

УДК 622.232.83

В.А. Ковалев, А.А. Хорешок, Б.Л. Герике, В.В. Кузнецов,  
С.Г. Мухортиков, Ю.В. ДрозденкоЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ  
НА ШАХТАХ ОАО «СУЭК-Кузбасс»

Из всех известных способов проведения горных выработок, без чего невозможен рост добычи угля, самое широкое распространение получил комбайновый способ, с применением проходческих комбайнов избирательного действия со стреловидным исполнительным органом. Область его применения с каждым годом расширяется в связи с созданием более совершенных проходческих машин. На угольных предприятиях ОАО «СУЭК-Кузбасс» ежегодно проходится порядка 70-80 км подготовительных горных выработок (рис. 1) с применением такого способа.

На рис. 2-9 представлены данные об объемах проходки выработок на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» проходческими комбайнами избирательного действия со стреловидным исполнительным органом [1]. Анализ представленных данных ука-

зывает на то, что на шахтах применяются комбайны ГПКС, КП-21, П-110, СМ-130К, краткая техническая характеристика которых представлена в табл. 1. Возможности применения этих машин многообразны. Проходка осуществляется по породам средней прочности (табл.2), при наличии в пласте прослоев более высокой прочности, а также погрузка и транспортировка разрушенной горной массы.

Как показывают приведенные данные и опыт эксплуатации проходческих комбайнов марок «Джой» и «Бисайрус», они зарекомендовали себя как высокопроизводительные и надежные, но их недостаток - высокая стоимость данных машин, повышенные требования к эксплуатации, а также необходимость иметь высококвалифицированных специалистов, обслуживающих данную технику.

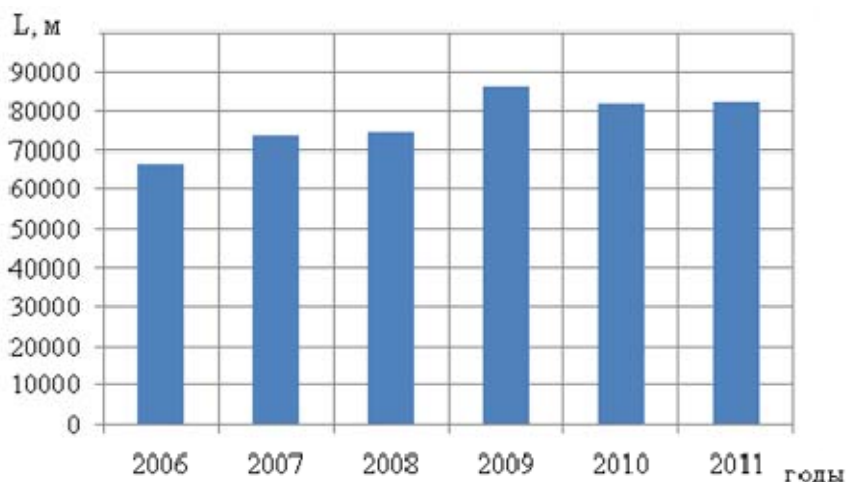


Рис. 1. Объем проходки на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» за 2006-2011 гг.

Таблица 1. Техническая характеристика

Тип комбайна	ГПКС	П-110	КП-21	СМ-130К
Установленная мощность, кВт	110	195	186,5	232
Мощность электродвигателя исполнительного органа, кВт	55	55	110	150
Производительность, м <sup>3</sup> /мин	0,23-1,42	0,3-1,7	0,3-2,0	0,35-1,8
Максимальный предел прочности разрушаемых пород, МПа	70	100	100	80
Максимальное сечение выработки, м <sup>2</sup>		25	28	20
Угол наклона выработки, град	±10	±12	±12	±12
Габаритные размеры, мм				
– длина	10500	12700	12500	12800
– ширина	1600	2300	2100	2510
– высота	2100	1800	1850	1790
Масса комбайна, т	25	41	45	32

Таблица 2. Классификация горных пород по пределу прочности при сжатии

Класс породы	Характеристика породы по прочности	Предел прочности при сжатии, МПа
I	Весьма прочные	>150
II	Прочные	90-150
III	Выше средней прочности	70-90
IV	Средней прочности	40-70
V	Слабые	20-40
VI	Очень слабые	<20

