic of Khakassia at Chernogorsk open pit mine, the standard specific down time in preventive overhaul, maintenance and repair is recommended to be not longer than 14–15 hours/100 machine hours. It is proposed to improve the existing routine maintenance schedule for BelAZ dump trucks by adding the primary maintenance activities (M-1, M-2, M-3) with extra preventive measures called the precaution steps. For BelAZ dump trucks 7513 and 7530, it is suggested to add three and nine precaution steps, respectively. All extra precaution steps should be accomplished according to a certain developed plan together with the primary maintenance. The effect of the recommendations and precaution steps introduced into production at SUEK-Khakassia's Chernogorsk open pit mine is evaluated in terms of BelAZ dump truck 75306. In 2018 the technical preparedness factor made 0.89. This value can increase to 0.91 after introduction of the proposed recommendations.

Key words: dump truck, open pit coal mine, operability assurance system, reliability analysis, overhaul, maintenance and repair, regulations, improvement.

For citation: Borisenko A. N., Oleinikov A. V., Semenov M. N. Improving maintenance and preventive overhaul programs for open pit dump trucks at SUEK-Khakassia. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(6):104-119. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_104.

На предприятиях ООО «СУЭК-Хакасия» постоянно совершенствуются процессы системы обеспечения работоспособности горного оборудования [1, 2]. С 2013 г. начато освоение комбинированной системы обеспечения работоспособности, что снижает простои оборудования, время ремонта и трудозатраты. Так, в 2015 г. для автосамосвалов БелАЗ разработаны регламенты (номенклатура работ, их периодичность и трудоемкость) на техническое обслуживание (ТО) и крупные ремонты, было изменено положение об оплате труда работников, организующих и выполняющих ТО, введен персональный учет выполненных операций ТО. Внедрение планово-предупредительных ремонтов позволяет значительно повысить эксплуатационную надежность автосамосвалов — увеличение плановых простоев в ремонте на 1 ч позволило сократить

простои из-за внеплановых ремонтов на 6 ч. В этих же работах установлено, что около 40% простоев автосамосвалов в ремонте обусловлены неудовлетворительными условиями и режимами эксплуатации.

По исследованиям авторов книги [3] работы большегрузных карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях севера, выявлено, что до 50% календарного времени они простаивают вследствие неблагоприятных погодных условий и большого числа отказов и неисправностей. Расходы на техническое обслуживание и ремонты в несколько раз превышают аналогичные расходы в средней полосе страны. Республика Хакасия относится к районам Восточной Сибири с холодным климатом, где зимние температуры воздуха нередко опускаются ниже –40 °С. Установлено, что именно в зимний период увеличивается количество ремонтов и, соответственно, продолжительность, трудоемкость внеплановых ремонтов.

В работе [4] рассмотрены условия эксплуатации автосамосвалов БелАЗ в разрезе «Черногорский» (состояние технологических дорог), делается вывод о необходимости повышения качества строительства и эксплуатации карьерных автодорог, повышения квалификации водителей автосамосвалов.

По нашему мнению, одним из способов оценки работоспособности автосамосвалов является внедрение методов расчета показателей их надежности (наработка на отказ, время простоев в ТО и ремонте), а также проведение сравнительного анализа фактических и нормативных удельных простоев в ТО, ППР, ремонте (в ч/100 моточас) для каждой машины. В статье использованы материалы научно-исследовательского отчета [5]. Приведены методика, описание компьютерных программ, результаты расчетных исследований, которые позволяют проводить необходимые вычисления с использованием данных информационной системы предприятия. Расчеты и оценку работоспособности рекомендуется проводить периодически не реже одного раза в год и, соответственно, регулярно вносить коррективы в существующую систему ТО и ремонта автосамосвалов.

Компьютерные программы представляют собой ряд запросов на выборку, итоговых, параметрических и других данных в среде MS Access с использованием баз данных предприятий ООО «СУЭК-Хакасия». По каждому автомобилю за период времени (месяц или год) можно определить все виды простоев, наработку в моточасах. Например, по автосамосвалу БелАЗ 75131 гаражный номер 120 в табл. 1 приведены данные за 2018 г.

В табл. 1 можно увидеть, что годовая наработка автосамосвала составила 5847 моточасов, количество ППР и ТО составило 46 (продолжительность простоев) — 275 ч), количество внеплановых ремонтов — 152 (продолжительность простоев) — 543 ч) и т.д.

Наряду с наработкой на отказ для оценки качества ППР, ТО и ремонта автосамосвалов принято соотношение нормативной и фактической величины удельных простоев на 100 моточасов наработки. В случае, если у какого-то автомобиля стабильно отмечается превышение фактических удельных простоев по отношению к нормативным, можно сделать вывод о несовершенстве существующей системы профилактических работ.

Для оценки трудоемкостей был проведен расчет планового годового количества ЕО, ТО-1, ТО-2, ТО-3, СО на 1 машину в год для автосамосвалов БелАЗ серии 7513 и 7530 исходя из годовой наработки 5000 — 7000 моточасов. Использованы нормативы периодичности и

Таблица 1

Показатели наработки и простоев самосвала БелАЗ 75131 № 120 в 2018 г.
Nonfailure operation times and down times of BelAZ 75131 No. 120 in 2018

Наименование простоя	Количество	Продолжительность, ч
Ожидание погрузки самосвалом	403	642,7
Отказы / поломки оборудования	152	542,8
Погрузка самосвала	156	365,6
Планово-предупредительные ремонты (ППР) и ТО	46	275,0
Устранение неисправностей	80	196,2
Климатические условия / Стихийное бедствие	53	146,9
Прочие	164	118,3
Разгрузка самосвала	172	100,1
Перегон оборудования	102	93,2
Ожидание разгрузки самосвалом	143	91,5
Подготовительно заключительные операции (ПЗО)	143	90,1
Подкачка шин, долив жидкостей	48	75,0
Отсутствие погрузочных средств	16	63,0
Заправка	61	21,5
Буровзрывные работы	10	18,8
Замена колеса	2	14,5
Обед, время приема пищи	37	13,4
Неисправность системы диспетчеризации	16	13,2
Простои из-за неукомплектованности рабочих (в лаве, на проходке, на конвейерном транспорте, отсутствие бригады)	1	4,5
Отсутствие подъездных путей	3	2,4
Простой прочих единиц оборудования технологической цепочки	1	0,5
ИТОГО	1809	2889
Годовой фонд времени, ч		8736
Наработка, мото*час		5847

