

Методология формирования эффективной системы обеспечения работоспособности горной техники

Андреева Л. И.^{1*}, Красникова Т. И.², Ушаков Ю. Ю.²

¹ Челябинский филиал Института горного дела УрО РАН, г. Челябинск, Россия

² Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства (НИИОГР), г. Челябинск, Россия

*e-mail: tehnorem74@list.ru

Реферат

Введение. Традиционно сложившаяся практика повышения эффективности производства с ориентацией на техническое перевооружение, увеличение единичной мощности оборудования, осуществляемая без должного изменения организации производства, системы планирования ремонтного обслуживания, приводит к неэффективному использованию рабочего времени персоналом, что в свою очередь влияет на выпуск конечного продукта.

Цель работы. Формирование на горнодобывающих предприятиях эффективной системы обеспечения работоспособности горной техники на основе методологии, включающей принципы, объект, предмет, положения и методы.

Методология. Традиционно сложившаяся организация производственной системы предприятия предопределяет формирование существенных потерь времени эксплуатационным и ремонтным персоналом. Потери времени обусловлены рядом основных причин: неэффективным взаимодействием ремонтного и эксплуатационного персонала, отсутствием действенного механизма мотивации и стимулирования работников, а также недостаточным пониманием связи потерь времени с экономическими потерями. Существующие потери времени в процессе обеспечения работоспособности горного оборудования по сути являются резервами производства, активизируя которые, возможно качественно изменить состояние самой системы и повысить ее эффективность.

Результаты. В публикации представлена методология формирования эффективной системы обеспечения работоспособности горного оборудования, которая формируется посредством стандартизации функций персонала ремонтной службы и тесной взаимосвязи следующих блоков управления: организация, регулирование, контроль потоков, операции.

Выводы. С использованием предложенного в статье методологического подхода к повышению работоспособности горного оборудования становится возможным выбор рациональной стратегии ремонтного обслуживания, основанной на сочетании ремонтных воздействий по сроку эксплуатации, наработке и техническому состоянию горных машин.

Ключевые слова: стандарт; функционал; стратегия ремонтного обслуживания; затраты; техническое состояние; эффективность; операция; процесс; функционал; методология; регулирование; контроль; опасная производственная ситуация.

Введение. Ремонт горной техники является сложным и дорогостоящим процессом в структуре основного производства. Затраты, связанные с содержанием горных машин, составляют 28–40 % в себестоимости добычи полезного ископаемого. Расчеты показывают, что при возрастании стоимости потребляемых ресурсов до уровня мировых цен себестоимость добычи полезного ископаемого, в том числе и ремонтного обслуживания, возрастает более чем в 3–4 раза (табл. 1) [1].

Эта задача становится еще более актуальной, поскольку с 2000 г. на карьеры всех отраслей горной промышленности поступает выемочно-погрузочное оборудование – гидравлические экскаваторы и колесные погрузчики – в основном зарубежного производства. За период 1999–2016 г. было поставлено примерно 1130 ед. карьерных экскаваторов с ковшами вместимостью 4–50 м³ (в том числе гидравлических –

1090 ед. с ковшами вместимостью 4–36 м³). Доля российских экскаваторов в общем объеме поставок на предприятия России с 2000 г. не превышает 20 % [2].

Однако принципы обоснованной эффективной эксплуатации гидравлических экскаваторов до сих пор не установлены. Относительно низкий курс рубля по отношению к основным иностранным валютам определил увеличение стоимости приобретения и затрат на ремонтное обслуживание зарубежных экскаваторов [2].

Автосамосвалы на предприятия горной промышленности поставляются фирмами БелАЗ, Komatsu, Caterpillar, Hitachi, Unit Rig. В России за последние 10–15 лет наиболее востребованы автосамосвалы грузоподъемностью 110–136 т (≈ 68 % всех поставок, или 1057 шт.), 180–220 т (≈ 18 %, или 269 шт.) и 75–100 т (≈ 14 %, или 223 шт.).

Таблица 1. Стоимость ресурсов для угольных разрезов России в соответствии с ценами мирового рынка, дол. США/т

Table 1. Cost of resources for the coal mines of Russia according to world market prices, US \$/t

Вид ресурсов	Фактический уровень затрат	Коэффициент удорожания ресурсов по отношению к ценам мирового рынка	Уровень затрат в соответствии с мировыми ценами на ресурсы
Материалы	3,20	1,8–2,0	5,8–6,4
Электроэнергия	0,30	2,9–3,2	0,9–1,0
Труд	2,70	8,5–11,0	23,0–29,7
Основной капитал	0,80	1,6–1,8	1,3–1,4
Услуги и прочее	1,00	1,3–1,6	1,3–1,6
<i>Итого</i>	8,00	4,0–5,0	32,3–40,1

В связи с применением автосамосвалов различных марок и грузоподъемности, увеличением интенсивности горных работ и глубины карьеров процесс их эксплуатации и ремонта усложняется, соответственно, растут затраты на содержание и ремонт парка автосамосвалов [3].

