

**О.Е. Шабаяев /д.т.н./, Н.Г. Афондинов /к.т.н./, А.В. Шендрик**  
 ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ ГИДРОПРИВОДОВ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

*На основе статистических данных о надежности горнопроходческих комбайнов КСП-32, полученных при их эксплуатации в шахтных условиях, разработаны математические модели прогнозирования надежности машин, которые использованы для определения рациональной периодичности технических обслуживаний и ремонтов гидроприводов комбайнов. Предложен рациональный состав работ и их необходимая периодичность по техническому обслуживанию и ремонту гидроприводов проходческих комбайнов, обеспечивающих повышение их эксплуатационной надежности.*

**Ключевые слова:** обслуживание, ремонт, математическая модель прогнозирования надежности, состав работ по обслуживанию комбайнов.

### Постановка проблемы

Проходка горных выработок проходческими комбайнами является более эффективным в сравнении с буровзрывным способом проходки, поскольку скорость проходки значительно выше, а себестоимость проведенных выработок намного ниже. Вместе с тем, эффективность применения проходческих комбайнов во многом определяется их фактической надежностью при эксплуатации в шахтах.

Эксплуатация проходческих комбайнов избирательного действия и исследования их надежности в шахтных условиях показали, что из трех систем комбайнов – механической, электрической и гидравлической, наименее надежной является гидравлическая система комбайна, и значительное количество простоев горной техники происходит по причине отказов элементов гидроприводов.

Решение проблемы повышения надежности проходческих комбайнов обеспечивается за счет повышения эффективности проектирования, применения современных методов и средств технологии при изготовлении, грамотной (в допустимых режимах) эксплуатации, которая обуславливается регламентными документами и инструкциями завода-изготовителя, а также своевременного технического обслуживания и ремонта машин (ТОиР).

### Анализ последних исследований и публикаций

ТОиР предусматривает выполнение комплекса работ, направленных на обеспечение ис-

правного состояния проходческого комбайна, надежной, безопасной и экономичной его эксплуатации, проводимых с определенной периодичностью и последовательностью, при оптимальных трудовых и материальных затратах [1].

Одним из основных понятий теории надежности является понятие отказа [2]. Отказ – это, как известно [1], потеря способности проходческого комбайна выполнить требуемые функции, т.е. разрушать горную породу и грузить разрушенную массу в транспортное средство. В стандарте [3] виды отказов по времени наступления и степени ожидания подразделяются на внезапные отказы и постепенные отказы. Внезапные отказы – это отказы, проявляющиеся в резком (мгновенном) изменении характеристик объектов. Постепенные отказы – это отказы, происходящие в результате медленного, постепенного ухудшения качества объекта.

Для предупреждения возникновения отказов оборудования проводились планомерно-предупредительные ремонты (ППР) [4], которые длительное время были основой для технического обслуживания проходческих комбайнов в целом и их гидравлических систем в частности.

Система ППР применялась при ремонте комбайнов в течение многих лет [4,5] в советское и постсоветское время и состояла из двух подсистем: технических обслуживаний и капитальных ремонтов. Технические обслуживания предполагают набор работ, которые отличаются друг от друга объемом, периодичностью проведения и перечнем обслуживаемых узлов.

Но, вместе с тем, наблюдения, проведенные

во время длительного периода эксплуатации проходческих комбайнов, показывают, что произошедшие отказы являются следствием эксплуатационных факторов, которые, как правило, не были учтены при проектировании машин. В этой связи работы по восстановлению работоспособности комбайнов следует проводить не только со стратегией регламентированных работ, а и в соответствии со стратегией по их текущему состоянию.

В настоящее время существует два варианта ремонтов. Первый вариант предусматривает проведение ППР, регламентируемых [6] с определенной периодичностью, которая не зависит от технического состояния гидравлических систем комбайнов. Второй вариант ремонтов предусматривает вместо ППР использовать систему технического обслуживания по фактическому техническому состоянию [7], которая является более прогрессивной. Основная идея системы технического обслуживания по фактическому состоянию заключается в том, что в процессе эксплуатации осуществляется диагностика элементов гидропривода [8]. На основе полученных данных определяется текущее техническое состояние гидроприводов, а затем на основании данных о техническом состоянии принимается решение [9] о необходимости проведения ТОиР.

**Цель (задачи) исследования**

Целью работы является определение рациональной периодичности ТОиР на стадии эксплуатации проходческих комбайнов, которая определяет, при прочих равных условиях, повышение их надежности.

**Основной материал исследования**

Этап эксплуатации проходческих комбайнов является одним из важнейших этапов их жизненного цикла. В начале своего функционирования они имеют высокую надежность, которая затем постепенно снижается. С течением времени в процессе эксплуатации системы проходческих комбайнов подвергаются воздействию различных факторов: агрессивных сред, запыленности воздуха в проходческих забоях, высоких динамических нагрузок при разрушении горных пород (в том числе и пород с твердыми включениями), низкого качества электрического питания приводных электродвигателей, недостаточного качества обслуживания и ремонта. Все перечисленное влияет на техническое состояние их узлов, и в них происходят необратимые физико-химические процессы, приводящие к отказам.

Для организации ТОиР, определяющих эф-

фективность использования и надежность проходческих комбайнов, необходимо установить взаимосвязь между процессом эксплуатации и процессом изменения их технического состояния. Эту взаимосвязь можно описать математической моделью прогнозирования эксплуатационной надежности.