времени простоя в разных видах ТО «Положения о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных автосамосвалов «БелАЗ» 2013 г. Для умеренной климатической зоны определено нормативное удельное время простоя в ТО. Для автосамосвалов БелАЗов 7513 такой норматив составил 3,54 — 3,68 ч/100 моточас. Для автосамосвалов БелАЗ 7530 — 3,66 — 3,84 ч/ /100 моточас. Учитывая нормативное время выполнения текущего ремонта (Положение 2003 г., 9,5 — 11 ч/100 моточасов), получим, что для автосамосвалов БелАЗ серий 7513 и 7530, эксплуатирующихся в холодном климатическом районе Республики Хакасия в разрезе «Черногорский», нормативное

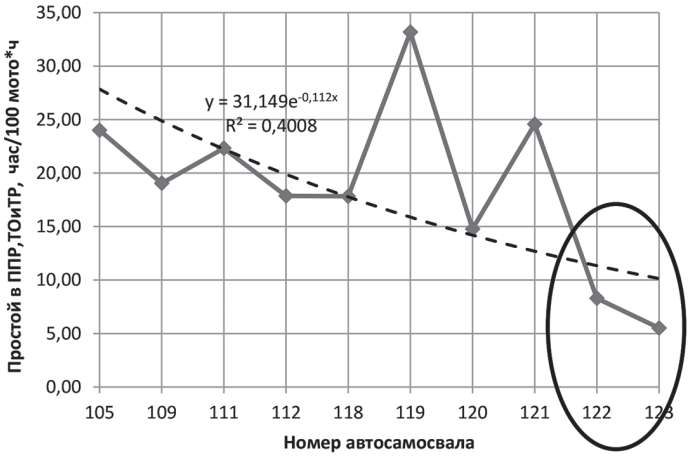

Рис. 1. Фактический удельный простой в ППР, ТО и ремонте автосамосвалов БелАЗ 75131 в 2017 г. (среднее значение 18,12)

Fig. 1. Actual specific down time in overhaul, maintenance and repair of BelAZ dump truck 75131 in 2017 (average value 18.12)

удельное время простоя в ППР, ТО и ремонте можно принять в интервале 14—15 ч/100 моточасов.

На рис. 1—4 приведены графики изменения фактических удельных простоев самосвалов БелАЗ ООО «СУЭК-Хакасия», выделены области с номерами автосамосвалов со сроком службы менее 2—3 лет и гораздо меньшими удельными простоями. На предприятии номер автомобиля коррелируется со сроком его службы, то есть с увеличением номера уменьшается срок службы. Из графиков можно проследить тренд изменения (уменьшения) удельных простоев при снижении срока службы автосамо-

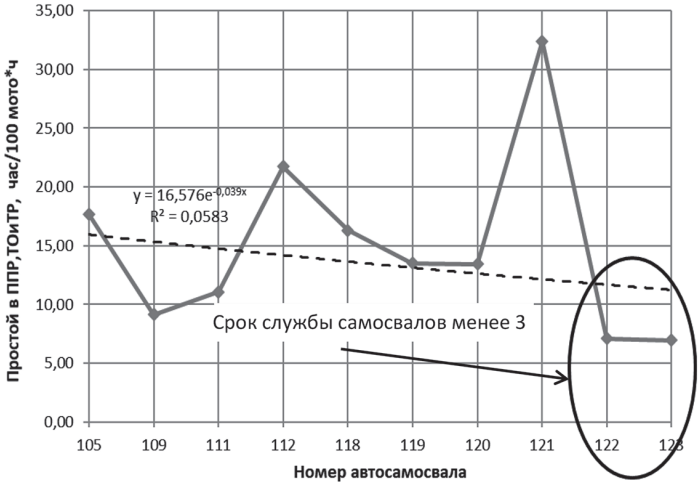

Рис. 2. Фактический удельный простой в ППР, ТО и ремонте автосамосвалов БелАЗ 75131 в 2018 г. (среднее значение 14,93)

Fig. 2. Actual specific down time in overhaul, maintenance and repair of BelAZ dump truck 75131 in 2018 (average value 14.93)

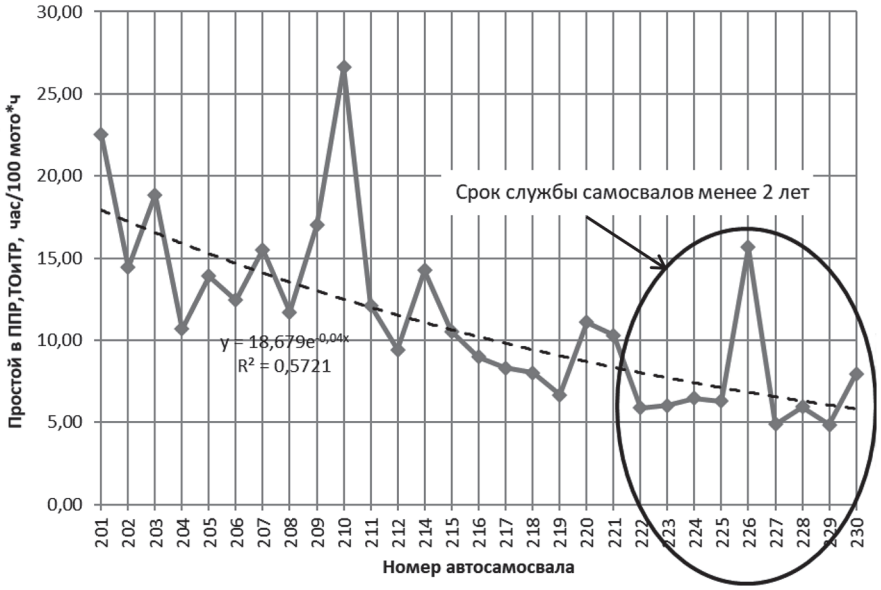

Рис. 3. Фактический удельный простой в ППР, ТО и ремонте автосамосвалов БелАЗ 75306 в 2017 г. (среднее значение 11,29)