Анализ результатов деятельности ремонтных служб горнодобывающих предприятий показал, что при несвоевременном ремонтном обслуживании горной техники продолжительность простоев по отказам, в частности экскаваторов, увеличивается на 147 тыс. ч. В масштабах угольной компании это составляет 1,6 % от годового календарного фонда времени, однако с учетом фактической стоимости аварийных ремонтов затраты на обслуживание горных машин увеличиваются на 30 млн в год.

Высокий уровень затрат на ремонт горных машин связан не только с величиной малоликвидных и неликвидных запасов в ремонтной службе, но и с недостатками планирования и проведения ремонтных работ, несовершенством технологии ремонта, низким качеством запасных частей и материалов, слабой ремонтной базой. Существующая на предприятиях система ремонта характеризуется низким уровнем эффективности и высоким уровнем неоправданных затрат материалов, труда и времени. Следствием такой системы работы является снижение надежности горных машин.

Цель работы. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) горной техники осуществляется в основном в направлении улучшения организационно-технологических процессов, обеспечивающих, как правило, поддержание достигнутого уровня работоспособности машин в рамках сложившегося бюджета. В условиях обеспечения бизнес-деятельности горнодобывающих предприятий этого недостаточно, необходимо поддерживать работоспособность техники на экономически целесообразном уровне.

В связи с этим возникает необходимость формирования на предприятии эффективной системы обеспечения работоспособности горного оборудования (СОРГО) на основе методологии, включающей принципы, объект, предмет, положения, методы (рис. 1, где ППР – планово-предупредительный ремонт; ГТО – горнотранспортное оборудование).

Методология. Разработка модели управления этой системой обусловлена необходимостью получения объективной оценки деятельности ремонтной службы. Эффективность управления СОРГО достигается стандартизацией функций персонала и взаимосвязью блоков *организация, регулирование, контроль потоков и операции* (рис. 2, где ОПС – опасные производственные ситуации).

Существующая	Предлагаемая
Объект	
Горнотранспортное оборудование в системе ТО и ремонта	Горнотранспортное оборудование в системе обеспечения его работоспособности
Предмет	
Планы и графики ремонтных работ	Механизм функционирования системы обеспечения работоспособности горных машин
Принципы	
1. Производственная необходимость выполнения ремонтов. 2. Каждый ремонт уникален. 3. Отклонения от ППР обоснованы планом горных работ	1. Экономическая целесообразность ремонтного обслуживания. 2. Стандартизация процессов ремонта. 3. Равная и взаимная ответственность между службами эксплуатации и ремонта
Положения	
1. Ремонт – это процесс частичного восстановления ресурса по факту отказа. 2. Оценка списания оборудования по сроку амортизации и нормативной наработке	1. Обеспечение работоспособности на основе экономической целесообразности. 2. Вывод из эксплуатации по критериям: стоимость обслуживания и производительное время работы. Дифференцированный выбор стратегии ремонтного обслуживания
Методы	
1. Расчет ремонтных программ. 2. Повышение квалификации. 3. Разработка должностных инструкций	1. Определение целевой функции системы обеспечения работоспособности ГТО. 2. Освоение компетенции персонала. Обучающие семинары. Проверка и оценка знаний. 3. Система непрерывных улучшений в области технологии ремонтного обслуживания, эффективности взаимодействия служб, мотивации персонала

Рис. 1. Методология формирования эффективной системы обеспечения работоспособности горной техники

Fig. 1. The methodology of forming efficient system of ensuring the operability of mining equipment

Модель СОРГО включает в себя следующие блоки и функции.

1. *Организация:*

1.1. Определение функционала работников, позволяющего сосредоточить работы с учетом факторов, оказывающих наибольшее воздействие на повышение уровня организации системы;

1.2. Установление полноты выполнения функций должностными лицами, взаимодействующими в ходе обеспечения соответствующего уровня организации процессов ремонта машин. Обеспечение баланса интересов и ответственности работников.

2. Регулирование:

2.1. Повышение уровня квалификации персонала на основе проведения развивающих аттестаций с последующей проверкой знаний и оценкой уровня профессионализма;

2.2. Повышение заинтересованности ремонтного и эксплуатационного персонала в результатах своего труда посредством устранения непроизводительных затрат времени при ремонте и эксплуатации техники.

3. Контроль потоков:

3.1. Экономическое обоснование достаточного количества необходимых ресурсов для обеспечения работоспособности горной техники;

3.2. Обоснование экономической целесообразности содержания парка горной техники с учетом его технического состояния, наработки и условий эксплуатации.



Рис. 2. Модель системы обеспечения работоспособности горного оборудования
Fig. 2. The model of the mining equipment operability support system

4. Операции:

4.1. Применение современных методов ремонта, позволяющих обеспечить его качество с приемлемой стоимостью и сроками выполнения;

4.2. Стандартизация процессов и операций, оснащение ремонтных бригад унифицированным инструментом с учетом мер безопасности.

Более детально следует остановиться на раскрытии основных блоков управления СОРГО.

Результаты.

Блок 1. Организация.

Функционал – это система функций работника предприятия, необходимая для обеспечения требуемого уровня и динамики технико-экономической эффективности производства в конкретной зоне ответственности [4].

