

Обеспечение надежной работы и эффективного сервиса проходческо-очистных комбайнов для добычи калийных руд

Шишлянников Д. И.¹

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: 4varjag@mail.ru

Реферат

Введение. Рассмотрены вопросы, связанные с организацией технического сервиса проходческо-очистных комбайнов на рудниках Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей. Указывается на перспективность внедрения системы обслуживания и ремонта горных комбайнов по фактическому техническому состоянию.

Методология исследования. Изложены методологические основы сбора и обработки информации по статистике отказов проходческо-очистных комбайнов «Урал» на рудниках Верхнекамского месторождения. Указывается, что использование бортовых систем мониторинга комбайнов, внедрение которых начато с 2013 года, позволило оперативно отслеживать и регистрировать информацию о режимах работы и причинах простоев данных выемочных машин.

Результаты. Показано, что наибольшее количество аварийных отказов проходческо-очистных комбайнов «Урал» обусловлено нарушением технологии ведения горных работ, а также несвоевременным или некачественно выполненным ремонтом. Наиболее часто выходят из строя поворотные и раздаточные редукторы планетарных исполнительных органов, редукторы бермовых органов и узлы гидравлических систем. Приведена структура ремонтного цикла комбайнов «Урал». Указывается, что зачастую даже сложные текущие и капитальные ремонты проходческо-очистных комбайнов выполняются силами горнорабочих, осуществляющих непосредственную эксплуатацию данных добычных машин.

Выводы. Накопление статистических данных об отказах и соответствующих им предельных значениях диагностических параметров проходческо-очистных комбайнов обуславливает возможность прогнозирования времени выхода оборудования из строя с высокой степенью вероятности. Прогноз величины остаточного ресурса будет тем точнее, чем более стандартизированы условия эксплуатации и ремонта добычных машин калийных рудников.

Ключевые слова: проходческо-очистной комбайн; эксплуатация; технический сервис; статистика отказов; калийный рудник.

Введение. Для предприятий, осуществляющих разработку месторождений калийных руд подземным способом, актуальной остается задача обеспечения надежной и высокопроизводительной работы горнодобывающего оборудования. Решение данной задачи требует не только совершенствования конструкций и внедрения передовых технологий производства горных комбайнов, но и использования эффективных систем технического сервиса, предусматривающих применение средств диагностики и эксплуатационного контроля для оценки фактического состояния добычных машин [1, 2].

Целью данной работы является анализ основных тенденций в области повышения эффективности обслуживания и ремонта проходческо-очистных комбайнов, используемых на рудниках крупнейшего в Евразии Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей (ВМКМС).

Методологические основы исследования. Обработка продуктивных пластов на рудниках Верхнекамского месторождения осуществляется с использованием камерной системы и механизированных комбайновых комплексов [3]. В составе таких комплексов в качестве добычных машин, как правило, применяются проходческо-очистные комбайны «Урал» производства АО «Копейский машиностроительный завод» (г. Копейск, Челябинская обл.). Данные комбайны являются наиболее адаптированными к условиям месторождения и поставляются на рудники ВМКМС уже более 40 лет [4, 5]. Столь продолжительный опыт использования проходческо-очистных комбайнов «Урал» позволил накопить сотрудникам инженерно-технических служб горных предприятий уникальную информацию о статистике отказов, а также разработать ряд технологических и организационных мер, направленных на повышение эффективности сервиса данных добычных машин [6]. Существенное облегчение задачи сбора и обработки информации о работе комбайнов «Урал» и их надежности обусловлено внедрением в 2013 г. модернизированной системы электрогидравлического управления и мониторинга параметров работы комбайнов производства ООО «МК «Ильма» (г. Томск) [7] (ГОСТ 27.002–2009. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2011. 28 с.).

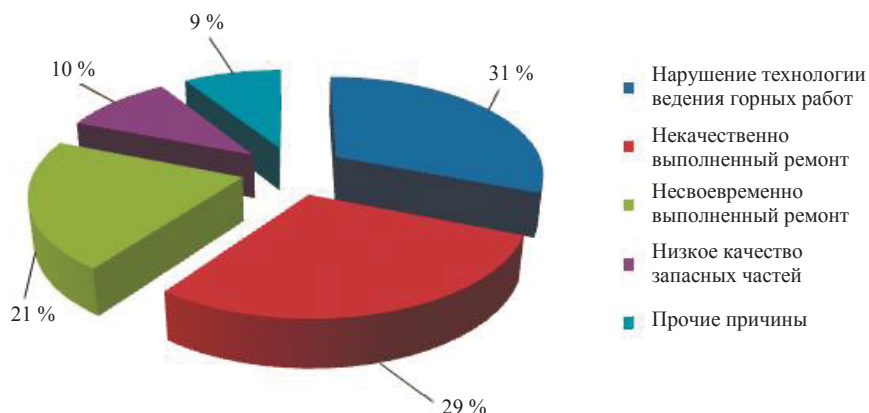


Рис. 1. Причины возникновения аварийных отказов комбайнов «Урал-20Р» на рудниках Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей за период с 01.01.2018 по 31.12.2018