Fig. 3. Actual specific down time in overhaul, maintenance and repair of BelAZ dump truck 75306 in 2017 (average value 11.29)

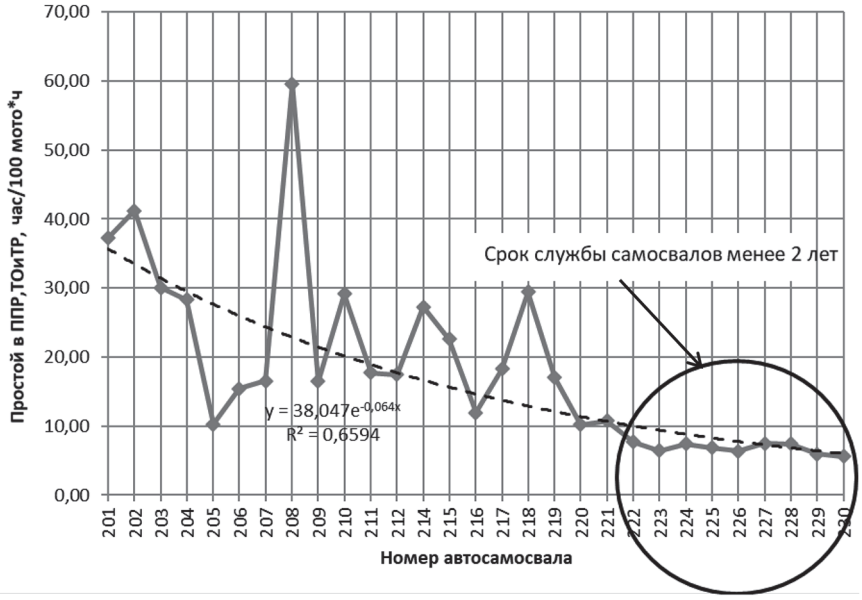

Рис. 4. Фактический удельный простой в ППР, ТО и ремонте автосамосвалов БелАЗ 75306 в 2018 г. (среднее значение 18,21)

Fig. 4. Actual specific down time in overhaul, maintenance and repair of BelAZ dump truck 75306 in 2018 (average value 18.21)

свалов. На каждом из рисунков наиболее предпочтительной оказалась экспоненциальная линия тренда, приведено уравнение и величина достоверности аппроксимации. Как правило, новые автомобили имеют значительно меньшие удельные простои, чем возрастные.

Пики значений фактических удельных простоев в ППР, ТО и ремонте свыше 20 — 25 ч/100 моточасов по некоторым автосамосвалам (номера 119, 121) объясняются их простоями из-за капитальных ремонтов агрегатов. Ряд автосамосвалов — это новые, которые находятся в эксплуатации не более 2 — 3 лет, имеют значения фактических удельных простоев в ППР, ТО и ремонте менее 10 ч/100 моточасов.

Поскольку на предприятии автосамосвалы закреплены за конкретными водителями, а ремонтные рабочие специализируются на определенных узлах и агрегатах автосамосвалов, то проведение такого анализа позволяет выявить автосамосвалы, водителей, ремонтных рабочих, которые допускают превышение простоев выше нормы, и разработать соответствующие корректирующие организационные мероприятия, например, повышение квалификации водителей и ремонтных рабочих.

На предприятии в транспортном подразделении налажен ежедневный компьютерный учет по каждому автомобилю ТО, ППР, ремонтам, отказам и неисправностям по системам и агрегатам. Это позволило определять различные по содержанию и важные для дальнейшей оценки показатели и характеристики надежности, например, наработки на отказ и время между отказами элементов, коэффициент вариации, значение вероятности безотказной работы и плотности распределения вероятностей в интервалах технического ресурса и т.п.

В продолжение к сказанному выше о корректирующих организационных мероприятиях для автосамосвалов, у которых удельные простои в ТО превышают нормативные, необходимо провести коррекцию номенклатуры и периодичности проводимых работ с учетом фактического изменения технического состояния. Для этого проведена обработка информации по отказам и неисправностям каждого автосамосвала с определением фактической и средней наработки до их возникновения (фрагмент представлен в табл. 2).

Затем составлены вариационные ряды наработок на отказ (неисправность) по основным системам, агрегатам, элементам (далее элементам). Для упрощения каждому элементу был присвоен код в соответствии с разработанным классификатором элементов. Оценка точечных и интервальных показателей эксплуатационной надежности проводилась по элементам, указанным в классификаторе для самосвалов БелАЗ 73131 и БелАЗ 73306.

Выявленные законы распределения наработок на отказ позволяют описывать тенденцию изменения наработок на отказ. Знание законов позволяет выполнять контроль уровня безотказности конкретных автомобилей, выявлять возможности повышения безотказности, а также прогнозировать наработку на отказ в будущих интервалах технического ресурса [6].