Блок-схема совершенствования функционала работника, основанная на оценке качества трудового процесса, представлена на рис. 3.

Повышение эффективности СОРГО в значительной мере зависит от степени конкордации субъектов, т. е. от согласованности установок и интересов, умений и навыков, соответствующих решаемым задачам.

Для согласованности действий персонала необходимо, чтобы все уровни обладали достаточным квалификационным потенциалом, мотивацией, полномочиями и ответственностью [5]. С этой целью на горнодобывающем предприятии северо-западного региона РФ приступили к разработке проектов *Положений о взаимодействии субъектов предприятия*, которые включают интересы обеих сторон и четко разграничивают ответственность и полномочия участников процесса.

Ключевым аспектом *Положений* являются целевые показатели, характеризующие результативность и уровень ответственности каждой из сторон (рис. 4).

Блок 2. Регулирование.

Одним из методов контроля уровня профессионализма персонала предприятия (цеха, участка) является развивающая аттестация. Эта процедура включает определение уровня квалификации (знаний, практических и деловых навыков, понимания целей, задач и функций), а также степени эффективности выполнения данным сотрудником своих обязанностей [6].



Рис. 3. Блок-схема совершенствования функционала руководителя
Fig. 3. The flowchart of improving the functional of a manager

Цель аттестации – развитие функционала работников на основе освоения функции непрерывного совершенствования производства. Для ее проведения определяются критерии оценки: время производительной работы, отношение к ресурсам и к безопасности, также формулируется ряд вопросов, характеризующих не только профессионализм и личностное развитие работников, но и знание тем, связанных с экономикой труда, эффективной организацией процесса и рабочего места [7, 8].

Проведенная на предприятии аттестация выявила наиболее слабые знания персонала по ключевым вопросам, составляющим компетенцию руководителей и специалистов (табл. 2).

Проведение комплексной работы по оценке профессионализма персонала позволяет отслеживать не только явные позитивные тенденции повышения уровня знаний ремонтного персонала, но и существенные отставания, влияющие на результаты их труда.

Для повышения качества ремонтных воздействий, сокращения времени и увеличения наработки горной техники целесообразно предоставить возможность ремонтному и эксплуатационному персоналу ежемесячно влиять на величину своего заработка посредством устранения непроизводительных затрат времени. Решить эту задачу можно путем разработки *Положения о премировании работников и специалистов, участвующих в эксплуатации и ремонтном обслуживании горной техники*. Основной задачей *Положения* является связь результатов работы персонала с оплатой их труда.

Заказчик: дробильная фабрика	Исполнитель: цех централизованного ремонта
1. Отклонения от утвержденного графика остановки оборудования $T_{откл}$ 2. Количество простоев оборудования по вине Заказчика $N_{откл}$ 3. Коэффициент технического использования оборудования $K_{ти}$ 4. Соблюдение нормативов подготовки к ремонту – 2 или 4 ч	1. Время простоя в ремонте $T_{пр}$ 2. Трудозатраты на ремонт, чел.-ч 3. Оперативность устранения неисправности оборудования $T_{опер}$ 4. Коэффициент готовности $K_{гот}$

Рис. 4. Пример выбора целевых показателей
Fig. 4. An example of selecting target indicators

Расчет размера ежемесячной премии (вознаграждения) для всех категорий работников производится на основании следующих критериев:

качество – количество неплановых ремонтов на единицу техники за отчетный период, ед.;

количество – продолжительность простоя в неплановых ремонтах на единицу техники за отчетный период, ч.

Для отдельных категорий работников добавляется показатель *эффективность*:

– для руководителя, специалистов, механика участка – стоимость машино-часа готовности техники, р.;

– для машиниста экскаватора, помощника машиниста экскаватора – время производительной работы, маш.-ч.

Блок 3. Контроль потоков.

Техническое состояние экскаваторов во многом определяется состоянием (исправным или неисправным) базовых узлов и деталей [9]. Неисправность базовых узлов и деталей целесообразно оценивать *коэффициентом неисправности* K_n :

$$K_n = 100 - \frac{(100 - k_{po})(100 - k_{мп})(100 - k_{mx})}{10\,000},$$

где k_{po} – коэффициент неисправности рабочего оборудования, %; $k_{мп}$ – коэффициент неисправности основных механизмов на поворотной платформе, %; k_{mx} – коэффициент неисправности механизма хода, %.

Соотношение величины удельной рациональной производительности и значений коэффициента неисправности для каждой единицы техники представлено матрицей (рис. 5), исследованы следующие марки экскаваторов: ЭКГ-6,3УС; ЭКГ-8И; ЭКГ-8УС; ЭКГ-10; ЭКГ-12,5; Hitachi EX-3600; Hitachi EX-5500; RH-170.