Fig. 1. Reasons for emergency failures of Ural-20P mining machines in the mines of the Upper Kama potash salt deposits for the period from 01 January, 2018 to 31 December, 2018

Далее приведен анализ статистики аварийных отказов и особенностей системы технического обслуживания, принятой для проведения ремонтно-восстановительных работ на рудниках ВМКМС.

Результаты исследований. По данным сотрудников сервисных служб ПАО «Уралкалий» (г. Березники, Пермский край), за период с 01.01. по 31.12.2018 г. наибольшее количество аварийных отказов проходческо-очистных комбайнов «Урал» обусловлено нарушением технологии ведения горных работ – 31 %. Причиной 29 % отказов является некачественно выполненный ремонт. 21 % аварийных отказов происходит по причине невозможности своевременной замены узла, выработавшего свой ресурс, что говорит о неудовлетворительной работе служб снабжения. Низкое качество деталей, закупленных у сторонних поставщиков, обуславливает до 10 % отказов комбайнов «Урал» (рис. 1) [8].

Основными причинами выхода из строя механической части оборудования комбайнов «Урал» являются:

- работа неполным комплектом резцов или изношенным режущим инструментом;
- несоблюдение рекомендованного режима работы (скорость подачи, уровень загрузки электродвигателей);
- неправильная сборка или регулировка муфт, зубчатых зацеплений, подшипниковых узлов, скребковых, гусеничных цепей;
- нарушение герметичности уплотнений;
- несвоевременная или недоброкачественная смазка [8, 9].

Таблица 1. Аварийные отказы редукторов комбайнов «Урал-20Р»
Table 1. Emergency failures of reduction gears of Ural-20P mining machines

Наименование узла	Доля от общего числа аварийных отказов, %
Поворотный редуктор планетарно-дискового исполнительного органа	35,6
Редуктор раздаточный планетарно-дискового исполнительного органа	9,7
Редуктор переносного вращения планетарно-дискового исполнительного органа	1,9
Редуктор относительного вращения планетарно-дискового исполнительного органа	3,8
Редуктор отбойного устройства	2,9
Редуктор бермового исполнительного органа	14,6
Редуктор конвейера быстроходный	5,7
Редуктор конвейера тихоходный	14,5
Редуктор маслостанции	2,6
Редуктор гусеничного хода	8,7

Отсутствие эффективных приборов контроля скорости подачи комбайна на забой, устройств демпфирования динамических нагрузок является причиной значительной части аварийных отказов механической части комбайнов «Урал». Согласно статистике ПАО «Уралкалий», собранной для 57 проходческо-очистных комбайнов за период с 01.01. по 31.12.2018 г., наиболее часто выходят из строя поворотные и раздаточные редукторы планетарно-дисковых исполнительных органов, редукторы бермовых исполнительных органов, а также тихоходные редукторы скребковых конвейеров-перегрузателей (табл. 1).

Электрическая часть обычно выходит из строя вследствие следующих причин:

- ухудшения изоляционных качеств проводов и обмоток из-за их отсыревания и загрязнения;

- ослабления и нарушения соединений в силовых цепях управления;
- повышенного нагрева вследствие работы с перегрузками;
- неудовлетворительного состояния контактных поверхностей;
- в результате механических повреждений.

Нарушения в работе гидравлической части чаще всего возникают из-за недостатка масла в корпусах гидромоторов и гидронасосов, повреждения гибких трубопроводов, нерегулярной чистки фильтров, отсутствия контроля давления, настройки клапанов на повышенное давления, вращения вала гидронасоса в противоположном направлении, несвоевременной заправки гидросистемы или заправки загрязненным маслом [8, 10, 11].

Завод-изготовитель рекомендует осуществлять сервис комбайнов «Урал» с использованием плано-предупредительной системы обслуживания и ремонтов

(ППР). Нормативными документами предусмотрено выполнение ежесменного и еженедельного технического обслуживания [6, 12].