При проверке наиболее характерных законов эксплуатационной надежности для элементов БелАЗ с наибольшей точностью подходит закон Вейбулла-Гнеденко [6]. Этот закон описывает наработки на отказ изделий, у которых отказы наступают по причине усталостного разрушения, износа, старения с одновременным периодическим действием внезапных факторов (природно-климатических, дорожных, условий перевозки и др.). Закон описывает среднестатистические данные по группе автосамосва-

Таблица 2

Виды работ по отказам и неисправностям автосамосвала БелАЗ 75131, № 125
Types of activities per faults and troubles of BelAZ dump truck 75131, No. 125

Виды работ	Наработка, моточас
Ревизия, ремонт электрооборудования (устройство вентиляции тормозных резисторов, система управления тяговым электроприводом)	64,0
Ремонт аварийно-световой сигнализации	
Ремонт централизованной системы смазки Lincoln (отказ в работе распределительной коробки, замена, проверка работоспособности системы)	30,0
Демонтаж, монтаж, ремонт задней крупногабаритной шины	
Ревизия, ремонт электрооборудования (устройство вентиляции тормозных резисторов, система управления тяговым электроприводом)	200,5
Ремонт аварийно-световой сигнализации	
Ремонт централизованной системы смазки Lincoln	
Диагностика двигателя внутреннего сгорания	86,0
Ремонт гидросистемы. Настройка рабочих параметров. Прокачка подвески	17,0
Ревизия, ремонт электрооборудования (устройство вентиляции тормозных резисторов, система управления тяговым электроприводом)	91,0
Ремонт аварийно-световой сигнализации	
Ремонт централизованной системы смазки Lincoln	
Ревизия, ремонт электрооборудования (устройство вентиляции тормозных резисторов, система управления тяговым электроприводом)	217,5
Ремонт аварийно-световой сигнализации	
Ремонт централизованной системы смазки Lincoln	
Сварочные работы (рама)	
Ревизия, ремонт электрооборудования (устройство вентиляции тормозных резисторов, система управления тяговым электроприводом)	218,5
Ремонт аварийно-световой сигнализации	38,5

лов. В дальнейшем при оценке параметров безотказности конкретного автосамосвала можно проследить степень отличия показателей рассматриваемого автосамосвала от средних значений.

Далее, на основании работы [6] для каждого элемента был оценен оптимальный технический ресурс с учетом полученных значений вероятности безотказной работы, средних затрат на аварийные и профилактические ремонты. Определено значение оптимального периодического интервала проведения профилактических работ [6].

Были учтены все часто повторяющие отказы и неисправности автосамосвалов. Дополнительные профилактические работы объединены в ступени профилактики (СТП), и, исходя из значений оптимального периодического интервала, приурочены к определенному виду ТО (ТО-1, ТО-2 и ТО-3). Установлено, что для автосамосвалов БелАЗ 75131 средние наработки наиболее часто встре-

Таблица 3

Содержание ступеней профилактики для БелАЗ 75131
Scopes of precaution steps for BelAZ 75131

Номенклатура операций для каждой СТП
СТП 1 (периодичность проведения 250 моточас)
Контроль состояния соединения картера заднего моста с редуктором электромотор-колеса, сварного соединения фланца рычага картера заднего моста с проушиной, сварного соединения нижнего кронштейна реактивной штанги с картером заднего моста на наличие трещин; контроль состояния сварных швов палубы, выхлопной системы.
Контроль состояния сварных швов рамы и платформы.
Контроль состояния рукавов высокого давления, компрессора, регулятора давления, пневмостартера, отопителя кабины.
Контроль состояния блок пилотов; аксиально-поршневого насоса; насоса дозатора; усилителя потока; гидрораспределителя.
Контроль состояния предохранительного клапана, электронасоса, главного дозатора и трубопроводов.
Проверить целостность рукавов и шлангов объединенной гидросистемы, а так же их крепление. Проверить момент затяжки креплений шлангов и болтов крепления фланцев к насосу и гидробаку. При необходимости подтянуть.
Контроль состояния автомата разгрузки.
Проверить момент затяжки креплений всех агрегатов к двигателю. При необходимости подтянуть. Контроль состояния патрубков, турбонагнетателя, датчика давления, датчика температуры, натяжителя обдува, актуатора, форсунок, топливной системы.
Очистить пылеотбойники и моноциклоны воздухопроводов системы вентиляции и охлаждения тягового электропривода от пыли, обратив внимание, что щели для выброса пыли должны оставаться не засоренными. Проверить уровень электролита в аккумуляторных батареях, при необходимости довести до нормы. Прочистить вентиляционные отверстия в пробках батарей. Произвести осмотр щеток на тяговом электродвигателе и при необходимости заменить. Проверить давление азота в пневмогидроаккумуляторах рулевого управления и тормозной системы, при необходимости довести до нормы. Проверить момент затяжки крепления наконечников к клеммам и крепление аккумуляторных батарей в коробке. При необходимости подтянуть. Контроль состояния электрооборудования ход, топливного насоса, пневмогидроаккумуляторов, динамических тормозов, АСД карьер, электро ДВС, тягового генератора, зарядного генератора.
Контроль состояния крепления блоков резисторов, надежность закрепления элементов резисторов в тормозных установках, надежность закрепления элементов воздушного охлаждения, электрооборудования УВТР, СУТЭП.
Контроль состояния. Контактор модульный.
Контроль состояния осветительных приборов. Проверить правильность регулировки света фар и крепление приборов освещения и световой сигнализации.
Проверить момент затяжки крепления радиаторов системы охлаждения к раме и при необходимости затянуть, очистить наружные поверхности радиаторов. Контроль состояния патрубков, радиатора двигателя, ремня вентилятора, термостата, радиатора отопителя кабины.