Расположение экскаваторов ниже линии рациональной производительности свидетельствует об их недозагруженности объемом работ, выше – о повышенных эксплуатационных нагрузках с высокой интенсивностью, что увеличивает риск

возникновения внезапных отказов. Расположение экскаваторов вблизи линии рациональной производительности свидетельствует о результативности принятой стратегии поддержания эффективного режима эксплуатации. Условия эксплуатации

Таблица 2. Результаты индивидуальной аттестации (фрагмент) мастера по ремонту оборудования

Table 2. Results of individual certification (fragment) of a maintenance foreman

Вопросы	Оценка			
	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4
Что Вы понимаете под термином «подготовка» к ремонту?		4	4	4
Что относится к организационной, материальной и технической подготовке ремонтов?		4	3	4
Сколько по времени занимает планирование, подготовка и проведение ремонта? Отклонения	4	3	4	3
Ведется ли оперативно (время)-количественный учет наличия и использования вторичных узлов и деталей?	3	2	3	2
Что такое агрегатно-узловой метод ремонта? Его преимущества?	4	3	4	4
Что такое обезличенный и необезличенный ремонт?	4	4	4	5
Какие виды контроля Вы применяете?	5	3	4	4
Для чего необходимо контролировать процесс ремонта?	3	3	3	3
На основании каких факторов планируются ремонтные воздействия?	3	4	4	4
Какая используется стратегия ремонта? Виды стратегий? (КФВ, норматив)	3	3	3	3
Согласуются ли график ремонта техники с основным производством? Отклонения от графика	4	3	3	3
Как Вы оцениваете эффективность взаимодействия между участками, службами?	4	4	4	5
Какова динамика взаимодействия участков, служб (лучше-хуже)?	4	4	3	5
На чем основано взаимодействие между подразделениями цеха? (Положения, инструкции)	4	3	4	4
Кто такой «руководитель»? Его отличие от «специалиста»?	3	3	3	3
Ставите ли Вы задачи перед подчиненными? (Их масштабы)?	3	3	4	3
Как Вы оцениваете качество своего руководства? (успехи-неудачи)	4	4	5	4
Вы планируете свою деятельность как руководитель?	4	3	4	4
Что такое «экономика» относительно обеспечения работоспособности ГТО?	2	2	1	3
Как Вы связываете результат труда с оплатой? (свой-персонала)	3	3	3	3
Какие различия между ценой и ценностью труда?	5	5	5	5
Какие опасные факторы могут проявиться при ремонте техники?	4	3	4	4
Как формируются опасные производственные ситуации (ОПС) и реализуются в негативное событие?	4	3	3	4
Что необходимо сделать для предотвращения ОПС?	4	4	4	4

(состояние забоя/рабочей площадки) экскаваторов оказывают существенное влияние на эксплуатационные показатели. Уменьшение ширины рабочей площадки с 80 до 40 м и наличие негабаритов более 10 % снижают годовую

производительность на 15–20 %. Благоприятные условия эксплуатации позволяют повысить среднюю производительность экскаватора на 20–25 % при снижении удельных затрат на 10–15 %.

Для планирования уровня надежности техники на предприятиях принято использовать коэффициент технической готовности $K_{тр}$. Данный показатель не регламентируется ГОСТом, носит субъективный характер и рассчитывается по разным методикам. Также $K_{тр}$ используется для оценки эффективности служб технического сервиса при выводе ремонтных подразделений в аутсорсинг или фирменный технический сервис.

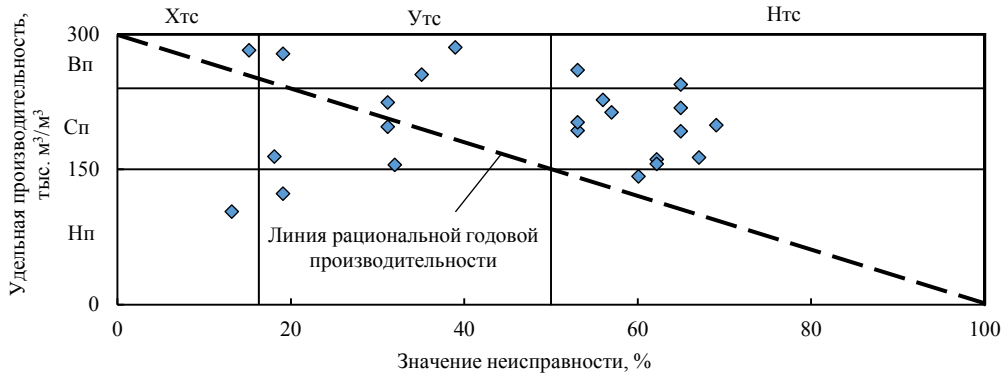


Рис. 5. Матрица распределения экскаваторов по коэффициенту неисправности и удельной производительности:

Ntc – неудовлетворительное техническое состояние, уровень неисправности 50–100 %; Utc – удовлетворительное техническое состояние, уровень неисправности 20–50 %; Xtc – хорошее техническое состояние, уровень неисправности 0–20 %; Нп – низкая удельная производительность; Сп – средняя удельная производительность; Вп – высокая удельная производительность

Fig. 5. Matrix of distributing the excavators according to the coefficient of fault condition and specific duty:

Ntc – poor technical condition, the level of fault condition 50–100 %; Utc – satisfactory technical condition, the level of fault condition 20–50 %; Xtc – good technical condition, the level of fault condition 0–20 %; Нп – low specific capacity; Сп – medium specific capacity; Вп – high specific capacity

Для более качественной оценки технического состояния карьерных автосамосвалов целесообразно использовать коэффициент дефектности, который является стандартизированным показателем (ГОСТ 15467-79) и определяет средневзвешенное количество дефектов, приходящихся на единицу техники [10, 11].