В соответствии с работами [10,11] математические модели прогнозирования эксплуатационной надежности разрабатываются либо на основе степенных зависимостей, либо на основе статистических показателей надежности. В настоящем исследовании математические модели прогнозирования надежности узлов рассматриваются на основе данных статистических показателей надежности для подсистем проходческих комбайнов, требующих восстановления, то есть без ремонта или замены вышедшего из строя элемента системы (или подсистемы) эксплуатация невозможна.

Одним из основных показателей надежности восстанавливаемых систем является вероятность безотказной работы (ВБР)  $P(t)$ , которая показывает, что вероятность того, что время наработки до отказа превышает величину  $t$ .

$$P(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \tag{1}$$

где  $N=N_k \times N_s$  – число исходных объектов наблюдения;  $N_k$  – число наблюдаемых комбайнов;  $N_s$  – число элементов наблюдения в каждом комбайне;  $n(t)$  – число отказавших объектов за время  $t$ .

Параметры потока отказов (ППО)  $\omega(t)$ , характеризующие интенсивность отказов для восстанавливаемых узлов (подлежащих ремонту или замене при отказах), определяются по зависимости:

$$\omega(t) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta t}, \tag{2}$$

где  $n(\Delta t)$  – число отказавших объектов в интервале времени  $(t-0,5 \cdot \Delta t)/(t+0,5 \Delta t)$ .

Как отмечалось выше, гидравлическая система является наименее надежной из всех систем проходческого комбайна КСП-32, а гидравлические подсистемы перемещения исполнительного органа в плоскости забоя и подсистема погрузки (нагребающих лап) являются наименее надежными из всех подсистем гидравлической системы. На рис. 1 приведена диаграмма, которая построена по результатам наблюдений за работой комбайнов КСП-32 на восьми шахтах ПО «Макеевуголь».

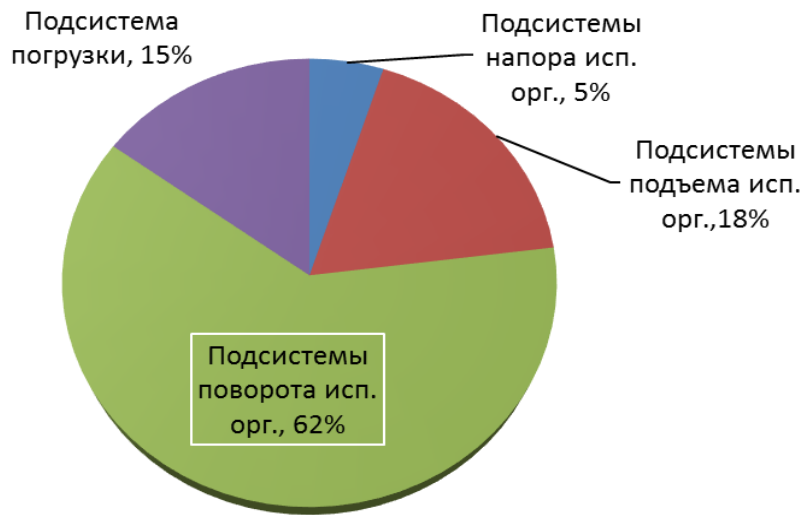


Рис. 1. Диаграмма отказов гидравлических подсистем напора, подъема, поворота исполнительных органов и подсистем погрузки проходческих комбайнов КСП-32

Из данных, приведенных на рис. 1, следует, что наименее надежными являются подсистемы поворота исполнительных органов, отказ которых составляет 62 % всех отказов подсистем, перемещающих исполнительные органы, и отказов подсистем погрузки (нагребающих лап). Анализ расстояний, на которые перемещаются исполнительные органы комбайнов за счет гидроцилиндров в горизонтальной и вертикальной плоскости, а также при надвиге на забой во время разрушения забоя арочной формы, свидетельствует, что наиболее нагруженными являются подсистемы поворота. За один проходческий цикл они при примерно одинаковых моментах сопротивления перемещают исполнительные органы на примерно в 4 раза больша-

ния, чем подсистемы подъема, и примерно в 12 раз на большие расстояния, чем подсистемы напора.

На рис. 2 приведена гистограмма отказов подсистем поворота исполнительных органов.

Из гистограммы, приведенной на рис. 2, следует, что число отказов в первые шесть месяцев имеет высокие значения и составляет в сумме более 28 % всех отказов за все время эксплуатации. Объясняется это тем, что в первые шесть месяцев происходит приработка узлов комбайнов, приводящая к частым отказам. Затем в последующие 18 месяцев (в период нормальной эксплуатации) происходит примерно 47,5 % отказов, но на каждые шесть месяцев приходится в два раза меньше отказов (16 %).