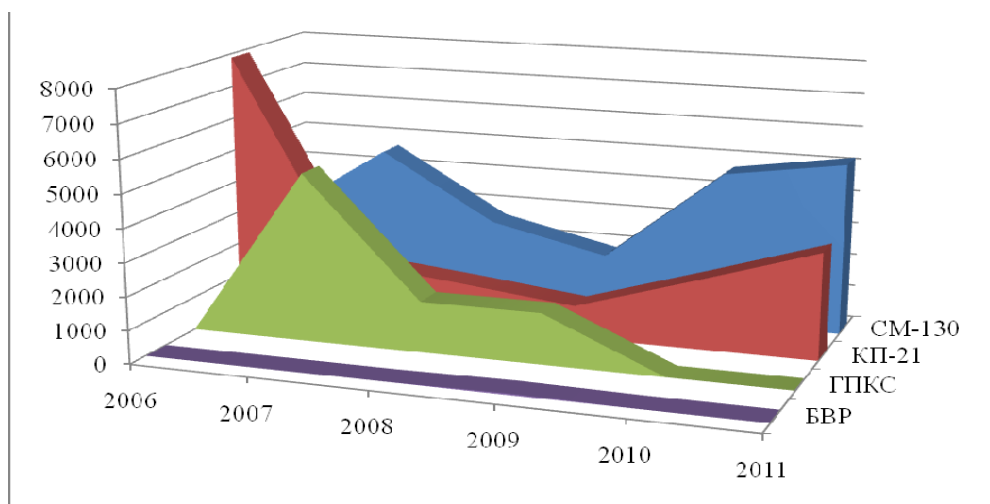


Рис. 2. Объем проходки выработок на ш. Польшаевская

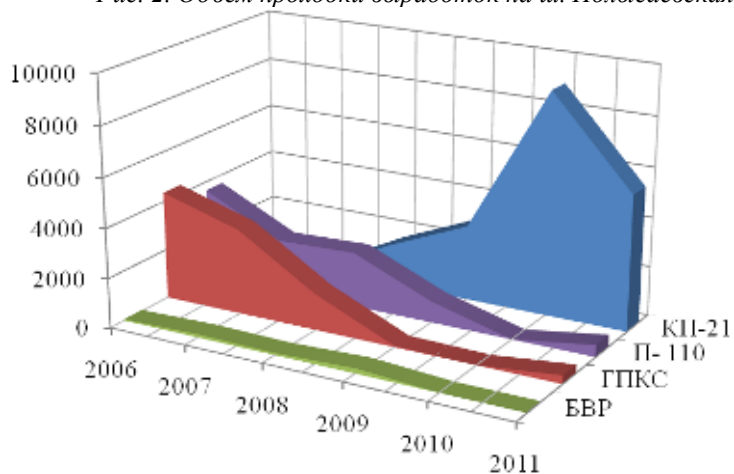


Рис. 3. Объем проходки выработок на ш. Комсомолец

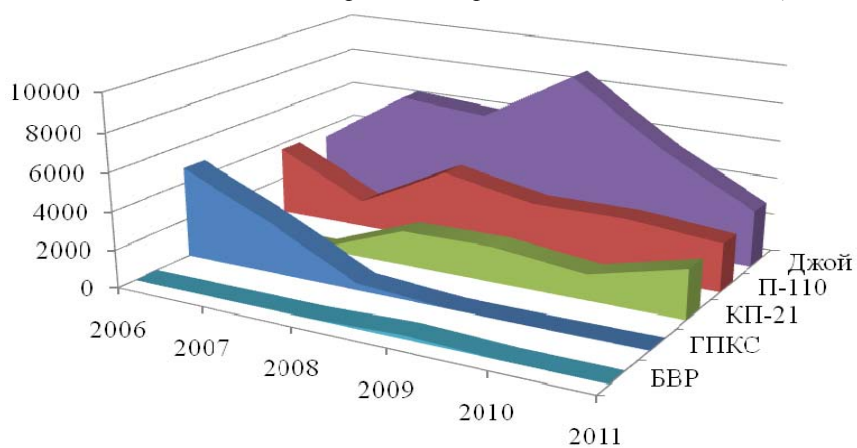


Рис. 4. Объем проходки выработок на ш. Котинская

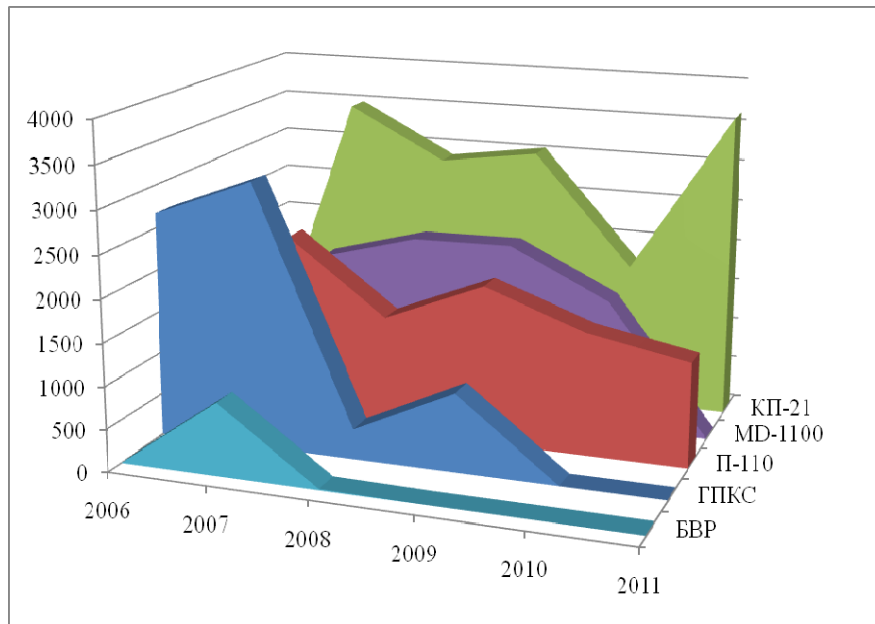


Рис. 5. Объем проходки выработок на ш. 7 ноября

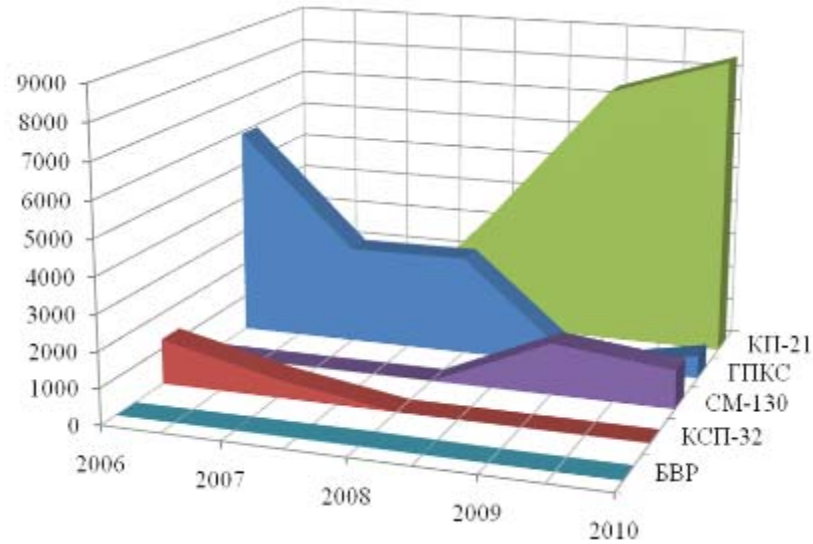


Рис. 6. Объем проходки выработок на ш. Красноярская

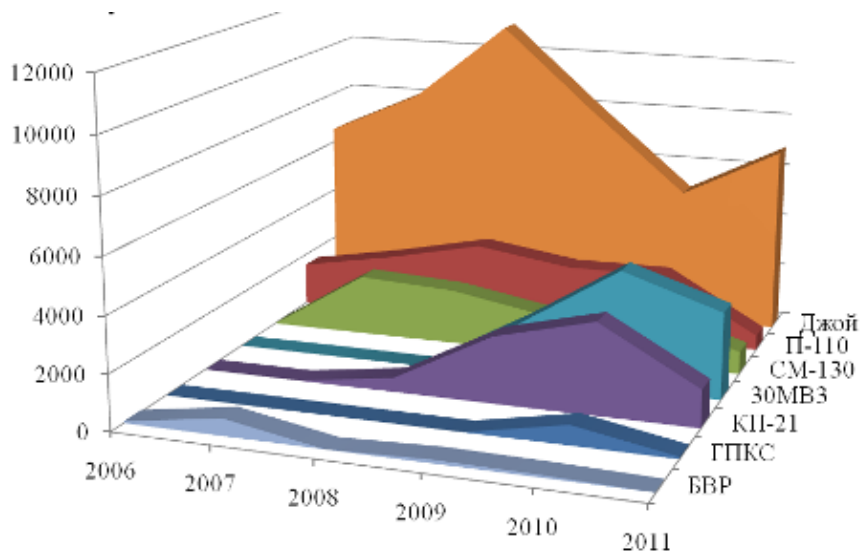


Рис. 7. Объем проходки выработок на ш. им.С.М. Кирова

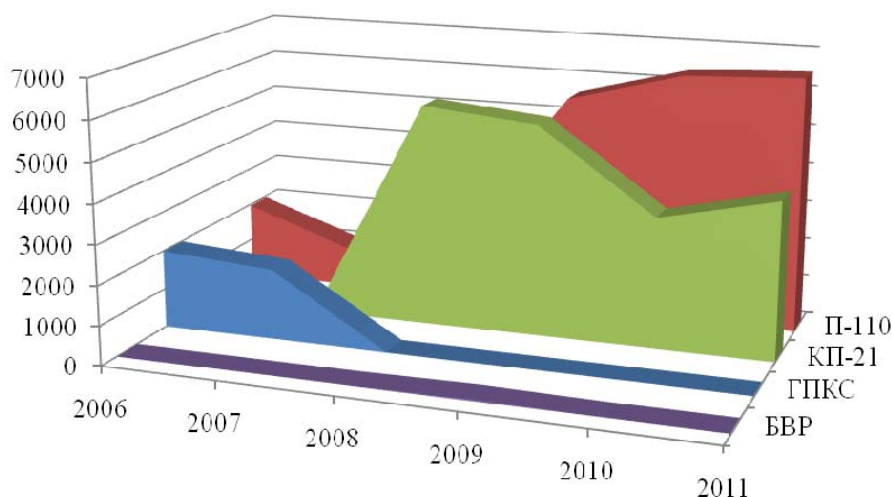


Рис. 8. Объем проходки выработок на ш. Талдинская-Западная1

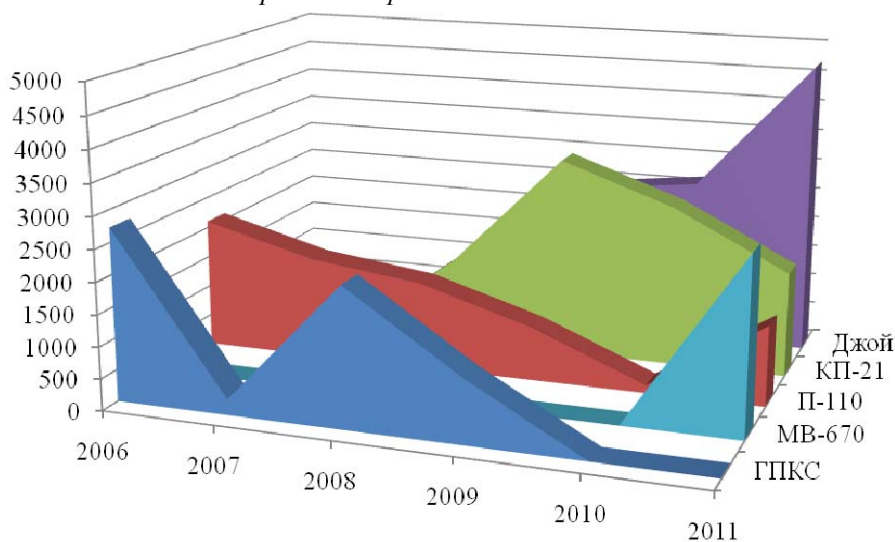


Рис. 9. Объем проходки выработок на ш. Талдинская-Западная2