Коэффициент дефектности D вычисляют по формуле:

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

где n – выборка единиц техники; α – количество видов дефектов; m_i – число дефектов каждого вида в выборке, где $i = 1, 2, \dots, \alpha$; r_i – коэффициент весомости дефекта (определяется экспертным методом или по стоимости устранения дефекта данного вида).

Расчет коэффициента дефектности для автосамосвалов марки БелАЗ-75130 (12 ед.) на одном из предприятий северо-западного региона позволил выявить взаимосвязь удельного грузооборота с коэффициентом дефектности, которая характеризуется экспоненциальной зависимостью (рис. 6). Максимальное значение коэффициента дефектности не должно превышать суммарную наработку машин в месяц с вероятностью отказа 75–80 %.

Для оценки эффективности СОРГО целесообразно использовать показатель *стоимость машино-часа готовности*, выраженную в затратах на ремонтное обслуживание машин. Она формируется с учетом своевременности устранения дефектов (коэффициент устраняемости дефектов) и плановости ремонтного обслуживания (коэффициент плановости).

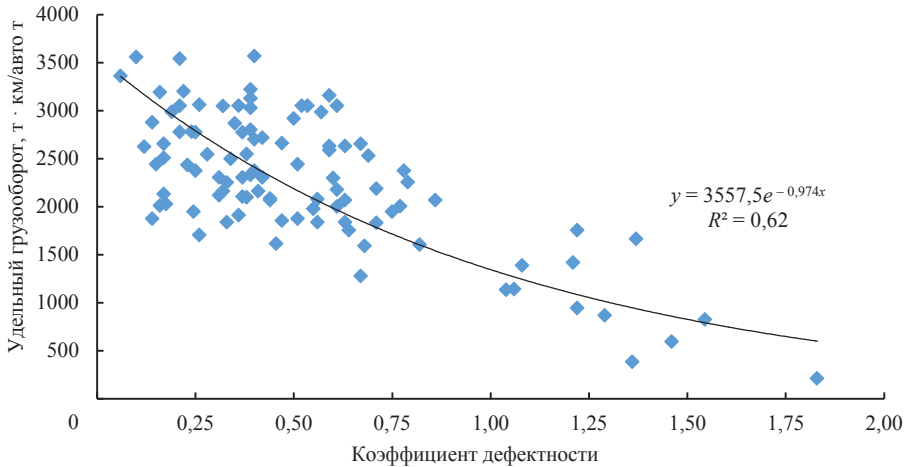


Рис. 6. Зависимость удельного грузооборота автосамосвалов БелАЗ-75130 от коэффициента дефектности

Fig. 6. Dependence between specific freight turn-over of dump trucks BelAZ-75130 and the factor of defectiveness

Стоимость машино-часа готовности определяется по формуле, р./маш.-ч:

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

где $\sum Z_p$ – затраты на ремонтное обслуживание за учетный период, р.; МЧГ – машино-часы готовности техники за учетный период, ч;

$$\text{МЧГ} = T_{\text{КФВ}} - \sum T_{\text{РН}} - \sum T_{\text{РП}} - \sum T_{\text{пер}},$$

где $T_{\text{КФВ}}$ – календарный фонд времени (8760 ч); $\sum T_{\text{РН}}$ – время unplanned ремонтов, ч; $\sum T_{\text{РП}}$ – время плановых ремонтов, ч; $\sum T_{\text{пер}}$ – время, связанное с перегонем машин, ч.

Коэффициент плановости ремонтного обслуживания определяется по формуле:

$$K_{\text{РП}} = \frac{T_{\text{РП}}}{\sum (T_{\text{ТО}} + T_{\text{ТР}} + T_{\text{РН}})},$$

где $\sum (T_{\text{ТО}} + T_{\text{ТР}} + T_{\text{РН}})$ – суммарное время технического обслуживания, текущих ремонтов, unplanned ремонтов, включая ремонты, связанные с отказом.

Коэффициент устраняемости дефектов определяется по формуле:

$$K_{уд} = \frac{N_{уд}}{N_{вд}} K_k,$$

где $N_{уд}$ – количество устраненных дефектов; $N_{вд}$ – количество выявленных дефектов; K_k – корректирующий коэффициент: $K_k = 1$, если дефекты устранены в срок с момента их выявления; $K_k = 0,8$, если дефекты устранены с опозданием до 2 ч; $K_k = 0,5$, если дефекты устранены с опозданием до 4 ч; $K_k = 0,2$, если дефекты устранены с опозданием до 6 ч; $K_k = 0,1$, если дефекты устранены с опозданием свыше 6 ч.