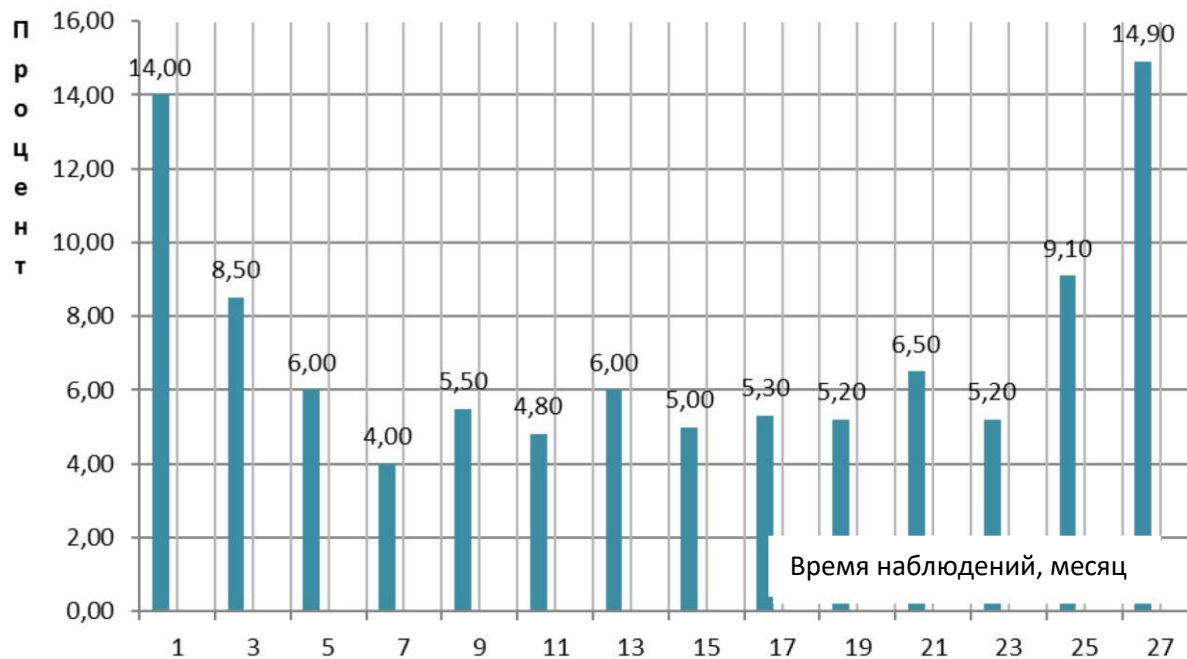


Рис. 2. Гистограмма отказов подсистемы поворота по месяцам наблюдения

В последующие четыре месяца наблюдений за комбайнами происходит еще примерно 23 % отказов, то есть происходит возрастание интенсивности отказов, что объясняется явлениями износа и старения элементов гидравлической системы.

Определение рациональной периодичности ТОиР гидроприводов проходческих комбайнов избирательного действия включает три этапа.

На первом этапе разработана математическая модель прогнозирования эксплуатационной надежности узлов гидравлической системы, основанная на установлении ВБР, ППО и ресурса до капитального ремонта. В статье модель приводится частично (табл. 1 и выражения (3)...(5)).

На рис. 3 приведены статистические графические зависимости ВБР и ППО от времени эксплуатации комбайнов, сглаженные методом скользящей медианы (функция medsmooth редактора MathCAD).

Из графика видно, что время эксплуатации (в течение 28 месяцев) подсистем поворота состоит из трех явно выраженных периодов:  $T_1$  – периода приработки,  $T_2$  – периода нормальной эксплуатации и  $T_3$  – периода интенсивного износа. Период приработки (6 месяцев) характеризуется высокими показателями интенсивности отказов, которые с течением времени снижаются. Отказы в этот период вызваны недостатками производственного характера: погрешностями при механической и термической обработке, недостаточным качеством манжет и резиновых уплотнений, дефектами при сборке и монтаже и др.

Большинство погрешностей и дефектов обнаруживаются и устраняются в процессе заводских и приемочных испытаний, но часть элементов подсистем поворота остаются со скрытыми дефектами, которые проявляются и вызывают отказы в первый период эксплуатации  $T_1$  – период приработки. Эти отказы гидравлической подсистемы поворота исполнительных органов происходят внезапно (случайно) и не имеют какой-либо определенной закономерности. Высокие показатели отказов объясняются также интенсивными режимами работы, которые характеризуются большим числом циклов работы и динамическими режимами нагрузки, формирующимися при разрушении горных пород. Период нормальной эксплуатации  $T_2$  (6...24 месяца) согласно рис. 3 следует за периодом приработки. В этом случае имеет место наиболее низкий уровень ППО, приблизительно постоянной величины  $3,17 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ . Функция ППО носит экспоненциальный характер. После 24 месяцев эксплуатации проходческих комбайнов наступает период износа элементов подсистемы поворота, характеризующийся значительным увеличением ППО. В течение четырех месяцев интенсивность отказов увеличивается более чем в 9 раз и достигает  $28,6 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ . Отказы элементов поворота связаны с необратимыми процессами, связанными со старением резиновых уплотнений, износом металлических и пластмассовых деталей. Функция ППО описывается законом Вейбулла (табл. 1).