Проходческие комбайны марок П-110, КП-21, ГПКС имеют меньшую наработку до предельного состояния, но менее требовательны к условиям эксплуатации. Из представленных параметров эксплуатации комбайнов видно, что среднее значение наработки на единицу техники приходится на проходческий комбайн СМ-130К. Комбайн эксплуатируется на ряде шахт, но наибольшую наработку произвел на шахте «Полысаевская».

Исходя из вышесказанного, за основу исследования был принят данный комбайн, как усредненный вариант по наработке и надежности представленных комбайнов эксплуатируемых на предприятии «СУЭК-Кузбасс».

Проходческий комбайн СМ-130К (рис. 10) предназначен для механизации разрушения, погрузки, транспортирования отбитой горной массы при проведении горизонтальных и наклонных горных выработок арочной, трапециевидной и прямоугольной форм сечения забоя до 20 м<sup>2</sup> по углю и смешанному забою с максимальным пределом прочности до 80 МПа в условиях шах,

опасных по газу и пыли.

Проходка осуществляется присечкой породы мощностью 0,15–0,45 м по почве и кровле. Предел прочности на сжатие присекаемых пород достигает 120 МПа.

По результатам хронометражных наблюдений в условиях шахты «Полысаевская» узлы проходческого комбайна СМ-130К были систематизированы по наработкам (табл. 3) [2].

**Надежность проходческого комбайна** в целом можно оценивать по результатам испытаний или эксплуатационных наблюдений, которые называют определительными.

По результатам испытаний или наблюдений для восстанавливаемых объектов контролируют, как правило, среднюю наработку на отказ. В этом случае часто предлагают распределение наработки на отказ, подчиняющееся экспоненциальному закону (такое распределение, как показывает практика, справедливо для изделий машиностроения).