Система ППР комбайна и связанного с ним комплекса (бункер-перегрузатель, самоходный вагон) включает ремонтные осмотры РО раз в месяц, т. е. через 600 ч работы (длительность – трое суток), текущие T_1 , T_2 , T_3 и капитальные К ремонты.

Ремонтный цикл $P_{\text{ц}} = 12PO + 2T_1 + 2T_2 + T_3 + K$.

Капитальный ремонт планируется через 7200 ч (1 год). Первый текущий ремонт производится через 1200 ч работы и продолжается 72 ч, второй – через 2400 ч (длительность – 111 ч), третий – через 3600 ч (длительность – 144 ч).

Ремонтный осмотр включает в себя весь комплекс работ ежесменного и ежесуточного осмотров, а также замену деталей с малой износостойкостью и долговечностью, уплотнений, смазки в подшипниковых узлах и редукторах, масла в гидросистеме, подтяжку всех болтовых соединений. Контролируется состояние зубчатых, и в особенности конических передач, подшипников, соединительных муфт и контрольно-измерительных приборов. Проверяют, а при необходимости настраивают и регулируют гидроаппаратуру. Качество и полноту проведенных работ определяют пробным запуском оборудования; после двух-трех суток работы перетягивают болты крепления и проверяют их контровку.

Текущие ремонты включают в себя все работы предыдущих видов обслуживания, а также плановую замену деталей с небольшим объемом работ по разборке, замену дефективных узлов годными, профилактический осмотр электродвигателей, ревизию станции и пультов управления. При текущем ремонте осматривают трансформаторы, проверяя состояние контактных зажимов, цепи заземления, сопротивление изоляции обмоток, отсутствие трещин и сколов на клеммных коробках. По окончании работы регулируют и налаживают оборудование под нагрузкой.

Капитальный ремонт предусматривает полную разборку оборудования, очистку деталей, составление дефектной ведомости, восстановление и замену дефектных деталей, сборку и регулировку узлов и машины в целом. Ремонт и последующая приемка машины производятся по заводским чертежам в соответствии с действующими техническими условиями. Все виды выполненных ремонтов с указанием характера неисправностей, причин неполадок и способов устранения фиксируются в формуляре машины. После капитального ремонта проводится обкатка.

Снижение затрат на ремонт и обслуживание проходческо-очистных комбайнов, уменьшение времени простоя и снижение количества аварийных отказов возможно посредством организации системы ТОиР по фактическому техническому состоянию добычной машины, что подразумевает широкое использование средств диагностики и контроля изменения параметров работы оборудования с целью своевременного обнаружения дефектов.

Реализация диагностических мероприятий обеспечивает:

- повышение технической готовности добычных машин;
- работу машин с оптимальной регулировкой, что позволяет снизить расход энергии и горюче-смазочных материалов;
- повышение безопасности работ посредством проведения своевременных технических обслуживаний и контроля узлов и агрегатов;
- увеличение ресурса работы оборудования посредством исключения необоснованных разборочных и сборочных операций, сопутствующих им режимов приработки [6, 13, 14] (*ГОСТ 27.002–2009. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2011. 28 с.*).

К недостаткам данной системы организации технического обслуживания и ремонта следует отнести высокую стоимость и сложность диагностического обслуживания, необходимость формирования специальных служб на предприятии, значительные трудозатраты на проведение диагностических мероприятий. Кроме того, обоснование методик проведения диагностики и структуры используемого оборудования является сложной технической задачей, решение которой требует проведения значительного объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

На некоторых рудниках ВМКМС принята система технического обслуживания и ремонта, предусматривающая выполнение ремонтно-восстановительных работ силами машинистов и горнорабочих, осуществляющих их непосредственную эксплуатацию [8, 11, 12]. При этом, в абсолютном большинстве случаев, сотрудники сервисных служб и подрядных организаций не привлекаются к выполнению ремонтов. Указанный способ ремонта позволяет добычным предприятиям существенно снизить временные и материальные затраты на проведение технического обслуживания и текущего ремонта комбайнов (до 7 раз, по сравнению с привлечением подрядных сервисных организаций), но обуславливает возникновение затруднений при проведении ремонтов сложных гидравлических систем, систем электроники, автоматики и прочих узлов и систем, требующих проведения ремонта высококвалифицированным персоналом.