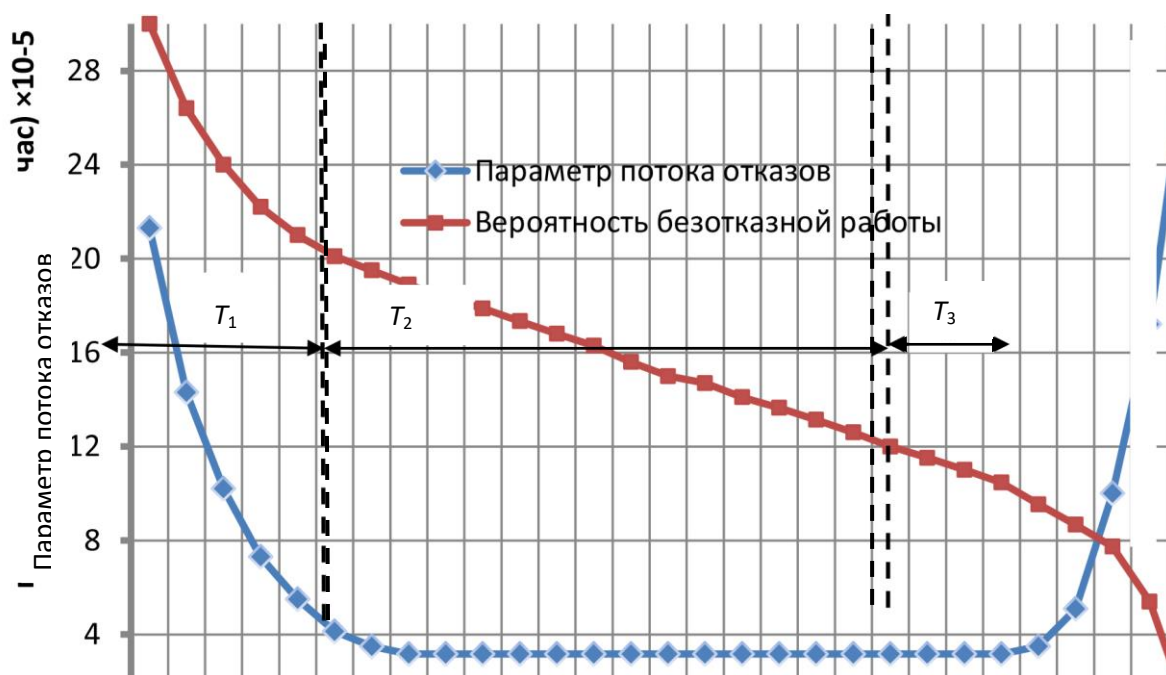


Рис. 3. Зависимость ППО и ВБР подсистем поворота исполнительных органов от времени эксплуатации комбайнов

Функции ВБР и ППО определялись по выражениям, приведенным в работе [12]:  
распределение Вейбулла:

$$P(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad \omega(t)=\frac{b}{a}\left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}, \quad (3)$$

экспоненциальное распределение:

$$P(t)=\exp\left[-\frac{t}{a}\right]; \quad \omega(t)=\frac{1}{a}, \quad (4)$$

где  $a$  – параметр масштаба,  $b$  – параметр формы.

Зависимости ВБР, приведенные в табл. 1, используются для определения долговечности подсистемы поворота.

Долговечность характеризуется средним ресурсом до капитального ремонта  $T_p$  подсистем поворота и определяется по формуле:

$$T_p=\sum_{i=1}^n P(t) \cdot \Delta t, \quad (5)$$

где  $n$  – количество рассматриваемых интервалов времени  $\Delta t$ .

На втором этапе определяется периодичность и объем ТОиР на основе результатов прогнозирования эксплуатационной надежности. Для обеспечения внедрения передовых методов технического обслуживания и ремонта проходческих комбайнов, широкого внедрения специализации ремонтных работ, а также для своевременного обеспечения ремонтных работ материалами, запчастями и комплектующими узлами необходима оценка комплексных показателей надежности проходческих комбайнов. На рис. 4 приведены функции ВБР подсистем поворота при проведении ТОиР. После времени приработки  $T_{np}$  происходит снижение ВБР до очень низкой величины 0,65. Срочно требуются ремонты, восстанавливающие ресурсы подсистем поворота (графики построены из предположения, что ресурсы после ремонта восстановлены

до первоначальных значений). Затем после каждых девяти месяцев нормальной работы  $T_{н1}$  и  $T_{н2}$  также требуются ремонты. Следует отметить, что в период работы  $T_u$  после 24 месяцев эксплуатации комбайнов целесообразно не проводить восстанавливающие ремонты подсистем поворота, а выполнять капитальные ремонты проходческих комбайнов на ремонтных заводах. Это объясняется тем, что в период износа очень резко снижается ВБР и через три месяца работы достигает низкой величины 0,8.

Третий этап включает в себя разработку технических мероприятий по повышению эксплуатационной надежности. На рис. 5 приведена блок-схема предлагаемого рационального состава работ по ТОиР гидроприводов проходческих комбайнов. Следует отметить, что проведение проверок, предусмотренных техническими обслуживаниями и текущими ремонтами, и устранение выявленных неполадок восстанавливает надежность подсистем гидравлических систем комбайнов.

Мероприятия по техническому обслуживанию включают регламентированные обслуживания, которые вытекают из опыта эксплуатации и предусмотрены в конструкторских, эксплуатационных или нормативных документах, а также включают обслуживания по техническому состоянию. Необходимо также производить предэксплуатационное техническое обслуживание при монтаже в монтажной камере, демонтаже в демонтажной камере и монтаже в новой монтажной камере на новом проходческом участке.