Среднюю наработку на отказ можно оценить по формулам (1, 2):

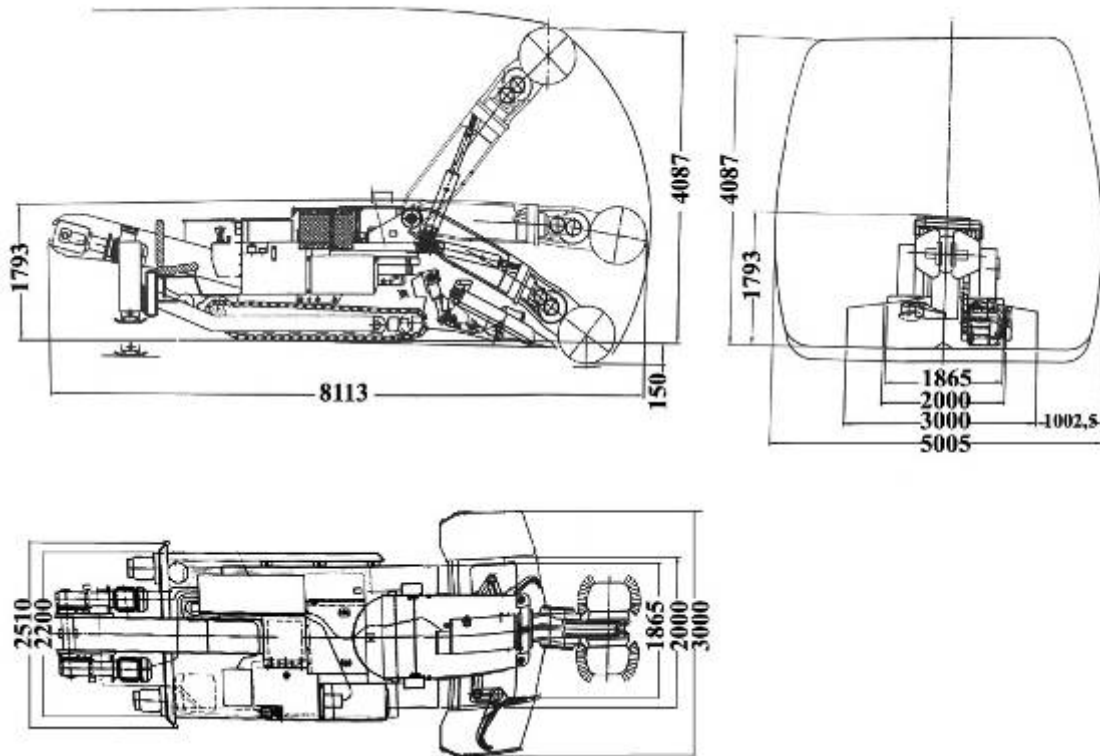


Рис. 10. Общий вид проходческого комбайна СМ-130К

$$T_{cp} = \frac{t_{\Sigma}}{m}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где  $t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_i$  – суммарное время испытаний  $n$  изделий;  $m$  – общее число отказов, возникающих в процессе испытаний.

Поскольку в процессе наблюдений участвует малое количество изделий (2 комбайна СМ-130К), и состав выборки случаен, расчетные значения могут отличаться от соответствующих статистических оценок. Чтобы учесть это отличие, вводится доверительный интервал значений, границы которого (*верхние и нижние*)

$$T_g = T_{cp} \cdot r_1; \quad T_n = T_{cp} \cdot r_2 \quad (2)$$

где  $r_1$  и  $r_2$  – коэффициенты, которые можно определить по таблицам [3] или по формулам (3, 4):

$$r_1 = \frac{2m}{\chi_{1-\alpha}(2m)} \quad (3)$$

$$r_2 = \frac{2m}{\chi_{\alpha}(2m+2)} \quad (4)$$

где  $\alpha$  – доверительная вероятность (для наработки горного оборудования  $\alpha = 0,8$ ).

В результате обработки данных, полученных в результате наблюдений за работой комбайнов определено, что при заданной годовой наработке (30 тыс.м<sup>3</sup>) магнитная станция не может эксплуатироваться при данной нагрузке. На это указывают

значения верхней и нижней границы доверительного интервала наработки ( $T_g = 12,09$  тыс. м<sup>3</sup>,  $T_n = 7,01$  тыс. м<sup>3</sup>), что значительно ниже, чем заданный уровень. Этим можно объяснить и значительное количество отказов ( $m = 13$ ) за период.

Таблица 3. Систематизация узлов комбайна СМ-130К по наработкам

Узел	Общее число отказов	Общее время простоев, ч
1. Магнитная станция	13	143
2. Гидроблок	2	74
3. Маслостанция	4	222
4. Перегрузатель	4	443
5. Рабочий орган	1	120

Расчет наработки для других узлов комбайна показал, что заданный уровень (30 тыс. м<sup>3</sup>) соответствует расчетному и входит в доверительные границы.