Выводы. Внедрение автоматизированных систем контроля параметров работы и диагностирования комбайновых комплексов значительно упростит работу инженерно-технических и ремонтных служб предприятия, позволит осуществлять ремонтно-восстановительные мероприятия по фактическому техническому состоянию комбайна, отказаться от затратной системы планово-предупредительных ремонтов. Накопление статистических данных об отказах и соответствующих им предельных значениях диагностических параметров обуславливает возможность прогнозирования времени выхода оборудования из строя с высокой степенью вероятности. Прогноз величины остаточного ресурса будет тем точнее, чем более стандартизованы условия эксплуатации и ремонта. Эффективный мониторинг технического состояния добычного оборудования, анализ данных о его надежности с использованием высокоточных прогнозных моделей обеспечивают равномерную и обоснованную загрузку ремонтного персонала, снижение эксплуатационных затрат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хазанович Г. Ш. Актуальные направления научных исследований горнопроходческого оборудования // Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 2. С. 41–45.
2. Сумканов А. И., Зотов В. В., Кубрин С. С. Разработка методики оценки состояния оборудования очистных комплексов горных предприятий // ГИАБ. 2012. № 10. С. 260–264.
3. Максимов А. Б. Повышение эффективности процесса резания калийного массива планетарно-дисковыми исполнительными органами проходческо-очистных комбайнов // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых: матер. X Всерос. конф. 2017. С. 378–381.
4. Семенов В. В., Мальчер М. А., Петров В. П., Морозов С. П. Проходческо-очистные комбайны «Урал» для добычи калийной руды и каменной соли // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 8. С. 17–21.
5. Суханов А. Е., Максимов А. Б. Обоснование рациональных параметров шнековых погрузочных органов проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р» // Транспорт. Взгляд в будущее: сб. науч. тр. Междунар. науч. семинара. 2018. С. 62–66.
6. Уголкин С. И., Петров В. П. Организация технического сервиса горно-шахтного оборудования производства ОАО «КМЗ» // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 8. С. 50–53.
7. Загвоздкин И. В., Лесов Г. П., Янович Д. М. Обеспечение безопасности и безаварийной работы комбайновых комплексов на рудниках ОАО «Уралкалий» // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 9. С. 46–49.

8. Трифанов М. Г. Оценка нагруженности приводов проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р» для выбора технически обоснованных режимов работы в реальных условиях эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. Пермь, 2018. 163 с.

9. Трифанов Г. Д., Князев А. А., Чекмасов Н. В., Шишлянников Д. И. Исследование нагруженности и возможности прогнозирования энергоресурса приводов исполнительных органов комбайна «Урал-20Р» // Горное оборудование и электромеханика. 2013. № 2. С. 41–44.

10. Максимов А. Б. Обоснование параметров породоразрушающих исполнительных органов и погрузочного оборудования проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р»: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. Пермь, 2019. 182 с.

11. Lavrenko S. A., Shishlyannikov D. I., Trifanov M. G. Selecting technically justified operating modes of «Ural» combines on the basis of an evaluation of their driver load under real operating conditions // Innovation-Based Development of the Mineral Resources Sector: Challenges and Prospects – 11th Conference of the Russian-German Raw Materials. 2018. P. 301–308.

12. Shishlyannikov D. I., Chekmasov N. V., Trifanov M. G., Ivanov S. L., Zvonarev I. E. Substantiation of the rational method to control the operating and technical-condition parameters of a heading-and-winning machine for potash mines // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2015. No. 44(3). P. 283–287.

13. Zhou Yaneng, Zhang Wu, Gamwo Isaac, Lin Jeen-Shang. Mechanical specific energy versus depth of cut in rock cutting and drilling // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2017. Vol. 100. P. 287–297.

14. Nguyen K. L., Gabov V. V., Zadkov D. A., Le T. B. Justification of process of loading coal onto face conveyors by auger heads of shearer-loader machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. P. 042132.

Поступила в редакцию 30 июня 2020 года

Сведения об авторах:

Шишлянников Дмитрий Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры горной электромеханики Пермского национального исследовательского политехнического университета. E-mail: 4varjag@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-103-109

Ensuring reliable operation and efficient service of heading and winning machines for potash ore extraction

Dmitrii I. Shishliannikov¹

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia.

Abstract

Introduction. The article considers the organization of heading and winning machines' maintenance in the mines of the Upper Kama potash salt deposit highlighting the potential of maintenance and repair according to the actual health of mining machines.

Research methodology. The methodological foundations are presented of collecting and processing the data on Ural heading and winning machines failure statistics in the Upper Kama potash salt deposit. It is indicated that monitoring systems implemented in mining machine since 2013 made it possible to quickly track and record data on operating modes and downtime causes.