Регламентированные технические обслуживания следует производить ежемесячно, ежесуточно, еженедельно и ежемесячно. Технические осмотры оборудования, которые выполняют для контроля его технического состояния и своевременного выявления дефектов, производятся с применением внешних средств контроля или диагностирования. Для контроля используются как встроенные в конструкции комбайнов средства измерений, так и переносные устройства, используемые для измерения герметичности, вибрации и других показателей.

Табл. 1. ВБР и ППО подсистем поворота исполнительных органов

Период эксплуатации, месяцы	Закон математической модели	Зависимость ВБР	Зависимость ППО
1...6	Вейбулла	$P_1(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{1327}\right)^{0,95}\right]$	$\omega(t)=\frac{0,95}{1327}\left(\frac{t}{1327}\right)^{0,95}$
6...24	Экспоненциальный	$P_2(t)=\exp\left[-\frac{t}{350}\right]$	$\omega(t)=\frac{1}{350}$
24...28	Вейбулла	$P_3(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{215}\right)^{1,25}\right]$	$\omega(t)=\frac{1,25}{215}\left(\frac{t}{215}\right)^{0,25}$

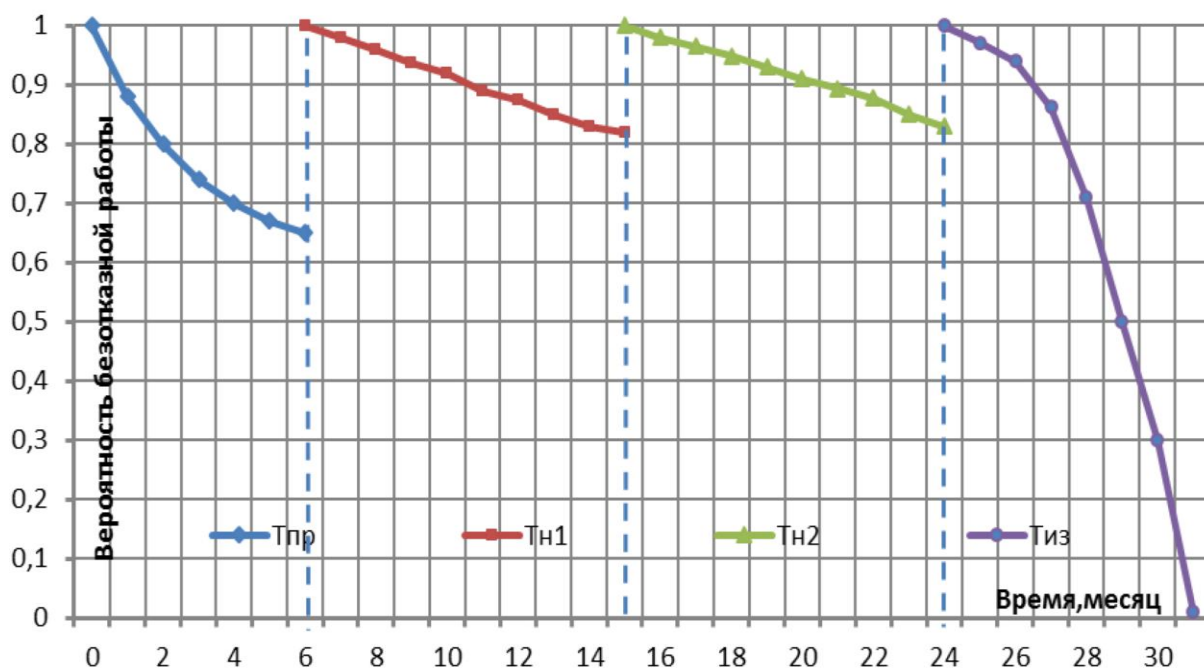


Рис. 4. Функция ВБР подсистем поворота исполнительных органов при проведении ТОиР