За счет кливажа наблюдается отжим угля от бортов штрека величиной до 1 м. В верхней и реже в нижней частях штреков встречаются твердые включения крепостью до  $f = 7-8$  по шкале М.М. Протодьяконова, размер которых может достигать 1,3 м.

Погрузка отбитой горной массы может осуществляться небольшими фракциями до 0,3 м.

При проведении проходческих работ вывал негабаритов способствует значимому росту усилий на механизм погрузочного устройства, в том числе, как на сами нагребающие лапы, так и на редуктор, что приводит к преждевременному выходу этих устройств из строя.

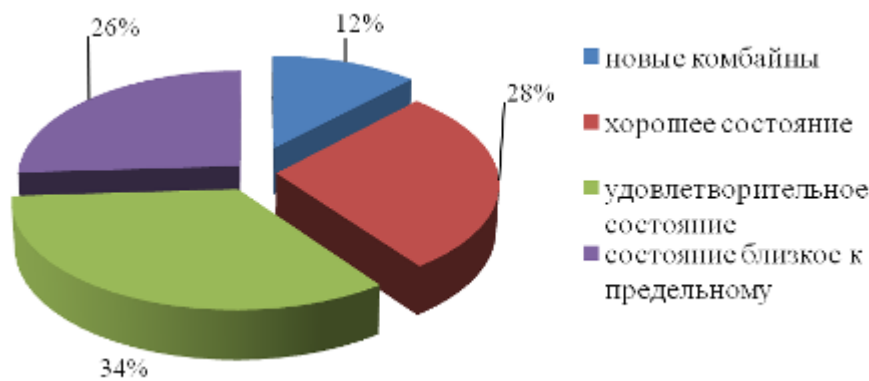


Рис. 11. Состояние парка проходческих комбайнов

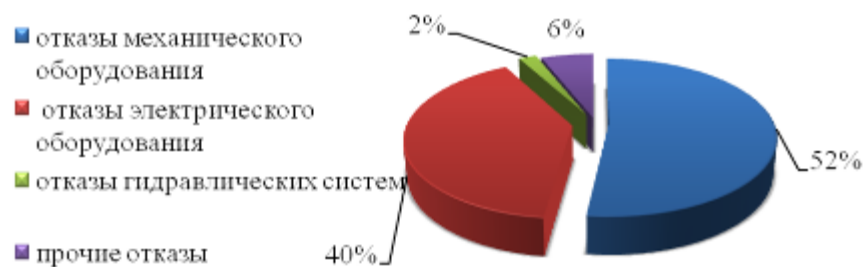


Рис. 12. Классификация отказов проходческих комбайнов

При контакте резцов с твердыми включениями возникает резкое увеличение нагрузок в редукторе исполнительного органа и электродвигателе привода, что приводит к возрастанию токов и выходу из строя магнитной станции. Повышенная динамика приводит к преждевременному выходу вспомогательных устройств элементов системы гидропривода.

Сложные горно-геологические условия, безусловно требуют повышенного внимания за работой узлов комбайна и их контроля.

Важнейшим условием обеспечения высоких темпов проходки является поддержание работоспособного состояния всего парка проходческих комбайнов. Поэтому проблема повышения надежности и долговечности проходческой техники имеет большое значение. При этом значительная роль отводится вопросам повышения надежности, которая обеспечивается в основном рациональной организацией технической эксплуатации. Наиболее эффективно задача создания систем комплексного контроля, позволяющего диагностировать и прогнозировать техническое состояние машин и механизмов, управлять их надежностью и экономичностью, может быть решена путем оценки их технического состояния методами неразрушающего контроля.

По результатам многочисленных исследований годовая производительность проходческих комбайнов к концу срока их эксплуатации снижается в 1,5 – 2 раза по сравнению с первоначальной, уменьшаются и показатели надежности. По

оценкам экспертных обследований 26% проходческих комбайнов, эксплуатирующихся на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс», находится в состоянии близком к предельному (рис 11), причем преобладающая доля аварийных отказов, 52% (рис 12), приходится на механическое оборудование.

Для сокращения времени простоя и повышения эффективности использования проходческого оборудования возможно применять систему обслуживания по фактическому состоянию, которая обладает следующими преимуществами:

- наличие постоянной информации о состоянии агрегатов, охваченных мониторингом, позволяет планировать и выполнять техническое обслуживание и ремонт без остановки производства и практически исключить отказы (внеплановые остановки) оборудования;

- внедрение обслуживания по фактическому состоянию позволяет добиться увеличения эффективности производства от 2 до 10% за счет прогнозирования и планирования объемов технического обслуживания и ремонта проблемного оборудования, снижения расходов на его техническое обслуживание;