Проверить шарниры тяги и цилиндров поворота рулевой трапеции на наличие зазоров и люфтов. Проверить момент затяжки крепежных соединений рулевого управления: гайки на конусных пальцах цилиндров поворота; болты крепления пальцев тяги рулевой трапеции; гайки шпилек крепления рычагов рулевой трапеции; гайки клеммовых соединений наконечников цилиндров поворота и тяги рулевой трапеции.
Контроль состояния КГШ и обода. Проверить момент затяжки гаек крепления передних и задних колес.
СТП 2 (периодичность проведения 500 моточас)
Контроль состояния кабины и элементов оперения, подтянуть крепление.
Контроль состояния подвески, сварного соединения нижнего кронштейна реактивной штанги с картером заднего моста на наличие трещин.
Проверить момент затяжки: болтов крепления основания проушины центрального шарнира к рычагу балки передней оси; болтов и гайки крепления фланца проушины центрального шарнира к рычагу заднего моста; гайки крепления пальца центрального шарнира передней подвески; болта крепления пальца центрального шарнира задней подвески; болтов крепления прижимных пластин к пальцам поперечной штанги задней подвески; болтов крепления крышек подшипников центральных шарниров передней и задней подвески; гайки крепления конусных пальцев штанги передней подвески; болтов крепления прижимных пластин к пальцам поперечной штанги передней подвески; болтов крепления стопорных пластин. При необходимости подтянуть.
Проверить уровень масла в редукторах электромотор-колес. Проверить масло в мотор-колесах на наличие стружки. Извлечь торсионный вал в сборе с солнечной шестерней и проверить визуально их состояние. Проверить зазор между торсионным валом и упором, при необходимости отрегулировать. Проверить болты крепления тяговых электродвигателей к редукторам электромотор-колес.
Контроль состояния зазора между тормозным диском и накладками рабочей и стояночных тормозных супортов, при необходимости отрегулировать. Зазор должен находиться в пределах 1 — 1,5 мм. Проверить момент затяжки: болтов крепления корпусов тормозных механизмов передних колес и гайки крепления тормозных механизмов задних колес; гаек крепления цилиндров стояночного тормоза; крепления ходового и тормозного контроллеров к днищу кабины; болтов крепления корпусов тормозных механизмов передних колес и гайки крепления тормозных механизмов задних колес. При необходимости подтянуть. Контроль состояния: тормозной системы; суппортов; тормозных дисков; тормозных цилиндров; клапана ргс.
Проверить износ накладок тормозных механизмов передних и задних колес. При необходимости заменить накладки. Предельно допустимая минимальная ширина прокладки с каркасом не менее 15 мм.
СТП 3 (периодичность проведения 750 моточас)
Проверить момент затяжки: болтов крепления верхнего и нижнего кронштейнов цилиндров передней подвески; гайки шаровых опор цилиндров передней и задней подвески. Контроль состояния: пневмогидроцилиндров; зарядки цилиндров подвески газом, при необходимости отрегулировать; металлопластмассовых вкладышей цилиндров подвески; уровня масла в кожухах цилиндров подвески, при необходимости долить до уровня контрольной пробки. Проверить момент затяжки болтов крепления верхнего и нижнего кронштейнов цилиндров передней подвески; гайки шаровых опор цилиндров передней и задней подвески. При необходимости подтянуть. Осмотреть состояние сварных швов кронштейнов задней подвески.

Таблица 4

Содержание ступеней профилактики для БелАЗ 75306
Scopes of precaution steps for BelAZ 75306

Номенклатура операций для каждой СТП
СТП 1 (периодичность проведения 250 моточас)
Контроль состояния: соединения картера заднего моста с редуктором электромотор-колеса, сварного соединения фланца рычага картера заднего моста с проушиной, сварного соединения нижнего кронштейна реактивной штанги с картером заднего моста на наличие трещин, выхлопной системы, гидросистемы.
Контроль состояния сварных швов рамы и платформы.
Контроль состояния: подвески, сварного соединения нижнего кронштейна реактивной штанги с картером заднего моста на наличие трещин. Осмотреть состояние сварных швов кронштейнов задней подвески.
Контроль состояния: рукавов высокого давления, компрессора, регулятора давления, пневмостартера, отопителя кабины, жалюзей.
Контроль состояния предохранительного клапана, электронасоса, главного дозатора и трубопроводов.
Проверить целостность рукавов и шлангов объединенной гидросистемы, а также их крепление. Проверить момент затяжки креплений шлангов и болты креплений фланцев к насосу и гидробаку. При необходимости подтянуть.
Очистить пылеотбойники и моноциклоны воздухопроводов системы вентиляции и охлаждения тягового электропривода от пыли, обратив внимание, что щели для выброса пыли должны остаться не засоренными. Проверить уровень электролита в аккумуляторных батареях, при необходимости довести до нормы. Прочистить вентиляционные отверстия в пробках батарей. Проверить давление азота в пневмогидроаккумуляторах рулевого управления и тормозной системы, при необходимости довести до нормы. Подтянуть крепление наконечников к клеммам и крепление аккумуляторных батарей в коробке. Контроль состояния: топливного насоса, пневмогидроаккумуляторов, динамических тормозов, АСД карьер, катушек.
Контроль состояния: крепления блоков резисторов, надежность закрепления элементов резисторов в тормозных установках, надежность закрепления элементов воздушного охлаждения, электрооборудования УВТР, СУТЭП.
Контроль состояния контактора модульного.
Контроль состояния осветительных приборов. Проверить правильность регулировки света фар и крепление приборов освещения и световой сигнализации.
СТП 2 (периодичность проведения 500 моточас)
Проверить момент затяжки болтов крепления верхнего и нижнего кронштейнов цилиндров передней подвески. При необходимости подтянуть. Контроль состояния: пневмогидроцилиндров; гайки шаровых опор цилиндров передней и задней подвески; зарядки цилиндров подвески газом, при необходимости отрегулировать; металлопластмассовых вкладышей цилиндров подвески; уровня масла в кожухах цилиндров подвески, при необходимости долить до уровня контрольной пробки. Проверить момент затяжки болтов крепления верхнего и нижнего кронштейнов цилиндров передней подвески; гайки шаровых опор цилиндров передней и задней подвески. При необходимости подтянуть.
Контроль состояния блок пилотов; аксиально-поршневого насоса; насоса дозатора; усилителя потока; гидрораспределителя, карданного вала насоса.