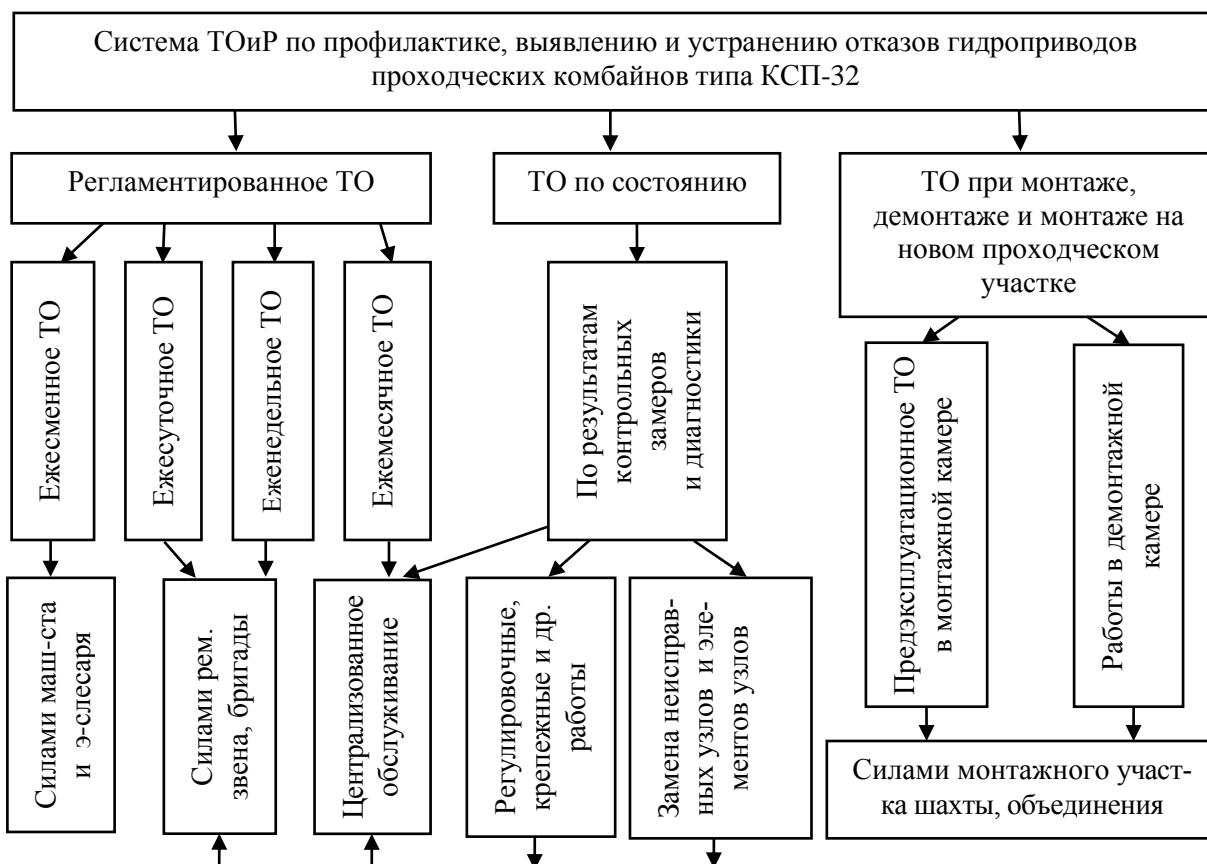


Рис. 5. Рациональный состав работ по техническому обслуживанию и ремонту гидроприводов проходческих комбайнов

Кроме этого, используются визуальные и измерительные контроли отдельных сборочных единиц оборудования с частичной, при необходимости, его разборкой, очистка смазочных

жидкостей с помощью внешних очистительных устройств или замена смазочного материала.

Контроль исправности измерительных систем и средств измерений, наблюдения за креп-

лениями металлических и гибких частей трубопроводов, подводящих рабочую жидкость ко всем потребителям гидравлической энергии, а также проверки на исправность подсистем гидравлической системы комбайна выполняются с остановкой работы или на работающей машине.

Кроме этого, на стадии эксплуатации комбайнов необходим контроль соблюдения режимов работы, условий и правил эксплуатации гидравлических систем, сбор и анализ информации о надежности комбайнов для выявления причин отказов, повреждений и разработки предложений по устранению этих причин. Очень важным для повышения надежности работы гидравлических приводов является необходимость обучения машинистов комбайна и слесарей-ремонтников инженерно-техническим составом шахт, особенностям конструкции машин, передовым методам их эксплуатации, ремонта и обслуживания.

*Ежесменная ТО.* Производится в каждой смене перед началом работы. Машинист комбайна и электрослесарь должны произвести визуально внешний осмотр всех составных частей комбайна с целью проверки их общего состояния и устранения замеченных недостатков. Также машинист обязан вести контроль работы систем и подсистем комбайна для сбора сведений об их техническом состоянии с целью планирования работ по техобслуживанию в ремонтной смене. При контрольных технических осмотрах оборудования имеется возможность устанавливать фактическое состояние деталей, сопряжений и сборочных единиц, их соответствие планируемому виду технического обслуживания и вносить возможные изменения в планы текущих ремонтов. По этой причине контрольные осмотры особенно эффективны для осуществления своевременной замены быстроизнашивающихся деталей и оценки состояния наиболее ответственных функциональных систем.

Для выполнения мелких ремонтных работ, с целью уплотнения времени на техобслуживание, необходимо использовать промежутки технологического цикла, когда можно произвести безопасное устранение неисправностей и осуществлять контроль состояния исполнительных механизмов без остановки работы комбайна.

*Ежесуточное ТО.* Работы производятся в каждую ремонтную смену – это, как правило, первая смена из четырех суточных рабочих смен. К этим работам относится проверка и пополнение (в случае необходимости) уровней масла в редукторах, уровня рабочей жидкости в гидравлическом баке, герметичности гидросистемы, редукторов и системы орошения, состоя-

ния отверстий сапунов гидробака и редукторов, состояния и натяжения траковых цепей гусеничного хода. Проверяется и при необходимости производится настройка давления срабатывания предохранительных клапанов гидросистем. Настройка клапанов выполняется по манометру в интервалах между включениями соответствующих гидроприводов комбайнов.