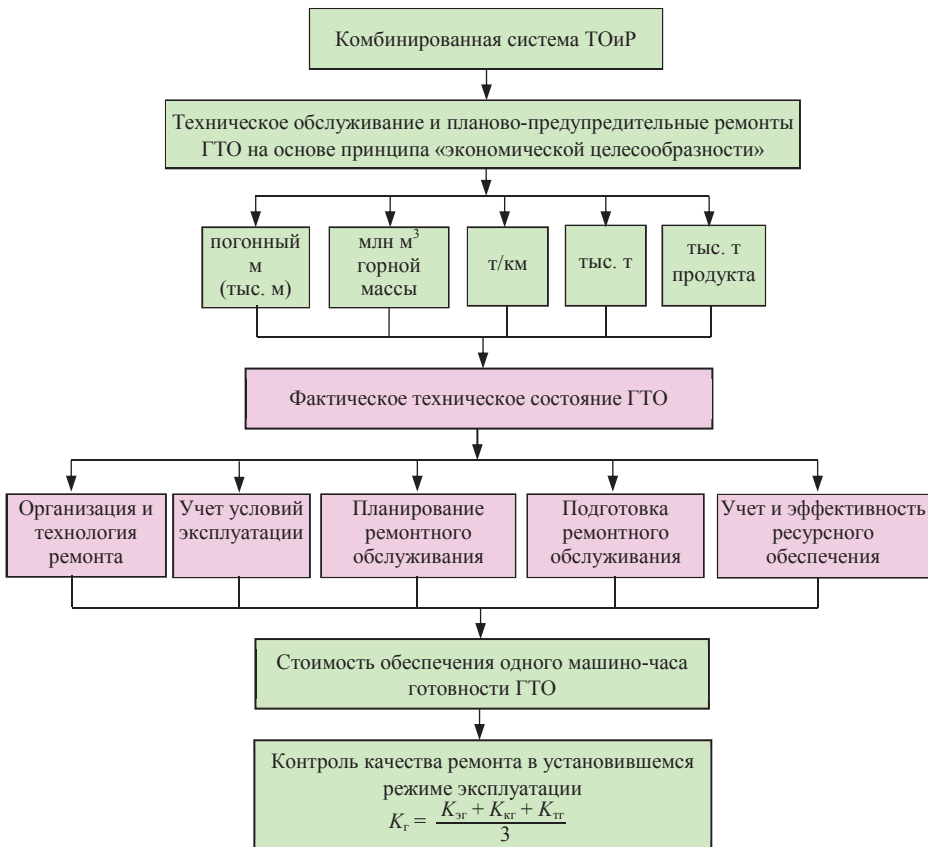


Рис. 7. Модель комбинированной стратегии ремонта
Fig. 7. A model of integrated repair strategy

Блок 4. Операции.

Деятельность СОРГО как совокупность взаимосвязанных организационных, управленческих и технологических процессов должна быть направлена на частичное или полное восстановление ресурса горной техники при приемлемых затратах на ремонт. Доля трудоемких, сложных восстановительных ремонтов до сих пор остается достаточно высокой. В большей части это зависит от того, на основе какой стратегии организовано ремонтное обслуживание горных машин.

Такая задача была проработана на семинаре со специалистами АО «Ковдорский ГОК». Результатом этой проработки стала модель комбинированной стратегии

Номер п/п	Наименование операции и содержание работы	Оборудование, приспособления, инструмент	Профессия исполнителей	Кол-во исполнителей	Разряд	Грузозатраты, чел.-ч	Примечания и указания по технике безопасности
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Подтяжка шпилек на цапфах подвижной щеки							
1.1	Отвернуть контргайки, равномерно обтянуть гайки крепления ослабленных шпилек М72 (12 шт.) (рис) ударный S = 105; на цапфах подвижной щеки. Завернуть контргайки. Проверить наличие стопоров для фиксации клиньев	Ключ накидной ударный S = 105; Кувалда 6-8 кг	Слесарь	1 1	IV III	1,2	Производить работу в защитных очках и рукавицах, не находиться позади работающего ударным инструментом во избежание травм

Гайки крепления шпилек на цапфах подвижной щеки М72 (12 шт.)

Рис. Шпильки на цапфах подвижной щеки

Рис. 8. Фрагмент технологической карты на ремонт дробилки СМД-117
Fig. 8. A fragment of SMD-117 crusher repair process flowchart

ремонта (рис. 7, где $K_{эг}$ – коэффициент эксплуатационной готовности; $K_{кр}$ – коэффициент конструктивной готовности).

Основным критерием этой системы был определен «принцип экономической целесообразности» ремонта горной техники. Основные этапы формирования комбинированной системы ТОиР: актуализация, внедрение и освоение комбинированной системы ТОиР; развитие эффективной системы мониторинга эксплуатации горной техники; доработка и освоение программного обеспечения для учета показателей; формирование группы анализа показателей; пересмотр системы мотивации ремонтного персонала.