Контроль состояния КГШ и обода. Проверить момент затяжки гаек крепления передних и задних колес.
СТП 3 (периодичность проведения 750 моточас)
Контроль состояния сварных швов палубы.
Проверить момент затяжки: болтов крепления основания проушины центрального шарнира к рычагу балки передней оси; болтов и гайки крепления фланца проушины центрального шарнира к рычагу заднего моста; гайки крепления пальца центрального шарнира передней подвески; болта крепления пальца центрального шарнира задней подвески; болтов крепления прижимных пластин к пальцам поперечной штанги задней подвески; болтов крепления крышек подшипников центральных шарниров передней и задней подвески; гайки крепления конусных пальцев штанги передней подвески; болтов крепления прижимных пластин к пальцам поперечной штанги передней подвески; болтов крепления стопорных пластин. При необходимости подтянуть. Контроль состояния амортизатора грузовой платформы.
Проверить состояние крепления всех агрегатов к двигателю. При необходимости крепежные соединения подтянуть. Контроль состояния патрубков, турбонагнетателя, датчика давления, датчика температуры, натяжителя обдува, актуатора, форсунок, топливной системы, гидромуфты.
Контроль состояния патрубков.
СТП 4 (периодичность проведения 1000 моточас)
Контроль состояния кабины и элементов оперения, подтянуть крепление.
Контроль состояния автомата разгрузки.
Проверить уровень масла в редукторах электромотор-колес. Проверить масло в мотор-колесах на наличие стружки. Извлечь торсионный вал в сборе с солнечной шестерней и проверить визуально их состояние. Проверить зазор между торсионным валом и упором, при необходимости отрегулировать. Проверить момент затяжки болтов крепления тяговых электродвигателей к редукторам электромотор-колес. При необходимости подтянуть.
Проверить крепление радиаторов системы охлаждения к раме и при необходимости затянуть, очистить наружные поверхности радиаторов. Контроль состояния радиатора двигателя, ремня вентилятора, термостата, радиатора отопителя кабины, насоса.
СТП 5 (периодичность проведения 1250 моточас)
Проверить шарниры тяги и цилиндров поворота рулевой трапеции на наличие зазоров и люфтов. Проверить момент затяжки: крепежных соединений рулевого управления; гайки на конусных пальцах цилиндров поворота; болты крепления пальцев тяги рулевой трапеции; гайки шпилек крепления рычагов рулевой трапеции; гайки кремовых соединений наконечников цилиндров поворота и тяги рулевой трапеции. При необходимости подтянуть. Контроль состояния поворотной плиты, трапеции, рулевой колонки.
СТП 6 (периодичность проведения 1500 моточас)
Контроль состояния тягового генератора.
СТП 7 (периодичность проведения 2250 моточас)
Проверить момент затяжки: болтов крепления корпусов тормозных механизмов передних колес и гайки крепления тормозных механизмов задних колес; гаек крепления цилиндров стояночного тормоза; крепления ходового и тормозного контроллеров к днищу кабины; болтов крепления корпусов тормозных механизмов передних колес и гайки крепления тормозных механизмов задних колес. При необходимости подтянуть. Контроль состояния: тормозной системы; тормозных дисков; тормозных цилиндров; клапана ргс, крана стояночного тормоза.

Контроль состояния зазора между тормозным диском и накладками рабочей и стояночных тормозных суппортов, при необходимости отрегулировать. Зазор должен находиться в пределах 1—1,5 мм. Проверить износ накладок тормозных механизмов передних и задних колес. При необходимости заменить накладки. Предельно допустимая минимальная ширина прокладки с каркасом — не менее 15 мм.
СТП 8 (периодичность проведения 3750 моточас)
Контроль состояния электрооборудования хода.
Контроль состояния электродвигателя.
Контроль состояния зарядного генератора.
СТП 9 (периодичность проведения 4500 моточас)
Контроль состояния щеток на тяговом электродвигателе и при необходимости их замена, на зарядном генераторе.
Контроль состояния суппортов.

чающихся отказов и неисправностей находятся в интервале 250—750 моточасов, с учетом этого предложено проведение трех СТП. Содержание ступеней профилактики (СТП1, СТП2, СТП3) для БелАЗ 75131 представлено в табл. 3.

Для автосамосвалов БелАЗ 75306 наработки наиболее часто встречающихся отказов и неисправностей находятся в интервале 250—4500 моточасов. Соответственно предлагается внедрить проведение девяти СТП, периодичность и содержание которых представлено в табл. 4.

Рассчитаем возможный эффект от использования рекомендаций и внедрения СТП на Черногорском разрезе ООО «СУЭК-Хакасия» исходя из усредненных за год показателей работы автосамосвалов. Средний объем внеплановых ремонтов на один автомобиль составил 533 ч за год, средний объем ППР и ТО — 445 ч за год, средний коэффициент технической готовности — 0,89. Внедрение данных СТП (по нашей оценке) приведет к увеличению объема ППР и ТО приблизительно на 10% или на 45 ч в год, что обеспечит снижение объема внеплановых ремонтов на 270 ч [1]. Тогда объем внеплановых ремонтов в среднем составит 263 ч, объем ППР и ТО — 490 ч, в целом объем простоев уменьшится на 23%, с 978 до 753 ч.

Проведенное и описанное в статье исследование надежности работы автосамосвалов БелАЗ 75131 и 75306 позволяет сделать обоснованное утверждение, что использование усовершенствованных графиков обслуживаний автосамосвалов обеспечит повышение коэффициента их технической готовности с 0,89 до 0,91.

Выводы

1. С целью совершенствования методов обеспечения работоспособности карьерных автосамосвалов в Черногорском разрезе ООО «СУЭК-Хакасия» предлагается дополнить существующие регламенты ТО и ППР профилактическими работами (ступенями профилактики) для автосамосвалов со сроком службы 3 и более лет.

2. Для выявления автосамосвалов, требующих проведения дополнительных профилактических работ (ступеней профилактики), следует использовать соотношение нормативной и фактической величины удельных простоев в ТО, ППР, ремонте на 100 моточасов наработки.