*Еженедельное и ежемесячное ТО.* В процессе функционирования комбайнов в конкретных условиях эксплуатации постепенно появляется информация о времени наработки, интенсивности отказов, результатах измерения контролируемых параметров, техническом обслуживании, текущих и других ремонтах. Поэтому после накопления информации можно усовершенствовать модели эксплуатационной надежности и остаточного ресурса гидравлической системы комбайнов. На каждом горнопроходческом участке устанавливается состав работ по техническому обслуживанию и периодичность (график) их выполнения для каждой системы или подсистемы проходческого комбайна с учетом требований завода-изготовителя, условий и опыта эксплуатации. Вводится система контроля над своевременным проведением и выполненным объемом работ при техническом обслуживании, оформляются журналы технического обслуживания по отдельным системам и подсистемам комбайна, в которые должны вноситься сведения о выполненных работах, сроках выполнения и исполнителях. Указанные документы должны быть проанализированы и проработаны с персоналом и находиться на рабочих местах.

Ремонты оборудования комбайнов должны быть основаны на изучении и анализе ресурса работы деталей и узлов с установлением технически и экономически обоснованных планов.

Нерегламентированные ремонты – это предаварийные ремонты и аварийные ремонты, выполняемые для восстановления работоспособности объекта при внезапных поломках оборудования, вызванных нарушением условий эксплуатации, перегрузками или другими причинами.

Специфика ремонта проходческих комбайнов определяется их технической сложностью и большим разнообразием узлов (механических, гидравлических, электрических, измерительной аппаратуры и др.), входящих в системы и подсистемы машин. Для обеспечения технического обслуживания оборудования и выполнения ремонтных работ по устранению дефектов и неисправностей оборудования, возникших в процессе эксплуатации, необходимы ремонтные бригады, которые выполняют текущие и средние ремонты. Эти ремонты, как правило, производятся в

подземных условиях на месте эксплуатации или в монтажных и демонтажных камерах, и выполняются силами ремонтного звена проходческой бригады, а более сложные ремонты производятся ремонтными участками электромеханических служб шахт. При этом некоторые узлы, которые невозможно отремонтировать на предприятии, передаются для ремонта на специализированные ремонтные предприятия.

После использования всего ресурса комбайна необходимо проводить капитальный ремонт в заводских условиях, который выполняется для восстановления полного (или близкого к полному) ресурса. При этом заменяются или восстанавливаются практически все его части, включая базовые детали и баки для гидравлической жидкости.

Кроме капитального ремонта проходческих комбайнов в заводских условиях осуществляются ремонты по восстановлению изношенных деталей с одновременным повышением прочности, износостойкости, коррозионной стойкости и др. на основе применения новых технологических процессов (наплавка, электромеханическая обработка поверхностей, газотермическое напыление и др.).

Шахты и производственные объединения должны иметь запасной фонд агрегатов, узлов и деталей проходческих комбайнов, необходимых для проведения ремонтов. Источниками создания обменного фонда изделий и их составных частей являются: комплекты, поставляемые вместе с оборудованием; запасные части, поставляемые заводом-изготовителем по специальным заказам; узлы и детали, восстановленные в условиях шахтных мастерских и (или) в условиях специализированных ремонтных предприятий.

Основой для разработки плана ремонта проходческого комбайна или его основных узлов является прогнозируемая средняя наработка в часах, которую можно рассматривать и как количество пройденных метров горной выработки или как объем разрушенной горной массы в период от начала до конца ремонтного цикла.

Надежность отдельных систем и подсистем комбайнов в значительной степени определяется особенностями условий эксплуатации. Выше отмечалось, что элементы и детали гидравлической системы проходческого комбайна: клапаны, поршни и плунжеры, штоки, уплотнительные манжеты и уплотнительные кольца – имеют низкий ресурс. В связи с этим ППО их резко возрастают, что приводит к необходимости выполнения значительного объема неплановых технических ремонтов (ТР).

Для предотвращения отказов, а следовательно

но, и уменьшения объема неплановых ремонтов для замен узлов и деталей необходимо выполнение в пределах системы ТО контрольных осмотров с выявлением по внешним признакам повреждений и отказов деталей (сборочных единиц). Это позволяет поддерживать определенный уровень надежности оборудования путем своевременного предупреждения и устранения отказов.

Исходя из вышесказанного, работы, проводимые по результатам контрольных технических осмотров, могут быть подразделены на две группы. В рамках проведения ТО: регулировочные работы (например, регулировка предохранительных клапанов) или устранение возникших повреждений (затяжка соединений и др.). В рамках проведения ТР предусмотрены замены вследствие отказа отдельных деталей (например, уплотнительных манжет) или сборочных единиц (например, в гидроагрегате).

Известно, что затраты на предэксплуатационное обслуживание зависят от периодичности демонтажных работ на пройденном проходческом участке и монтажных работ на новом участке. При небольшом периоде между монтажами вероятность нахождения проходческих комбайнов на момент осмотра в работоспособном состоянии будет высокой и излишнее предэксплуатационное ТОиР только увеличит затраты, обусловленные простоями проходческого участка. Поэтому при прохождении небольших по протяженности выработок между монтажами ТОиР целесообразно проводить с определенной периодичностью, а не при каждом демонтаже-монтаже.

### Выводы

Разработана математическая модель прогнозирования эксплуатационной надежности узлов гидравлической системы, основанная на установлении вероятности безотказной работы, параметров потока отказов и ресурсов до капитальных ремонтов.

Определено, что зависимости параметров потока отказов подсистем поворота исполнительных органов комбайнов состоят из трех явно выраженных периодов: периода приработки  $T_1=6$  месяцев, периода нормальной эксплуатации  $T_2=18$  месяцев и периода интенсивного износа  $T_3=6$  месяцев.