- внеплановый объем работ, вызванный чрезвычайными ситуациями, обычно составляет менее 5% от общего объема работ, а время простоя оборудования – не более 3% от времени, затраченного на техническое обслуживание: опыт показывает, что типичные расходы на ремонт при аварийных отказах оборудования в среднем в 10

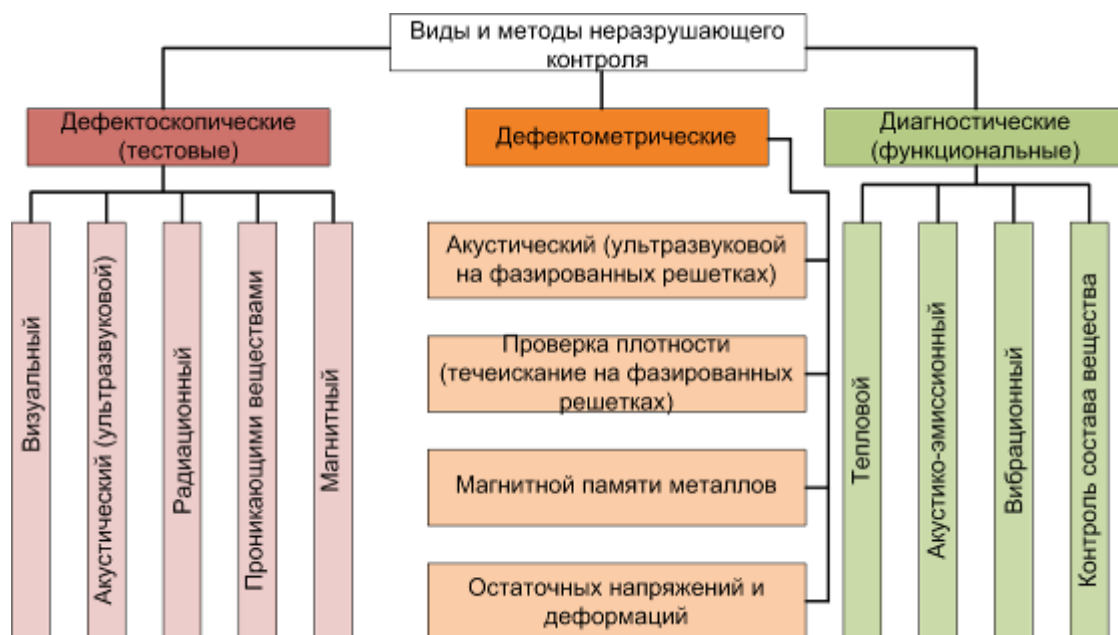


Рис. 13 Методы диагностирования горных машин

раз превышают стоимость ремонта при вовремя обнаруженном отказе.

Применение этой системы невозможно без современных методов диагностирования оборудования. При этом важнейшими задачами повышения надежности технологического оборудования являются:

- исследование механизмов повреждений;
- информация о запасе прочности для прогнозирования остаточного ресурса работоспособности;
- внедрение стратегии профилактического обслуживания оборудования по фактическому техническому состоянию.

Диагностика машинных агрегатов обеспечивает необходимую информационную базу для этих задач, так как позволяет проводить:

- оценку фактического технического состояния машины;
- распознавание признаков развивающихся повреждений;
- идентификацию причин появления дефектов и поврежденных конструктивных элементов машинного агрегата;
- прогнозирование ресурса безопасной эксплуатации.

Все методы неразрушающего контроля делятся на три группы (рис. 13): дефектоскопические (тестовые), дефектометрические и диагностические (функциональные). Для горных машин больше подходят функциональные методы диагностирования. Так для определения фактического технического состояния проходческих комбайнов наиболее применимы методы функциональной диагностики – контроль состава вещества и анализ механических колебаний (вибрационный контроль).

Для анализа взятых в процессе эксплуатации проб масла используется многоканальная фотометрическая система МФС-11. Установка при помощи спектрального анализа механических примесей масла осуществляет определение концентраций металлических частиц в нем – продуктов изнашивания деталей (содержание щелочных металлов, Са и Ва – основы моюще-диспергирующих и других присадок к маслам, а также кремния, как основы абразивных, самых опасных загрязнений масла). Основными металлами, определяющими технического состояния узлов проходческих комбайнов, являются железо, медь, хром, никель и кремний. На основе полученной информации о составе примесей в масле возможно своевременно прогнозировать и предотвращать отказы редукторов и определять их фактическое состояние.

Вибродиагностика относится к функциональным методам, позволяющим выявлять дефекты узлов и агрегатов не выводя проходческий комбайн из эксплуатации. Измерение виброакустических характеристик на подшипниковых опорах механизмов позволяет распознать такие дефекты и повреждения как дисбаланс валов; повреждения подшипников скольжения и качения; повреждения зацеплений в зубчатых передачах; повреждения муфт; повреждения электрических машин.