Одним из методов эффективного функционирования СОРГО является стандартизация рабочих процессов, основанная на разработке организационных и технологических регламентов на ремонтное обслуживание горной техники. *Технологические регламенты* включают: последовательность операций, рекомендуемый инструмент, оснастку и приспособления, количественный и качественный состав ремонтной бригады, трудозатраты на выполнение операций и пооперационные меры безопасной организации труда персонала. *Организационные регламенты* включают: параметры ремонтной зоны, вспомогательное оборудование, методы строповки крупногабаритных узлов и металлоконструкций.

Пример стандартизированной технологической карты (регламента) на ремонт дробилки СМД-117 приведен на рис. 8.

Разработанная совместно со специалистами предприятий регламентирующая документация на горную технику используется при обучении персонала, выдаче наряд-заданий и проверке знаний безопасных приемов труда при ремонтном обслуживании горной техники.

Одним из важнейших элементов управления СОРГО является безопасность труда ремонтного персонала. Практика показывает, что до 40 % травм приходится именно на ремонтные работы.

Семинар, проведенный на одном из предприятий северного региона, показал, что опасная производственная ситуация (ОПС), не взятая под контроль, развивается самопроизвольно. Поэтому важное значение имеет информационное обеспечение – незнание реальной обстановки и закономерности ее изменения не позволяет взять ситуацию под контроль [12].

Выявлены признаки опасной производственной ситуации:

- ОПС провоцирует работника к принятию нерегламентированных, а значит заведомо опасных в исполнении решений и неадекватных ситуации действий;
- ОПС имеет три стадии существования: зарождение, развитие и реализация/исчезновение.

Установлены стадии существования ОПС, которые характеризуются:

- разным временем существования;
- возрастающей скоростью увеличения риска возникновения негативного события.

Определены принципы надежного обеспечения безопасности труда:

- планирование производственной деятельности на основе поддержания безопасных условий труда;
- умение работника предвидеть и выявлять ОПС, безопасно в них действовать и взаимодействовать;
- полное, достоверное и своевременное информирование работников о реальных опасностях в производственной деятельности;
- взаимная страховка работников от ошибочных действий;

– оплата труда работника, стимулирующая создание и поддержание качественных рабочих и трудовых процессов.

Выводы. Таким образом, формирование системы обеспечения работоспособности горного оборудования должно быть основано:

- на совершенствовании функционала ремонтной службы;
- согласованности действий работников структурных подразделений;
- периодической оценке профессионализма работников на основе проведения развивающей аттестации;
- мониторинге и анализе состояния горной техники с учетом показателей, позволяющих оценить каждый элемент технической системы;
- экономическом обосновании затрат на ремонт;
- рациональном выборе стратегии ремонтного обслуживания горной техники;
- стандартизации рабочих процессов;
- оценке риска реализации опасных производственных ситуаций.

Это позволит отслеживать не только явные позитивные тенденции в деятельности системы обеспечения работоспособности горных машин, но и своевременно реагировать на недопустимый уровень отклонений всех показателей системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева Л. И. Методология формирования технического сервиса горнотранспортного оборудования на угледобывающем предприятии: дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2004. 305 с.
2. Анистратов К. Ю. Разработка стратегии технического перевооружения карьеров // Горная промышленность. 2012. № 4. С. 90–97.
3. Самолазов А. В., Паладеева Н. И. Техническое перевооружение экскаваторно-автомобильных комплексов добывающих предприятий // Горное оборудование и электромеханика. 2010. № 2. С. 2–11.
4. Эффективное развитие угледобывающего производственного объединения: практика и методы / А. Б. Килин [и др.]. М.: Горная книга, 2019. 259 с.
5. Robert J. House, Andre Delbecq, Toon W. Taris. Value based leadership: An integrated theory and an empirical test (working paper). URL: <https://books.google.ru> (дата обращения 10.12.2018 г.)
6. Стребкова С. Ф. Организация циклической аттестации персонала по освоению навыков поиска и реализации улучшений, направленных на сбережение рабочего времени персонала // ГИАБ. 2015. № 12 (спец. вып. № 34). С. 263–271.
7. Дафт Ричард Л. Теория организации: пер. с англ. / под ред. Э. М. Короткова. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 446 с.
8. Hidi S., Harackiewicz J. M. Motivating the corporately unmotivated: a critical issue for the 21st century // Review of Educational Research. 2013. No. 70(2). P. 151–179.
9. Красникова Т. И. Обоснование и выбор рациональных параметров эксплуатации экскаваторов циклического действия: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2012. 128 с.
10. Ушаков Ю. Ю. Обоснование параметров системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2016. 139 с.
11. Garbotz Georg. Handbuch des maschinenwesens beim baubetrieb: dritter band die gerate fur erd- und felsbewegungen. Springer-Verlag, 2013.
12. Артемьев В. Б. Надежное обеспечение безопасности труда на предприятиях СУЭК // Библиотека горного инженера-руководителя. Вып. 34. М.: Горная книга, 2018. 39 с.