Установлено, что математическая модель вероятности безотказной работы гидравлической подсистемы поворота исполнительных органов на участке приработки описывается законом распределения Вейбулла, на участке нормальной эксплуатации – экспоненциальным законом рас-



пределения, на участке износа – законом Вейбулла.

Для обеспечения внедрения передовых методов технического обслуживания и ремонта проходческих комбайнов на основе результатов прогнозирования эксплуатационной надежности определена рациональная периодичность и объем ТОиР.

Предложены технические мероприятия по повышению эксплуатационной надежности гидроприводов проходческих комбайнов, которые включают рациональный состав и периодичность работ по техническому обслуживанию и ремонту.

#### Список литературы

1. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта. Термины и определения. Межгосударственный стандарт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru>
2. Половко, А.М. Основы теории надёжности. Практикум: Учебник для вузов / А.М. Половко, С.В. Гуров. – М.: ВНУ, 2006. – 506 с.
3. ГОСТ Р 53480-2009 Надежность в технике. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.norn-load.ru](http://www.norn-load.ru)
4. Положение о планово-предупредительной системе технического обслуживания и ремонта оборудования угольных и сланцевых шахт Министерства угольной промышленности СССР. – М.: Минуглепром, 1981. – 31 с.
5. Положение о ППР оборудования и транспортных средств на предприятиях Министерства цветной металлургии. – М.: Недра, 1984. – 176 с.
6. Руководство по эксплуатации комбайна КСП-32. – Ясиноватский машиностроительный завод, 2017. – 198 с.
7. Хорешок, А.А. Характеристика методов технического обслуживания горно-транспортного оборудования / А.А. Хорешок, А.В. Кудреватых, В.В. Кузнецов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – №5. – С. 48-61.
8. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник. – М.: ЭНАС, 2012. – 360 с.
9. Potts, A. Dust storm // World Mining Equip. – 1998. – №7. – P. 42-44.
10. Carlson, G. Maintenance is key factor in Runkler success story // Concrete products. – 1986. – No.4. Vol.89. – P.20-23.
11. Пасюк, М.А. Математическая модель надежности узлов оборудования для определения оптимального межремонтного интервала // Известия вузов СНГ. – 2009. – №1. – С. 60-65.
12. Ефремов, Л.В. Практика вероятностного анализа надежности техники с применением компьютерных технологий. – Санкт-Петербург: Наука, 2008. – 221 с.

**О.Е. Shabaev /Dr. Sci. (Eng.)/, N.G. Afendikov /Cand. Sci. (Eng.)/, A.V. Shendrik**  
*Donetsk National Technical University (Donetsk)*

### THE DETERMINATION OF RATIONAL SERVICE AND REPAIR FREQUENCY OF HYDRAULIC DRIVES OF SELECTIVE ACTION ROADHEADERS

**Background.** The solution to the problem of improving the reliability of roadheaders is provided by timely and high-quality maintenance and repair. The relevance of maintenance and repair is that the material costs of repairs of the hydraulic system due to failures are very significant.

**Materials and/or methods.** Based on statistical data obtained during the operation of roadheaders, a mathematical model developed of forecasting reliability, based on the establishment of failure-free operation probability (FFOP), flow failures parameters (FFP) and resources to major repairs. The distributions of FP and FFP are described by the logarithmic law and the Weibull law.

**Results.** The rational periodicity and volume of maintenance and repair based on the results of operational reliability forecasting are determined. It was found that after the time of running-in  $T_{ri}$ , the decrease in the FFOP to a meagre value of 0.65 occurs. Repairs are urgently needed. Then, after every nine months of normal operation,  $T_{n1}$  and  $T_{n2}$ , repairs also required. In the period of wear  $T_w$ , after 24 months of operation of headers, it is expedient to carry out capital repairs at repair plants since during the period of wear, the probability of failure-free operation decreases very sharply and after three months of work after the restoring repair reaches a low value of 0.8. The proposed maintenance activities include not only regular service (every shift, daily, weekly and monthly) but service on a technical condition.

**Conclusion.** The results of studies to improve the reliability of the elements of hydraulic systems due

*to high-quality and timely maintenance and repair allowed developing measures to improve the control, maintenance, repair and of documentation on the accounting work before failures, the recovery time after failures, as well as the cost of labor and material resources for repairs of hydraulic drives.*

**Keywords:** *service, repair, mathematical reliability prediction model, roadheaders maintenance.*

**Сведения об авторах**

**О.Е. Шабает**

SPIN-код: 1447-2343  
ORCID iD: 0000-0002-0845-7449  
Телефон: +380 (95) 429-13-32,  
+380 (71) 346-16-70  
Эл. почта: oeshabaev@yandex

**А.В. Шендрик**

Телефон: +380 (50) 472-60-05,  
+380 (71) 311-09-88  
Эл. почта: gormash@i.ua

**Н.Г. Афеидиков**

ORCID iD: 0000-0001-8876-7254  
Телефон: +380 (50) 628-23-60,  
+380 (71) 376-13-46  
Эл. почта: an77tn@gmail.com

*Статья поступила 28.05.2019 г.*

*© О.Е. Шабает, Н.Г. Афеидиков, А.В. Шендрик, 2019  
Рецензент д.т.н., проф. А.П. Кононенко*