3. Внедрение усовершенствованных ступеней профилактики автосамосвалов БелАЗ преимущественно со сроком службы 3 и более лет, с учетом их индивиду-

альной истории отказов и неисправностей, позволит уменьшить фактические простои в ТО, ППР и ремонте по нашей оценке на 23% и, тем самым, повысить коэффициент технической готовности с 0,89 до 0,91.

4. Проведение периодических (раз в год) исследований надежности автосамосвалов позволит своевременно и в достаточной мере вносить коррективы в рекомендации по дополнительным профилактическим работам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Килин А. Б.*, *Азев В. А.*, *Шаповаленко Г. Н.*, *Сухарьков И. Н.*, *Вакулин Е. А.*, *Султанова Н. В.*, *Хажиев В. А.* Развитие ремонтного обслуживания и эксплуатации автосамосвалов БелАЗ на разрезе «Черногорский» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № S34. — С. 129—137.

2. *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» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № S1-2. — С. 97—112.

3. *Квагинидзе В. С.*, *Петров В. Ф.*, *Корецкий В. Б.* Ремонтная технологичность большегрузных карьерных автосамосвалов на угольных разрезах Севера. — М.: Изд-во МГГУ, 2003. — 289 с.

4. *Азев В. А.*, *Янцижин В. М.*, *Сенаторов Д. С.* Организация комплексной оценки состояния технологических автодорог ООО «СУЭК-Хакасия» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № S34. — С. 145—152.

5. *Борисенко А. Н, Олейников А. В.*, *Дедюхин А. О.*, *Кривоногов Р. С.*, *Анненков А. А.*, *Кравченко А. С.*, *Пузакова Н. В.* Совершенствование регламента проведения работ по ТО и Р автосамосвалов БЕЛАЗ с разработкой норм рабочего времени на проведение капитального ремонта двигателей внутреннего сгорания типа КТА — 19, 38, 50 и QSK — 60. Отчет о НИР. — Абакан: ХТИ — филиал СФУ, 2019. — 104 с.

6. *Олейников А. В. Васильев В. А.*, *Суетова А. А.* Основы теории надежности. — Абакан: ХТИ — филиал СФУ, 2014. — 144 с.

7. *Родионов Ю. В.*, *Обшивалкин М. Ю.*, *Паули Н. В.* Исследование влияния уровня затрат на надежность и эффективность грузовых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. — 2013. — № 1. — С. 3—11.

8. *Артемьев В. Б.*, *Килин А. Б.*, *Азев В. А.*, *Костарев А. С.*, *Шаповаленко Г. Н.*, *Кузнецов А. Н.*, *Галкин В. А.* Концептуальный подход к формированию системы непрерывного повышения эффективности и безопасности угледобычи на основе развития мотивации и квалификации персонала // Уголь. — 2011. — № 10. — С. 52—54.

9. *Yang W., Yang J., Liang J., Zhang N.* Implementation of velocity optimisation strategy based on preview road information to trade off transport time and fuel consumption for hybrid mining trucks // IET Intelligent Transport Systems. 2019, vol. 13, no. 1, pp. 194–200. DOI: 10.1049/iet-its.2018.5054, available at: https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-its.2018.5054.

10. *Soofastaei A., Aminossadati S. M., Arefi M. M.* Development of a multi-layer perceptron artificial neural network model to determine haul trucks energy consumption // International Journal of Mining Science and Technology. 2016, vol. 26, no. 2, pp. 285—293, available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2095268615002232.

11. *Patterson S. R., Kozan E., Hyland P.* Energy efficient scheduling of open-pit coal mine trucks // European Journal of Operational Research. 2017, vol. 262, no. 2, pp. 759—770, available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221717303132.

12. *Nikulin C., Ulloa A., Carmona C.* Computer-aided application for modeling and monitoring operational and maintenance information in mining trucks // Archives of Mining Sciences. 2016,

vol. 61, no. 3, pp. 695 — 708. DOI: 10.1515/amsc-2016-0048, available at: https://www.degruyter.com/dg/viewarticle/j$002famsc.2016.61.issue-3$002famsc-2016-0048$002famsc-2016-0048.xml.

13. *Sun X., Zhang H., Tian F., Yang L.* The use of a machine learning method to predict the real-time link travel time of open-pit trucks // Mathematical Problems in Engineering. Vol. 2018, Article ID 4368045. DOI: 10.1155/2018/4368045.

14. *Сухарьков И. Н.* Формирование конкурентоспособного технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования [Электронный ресурс] // Российская государственная библиотека [сайт]. URL: https://dlib.rsl.ru/01009688927 (дата обращения: 22.02.2020).

15. *Корецкий В. Б.* Повышение ремонтной технологичности горно-транспортных машин на угольных разрезах Севера [Электронный ресурс] // Российская государственная библиотека [сайт]. URL: https://dlib.rsl.ru/01002315759 (дата обращения: 22.02.2020).

16. *Синяков А. А.* Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта карьерных экскаваторов типа механическая лопата в условиях северных регионов России: На примере разреза «Нерюнгринский» ОАО ХК «Якутуголь» [Электронный ресурс] // Электронная библиотека диссертаций [сайт]. URL: https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-sistemy-tekhnicheskogo-obsluzhivaniya-i-remonta-karernykh-ekskavatorov-ti (дата обращения: 22.02.2020). ГИАБ

REFERENCES

1. Kilin A. B., Azev V. A., Shapovalenko G. N., Suhar'kov I. N., Vakulin E. A., Sultanova N. V., Hazhiev V. A. Development of maintenance and operation of BelAZ dump trucks at the Chernogorsky open pit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no. S34, pp. 129 — 137. [In Russ].

2. Azev V. A., Shapovalenko G. N., Andreeva L. I., Hazhiev V. A. The concept of development of a system for ensuring the operability of mining transport equipment of a coal mining association using the example of SUEK-Khakasia LLC. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015, no. S1-2, pp. 97 — 112. [In Russ].