Поступила в редакцию 8 апреля 2019 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

Красникова Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института эффективности и безопасности горного производства (НИИОГР). E-mail: tehnorem74@list.ru

Ушаков Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института эффективности и безопасности горного производства (НИИОГР). E-mail: yurii-ushakov@mail.ru

The methodology for the formation of an effective system to ensure the performance of mining equipment

Liudmila I. Andreeva¹, Tatiana I. Krasnikova², Iurii Iu. Ushakov²

¹ Chelyabinsk Subsidiary of the Institute of Mining, Ural Branch of RAS, Chelyabinsk, Russia.

² Research Institute of Mining Industry Efficiency and Safety, Chelyabinsk, Russia.

Abstract

Introduction. The traditional improvement of manufacturing efficiency with a focus on the technical equipment and equipment scale-up, carried out without necessary modification of manufacturing organization and maintenance planning system leads to inefficient utilization of duty time by the personnel, which, in its turn, influences the final output.

Research aims to form an effective system to ensure the operability of mining equipment based on the methodology including the principles, object, subject, provisions and methods.

Methodology. The traditional organization of the manufacturing system at an enterprise predetermines the formation of significant losses of time by operational and maintenance personnel. Time losses are conditioned by a number of basic reasons: inefficient interaction between operational and maintenance personnel, lacking viable mechanism of motivation and incentive for the workers, as well as poor understanding of connection between time loss and economic loss. The existing time losses within the process of ensuring the operability of mining equipment are the reserves of an enterprise in themselves; by activating them, it is possible to qualitatively change the state of the system and increase its efficiency.

Results. The publication presents the methodology for the formation of an effective system to ensure the operability of mining equipment. The effectiveness of this system is achieved through repair personnel functions standardization and close interconnection of control units: organization, regulation, control and operation

Summary. With the methodological approach ensuring the operability of mining equipment proposed in the article, it becomes possible to select the rational strategy of repair maintenance based on the service life, operating time, and the technical condition of mining machines.

Key words: standard; functional; repair service strategy; costs; technical condition; efficiency; operation; process; methodology; regulation; control; hazardous production situation.

REFERENCES

1. Andreeva L. I. *The methodology of organizing the maintenance of the mining and coal producer conveyor equipment. DSc (Engineering) dissertation.* Ekaterinburg; 2004. (In Russ.).
2. Anistratov K. Iu. Developing the strategy of technological refurbishing of open pits. *Gornaia promyshlennost = Mining Industry Journal.* 2012; 4: 90–97. (In Russ.)
3. Samolazov A. V., Paladeeva N. I. Technical re-equipment of shovel and truck complexes at mining enterprises. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics.* 2010; 2: 2–11. (In Russ.)
4. Kilin A. B. et al. *Effective development of a coal mining production association.* Moscow: Gornaia kniga Publishing; 2019. 259 c. (In Russ.)
5. Robert J. House, Andre Delbecq, Toon W. Taris. Value based leadership: *An integrated theory and an empirical test (working paper).* Available from: <https://books.google.ru> [Accessed 10th December 2018].
6. Strebkova S. F. Organization of cyclic personnel certification for mastering the skills of the search for and implementation of activities aimed at saving the personnel duty time. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal).* 2015; 12 (34): 263–271. (In Russ.)
7. Korotkov E. M. (ed.), Daft R. L. *Organization theory: transl. from English.* Moscow: IuNITI-DANA Publishing; 2006. (In Russ.)
8. Hidi S., Harackiewicz J. M. Motivating the corporately unmotivated: a critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research.* 2013; 70(2): 151–179.
9. Krasnikova T. I. *Substantiation and selection of rational parameters for cyclic excavators operation. Ph D (Engineering) dissertation.* Ekaterinburg; 2012. (In Russ.)
10. Ushakov Iu. Iu. *Substantiating the parameters of maintenance system for haulage trucks. PhD (Engineering) dissertation.* Ekaterinburg; 2016. (In Russ.)
11. Garbotz Georg. *Handbuch des maschinenwesens beim baubetrieb: dritter band die gerate fur erd-und felsbewegungen.* Springer-Verlag, 2013.
12. Artemiev V. B. Reliable workplace protection at the enterprises of SUEK. In: *The library of a mining managing engineer. Issue 34.* Moscow: Gornaia kniga Publishing; 2018. (In Russ.)

Information about authors:

Liudmila I. Andreeva – DSc (Engineering), senior researcher, Chelyabinsk Subsidiary of the Institute of Mining, Ural Branch of RAS. E-mail: tehnorem74@list.ru

Tatiana I. Krasnikova – PhD (Engineering), researcher, Research Institute of Mining Industry Efficiency and Safety. E-mail: tehnorem74@list.ru

Iurii Iu. Ushakov – PhD (Engineering), researcher, Research Institute of Mining Industry Efficiency and Safety. E-mail: yurii-ushakov@mail.ru

Для цитирования: Андреева Л. И., Красникова Т. И., Ушаков Ю. Ю. Методология формирования эффективной системы обеспечения работоспособности горной техники // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 5. С. 92–106. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-5-92-106

For citation: Andreeva L. I., Krasnikova T. I., Ushakov Iu. Iu. The methodology for the formation of an effective system to ensure the performance of mining equipment. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2019; 5: 92–106 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-5-92-106