Results. Research revealed that the greatest number of Ural heading and winning machines emergency failures is due to mining technology violation, as well as untimely or poor quality repairs. Breakdowns of swing and distributing reduction gears of planetary actuators, reduction gears of berm bodies and hydraulic systems units are most common. Ural mining machines' repair cycle is presented. Even complex current and overhauls of heading and winning machines are often carried out by miners who directly operate the machines.

Summary. Statistical data storage on failures and corresponding diagnostic parameters limit of heading and winning machines makes it possible to predict the time of equipment failure with a high degree of probability. The more standardized the potash mining machine operation and repair conditions are, the more accurate the remaining life forecast of the residual resource is.

Key words: heading and winning machine; operation; maintenance; failure statistics; potash mine.

REFERENCES

1. Khazanovich G. Sh. Current trends in scientific research mining equipment. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2018; 2: 41–45. (In Russ.)

2. Sumkanov A. I., Zotov V. V., Kubrin S. S. Development of a methodology for assessing the state of equipment of treatment facilities of mining enterprises. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2012; 10: 260–264. (In Russ.)

3. Maksimov A. B. Improving the efficiency of the process of cutting the potash array by planetary-disk actuators of heading and winning machines. In: *Problems of hydrocarbon and ore mineral deposits development: proc. of the 5th All-Russian Conference*. 2017: 378–381. (In Russ.)
4. Semenov V. V., Malcher M. A., Petrov V. P., Morozov S. P. Ural heading and winning machines for potash ore and rock salt extraction. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2008; 8: 17–21. (In Russ.)
5. Sukhanov A. E., Maksimov A. B. Justification of the rational parameters of screw loading bodies of Ural-20R heading and winning machines. In: *Transport. Future Outlook: Proc. Internat. Scient. seminar*. 2018. p. 62–66. (In Russ.)
6. Ugolkin S. I., Petrov V. P. Organization of technical service of mining equipment manufactured by OJSC KMZ. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2008; 8: 50–53. (In Russ.)
7. Zagvozdkin I. V., Lesov G. P., Ianovich D. M. Ensuring the safety and trouble-free operation of combine complexes at the mines of OJSC Uralkali. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2013; 9: 46–49. (In Russ.)
8. Trifanov M. G. *Assessment of the loading of drives of the Ural-20R heading and winning machines for the selection of technically sound operating modes in real operating conditions: PhD in Engineering diss.* Perm; 2018. (In Russ.)
9. Trifanov G. D., Kniazev A. A., Chekmasov N. V., Shishliannikov D. I. Load research and forecasting resources lead executive combine “Ural-20P”. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2013; 2: 41–44. (In Russ.)
10. Maksimov A. B. *Justification of the parameters of rock-cutting executive bodies and loading equipment of Ural-20R heading and winning machines: PhD in Engineering diss.* Perm: 2019. (In Russ.)
11. Lavrenko S. A., Shishliannikov D. I., Trifanov M. G. Selecting technically justified operating modes of «Ural» combines on the basis of an evaluation of their driver load under real operating conditions. In: *Innovation-Based Development of the Mineral Resources Sector: Challenges and Prospects – 11th Conference of the Russian-German Raw Materials*. 2018. P. 301–308.
12. Shishliannikov D. I., Chekmasov N. V., Trifanov M. G., Ivanov S. L., Zvonarev I. E. Substantiation of the rational method to control the operating and technical-condition parameters of a heading-and-winning machine for potash mines. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2015; 44(3): 283–287.
13. Zhou Yaneng, Zhang Wu, Gamwo Isaac, Lin Jeen-Shang. Mechanical specific energy versus depth of cut in rock cutting and drilling. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2017; 100: 287–297.
14. Nguyen K. L., Gabov V. V., Zadkov D. A., Le T. B. Justification of process of loading coal onto face conveyors by auger heads of shearer-loader machines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. P. 042132.

Received 30 June 2020

Information about authors:

Dmitrii I. Shishliannikov – PhD (Engineering), associate professor of the Department of Mining Electromechanics, Perm National Research Polytechnic University. E-mail: 4varjag@mail.ru

Для цитирования: Шишляников Д. И. Обеспечение надежной работы и эффективного сервиса проходческо-очистных комбайнов для добычи калийных руд // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 7. С. 103–109. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-103-109

For citation: Shishliannikov D. I. Ensuring reliable operation and efficient service of heading and winning machines for potash ore extraction. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 7: 103–109 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-103-109