3. Kvaginidze V. S., Petrov V. F., Koretskiy V. B. *Remontnaya tekhnologichnost' bol'shegruznykh kar'ernykh avtosamosvalov na ugol'nykh razrezakh Severa* [Repair manufacturability of heavy-duty mining dump trucks in coal mines of the North], Moscow, Izd-vo MGGU, 2003, 289 p.

4. Azev V. A., Yantsizhin V. M., Senatorov D. S. Organization of a comprehensive assessment of the state of technological roads of SUEK-Khakasia LLC. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no. S34, pp. 145 — 152. [In Russ].

5. Borisenko A. N, Oleynikov A. V., Dedyukhin A. O., Krivonogov R. S., Annenkov A. A., Kravchenko A. S., Puzakova N. V. *Sovershenstvovanie reglamenta provedeniya rabot po TO i R avtosamosvalov BELAZ s razrabotkoy norm rabochego vremeni na provedenie kapital'nogo remonta dvigateley vnutrennego sgoraniya tipa KTA — 19, 38, 50 i QSK — 60*. Otchet o NIR [Improvement of the procedure for maintenance and repair work of BELAZ dump trucks with the development of working hours for overhaul of internal combustion engines of the type KTA — 19, 38, 50 and QSK — 60. Research report], Abakan, KhTI — filial SFU, 2019, 104 p. [In Russ].

6. Oleynikov A. V. Vasil'ev V. A., Suetova A. A. *Osnovy teorii nadezhnosti* [Fundamentals of reliability theory], Abakan, KhTI — filial SFU, 2014, 144 p.

7. Rodionov Yu. V., Obshivalkin M. Yu., Pauli N. V. Study of the impact of the cost level on the reliability and efficiency of trucks. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2013, no. 1, pp. 3 — 11. [In Russ].

8. Artem'ev V. B., Kilin A. B., Azev V. A., Kostarev A. S., Shapovalenko G. N., Kuznetsov A. N., Galkin V. A. A conceptual approach to the formation of a system for continuously improving the efficiency and safety of coal mining based on the development of staff motivation and qualifications. *Ugol'*. 2011, no. 10, pp. 52 — 54. [In Russ].

9. Yang W., Yang J., Liang J., Zhang N. Implementation of velocity optimisation strategy based on preview road information to trade off transport time and fuel consumption for hybrid mining trucks.

IET Intelligent Transport Systems. 2019, vol. 13, no. 1, pp. 194–200. DOI: 10.1049/iet-its.2018.5054, available at: https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-its.2018.5054.

10. Soofastaei A., Aminossadati S. M., Arefi M. M. Development of a multi-layer perceptron artificial neural network model to determine haul trucks energy consumption. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2016, vol. 26, no. 2, pp. 285 — 293, available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2095268615002232.

11. Patterson S. R., Kozan E., Hyland P. Energy efficient scheduling of open-pit coal mine trucks. *European Journal of Operational Research*. 2017, vol. 262, no. 2, pp. 759 — 770, available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221717303132.

12. Nikulin C., Ulloa A., Carmona C. Computer-aided application for modeling and monitoring operational and maintenance information in mining trucks. *Archives of Mining Sciences*. 2016, vol. 61, no. 3, pp. 695 — 708. DOI: 10.1515/amsc-2016-0048, available at: https://www.degruyter.com/dg/viewarticle/j$002famsc.2016.61.issue-3$002famsc-2016-0048$002famsc-2016-0048.xml.

13. Sun X., Zhang H., Tian F., Yang L. The use of a machine learning method to predict the real-time link travel time of open-pit trucks. *Mathematical Problems in Engineering*. Vol. 2018, Article ID 4368045. DOI: 10.1155/2018/4368045.

14. Sukhar'kov I. N. *Formirovanie konkurentosposobnogo tekhnicheskogo servisa obespecheniya rabotosposobnosti gornotransportnogo oborudovaniya*, available at: https://dlib.rsl.ru/01009688927 (accessed 22.02.2020).

15. Koretskiy V. B. *Povyshenie remontnoy tekhnologichnosti gorno-transportnykh mashin na ugol'nykh razrezakh Severa*, available at: https://dlib.rsl.ru/01002315759 (accessed 22.02.2020).

16. Sinyakov A. A. *Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta kar'ernykh ekskavatorov tipa mekhanicheskaya lopata v usloviyakh severnykh regionov Rossii: Na primere razreza «Neryungrinskiy» OAO KhK «Yakutugol'»*, available at: https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-sistemy-tekhnicheskogo-obsluzhivaniya-i-remonta-kar-ernykh-ekskavatorov-ti (accessed 22.02.2020).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Борисенко Александр Николаевич[1] — канд. техн. наук, доцент,
e-mail: aiah@mail.ru,
Олейников Антон Владимирович[1] — канд. техн. наук, доцент,
e-mail: oav197878@mail.ru,
Семенов Максим Николаевич — заместитель главного механика
(по надежности оборудования), ООО «СУЭК-Хакасия»,
e-mail: semyonovmn@suek.ru,
[1] Хакасский технический институт —
филиал Сибирского федерального университета.
Для контактов: Борисенко А.Н., e-mail: aiah@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.N. Borisenko[1], Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: aiah@mail.ru,
A.V. Oleinikov[1], Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: oav197878@mail.ru,
M.N. Semenov, Deputy Chief Mechanic (on Equipment Reliability),
SUEK-Khakassia, 655162, Chernogorsk, Republic of Khakassia, Russia,
[1] Khakass Technical Institute — branch of Siberian Federal University,
655017, Abakan, Republic of Khakassia, Russia.
Corresponding author: A.N. Borisenko, e-mail: aiah@mail.ru.

Получена редакцией 13.02.2020; получена после рецензии 19.02.2021; принята к печати 10.05.2021.
Received by the editors 13.02.2020; received after the review 19.02.2021; accepted for printing 10.05.2021.