Для определения уровня вибрации используется анализатор отечественного производства «Агат М» во взрывоискробезопасном исполнении. Дефектом динамического оборудования, в той или иной степени развития встречающимся практически во всех редукторах горно-шахтного оборудования, является нарушение геометрии зубчатого зацепления. В большинстве случаев, когда повреждение уже прогрессирует, устранить повреждение

ем наладочных работ можно лишь причину появления этого дефекта, в то время как сам дефект устраняется только заменой пары зацепления. Поэтому в значительной мере возрастает необходимость определения зарождающихся дефектов зубчатых зацеплений и устранения причин их появления до выхода механизма из работоспособного состояния.

При последовательном использовании современных методов диагностики технического со-

стояния можно избежать серьезного повреждения машины и высоких затрат на ремонт. Кроме того, более убедительным фактом перехода от стратегии обслуживания и ремонта горно-шахтного оборудования по наработке к стратегии обслуживания и ремонта по фактическому техническому состоянию, определяемому методами функциональной диагностики, является то, что влияние поломок машины может быть сокращено, а потери производства могут быть минимизированы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опыт эксплуатации проходческих комбайнов избирательного действия / В.И. Нестеров, А.А. Хорешок, Б.Л. Герике, В.В. Кузнецов, Ю.В. Дрозденко, С.Г. Мухортиков. – Горная техника, - №1 – 2012 – С 20-23.
2. Систематизация узлов проходческого комбайна СМ-130К по наработкам / А. А. Хорешок, В. В. Кузнецов, А. Ю. Борисов, Е. В. Прейс, В. Е. Рябов. - Горное оборудование и электромеханика. - 2009. - № 3. - С. 11-14.
3. Шор, Я.Б. Таблицы для анализа и контроля надежности / Я.Б. Шор, Ф.И. Кузьмин. – М.: Советское радио, 1968. – 288 с.

□ Авторы статьи

Ковалев  
Владимир Анатольевич,  
д.т.н., ректор КузГТУ  
e-mail: [kva@kuzstu.ru](mailto:kva@kuzstu.ru),

Хорешок  
Алексей Алексеевич,  
д.т.н., профессор, зав. каф. горных  
машин и комплексов КузГТУ  
e-mail: [haa.omit@kuzstu.ru](mailto:haa.omit@kuzstu.ru),

Герике  
Борис Пюдвигович,  
- д.т.н., проф.каф. горных машин и  
комплексов КузГТУ  
e-mail: [gbl.gmik@kuzstu.ru](mailto:gbl.gmik@kuzstu.ru)

Кузнецов  
Владимир Всеволодович,  
к.т.н., доцент каф. горных машин и  
комплексов КузГТУ  
e-mail: [kvv.gmik@kuzstu.ru](mailto:kvv.gmik@kuzstu.ru)

Дрозденко  
Юрий Вадимович,  
старший преподаватель каф. горных  
машин и комплексов КузГТУ  
e-mail: [duv.gmik@kuzstu.ru](mailto:duv.gmik@kuzstu.ru),

Мухортиков  
Сергей Григорьевич,  
аспирант КузГТУ  
тел. (3842) 39 69 40

УДК 53.083(430.1)

П. Б. Герике

## ДИАГНОСТИКА ЛЕБЕДКИ ПОДЪЕМА НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА ЭКГ 5А

Перед угольной и горнорудной отраслями промышленности России стоит актуальная задача повышения качества обслуживания техники, что позволит продлить срок безопасной эксплуатации оборудования, улучшить не только экономические показатели, но и сделать работу обслуживающего персонала максимально безопасной.

Наиболее информативным параметром, несущим максимальную информацию о состоянии узла работающей машины или агрегата, являются механические колебания (вибрации) – упругие волны, распространяющиеся в сплошных средах. Информацию об изменении состояния объекта можно получать практически мгновенно. Именно поэтому вибрационный метод диагностики и контроля принят за основу для оценки фактического технического состояния техники. Работы по этому методу должны проводиться с использованием

стандартных средств измерений, отвечающих всем современным требованиям, а также с использованием правил статистической обработки данных.

Механизм подъема является одним из наиболее ответственных и нагруженных узлов карьерного экскаватора. Из всех существующих методов неразрушающего контроля наиболее подходящим для диагностики технического состояния подъемной лебедки является вибродиагностика.

Карьерный экскаватор ЭКГ 5А на сегодняшний день остается одной из самых распространенных машин, применяемых в открытых разрезах на угольных разрезах и рудниках Кузбасса.

Анализ данных, полученных при обследовании выборки из 35 машин типа ЭКГ 5А, позволил выявить, что основными дефектами подъемных лебедок этого класса техники являются: