

УДК 622. 232-192

## АНАЛИЗ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*д-р техн. наук В.Я. ЩЕРБА, В.С. СТАРОВОЙТОВ, Ю.В. СТАРОВОЙТОВ, И.М. ЗАЯЦ  
(Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством)*

*Проведен анализ и рассмотрены пути повышения надежности отечественного и зарубежного горно-шахтного оборудования.*

Проблема создания основ надежности функционирования шахты как сложной системы «оператор - машина - рабочее место - среда (ОМРС)» имеет большое важное значение для повышения эффективности ее работы с точки зрения вопросов надежности, безопасности, экономической эффективности. В свою очередь, при решении этой проблемы с точки зрения повышения надежности необходимо рассматривать сначала надежность отдельных элементов системы ОМРС, а затем - надежность систем в целом. Последняя определяется наличием и влиянием межэлементных, внутриэлементных и межсистемных связей. Учет этих связей позволяет получить объективную картину формирования надежности системы шахты, оценить их вклад и влияние на нее, а также разработать дополнительные пути повышения надежности подсистем и системы в целом. Связи в системе могут быть оценены количественно (коэффициент готовности, наработка на отказ, вероятность безотказной работы, коэффициент машинного времени) и качественно. Влияние человека на надежность системы оценивается экспертно.

Надежность можно определить как вероятность того, что какая-либо машина или ее отдельный узел будет выполнять свои функции при определенных условиях в течение определенного времени. Следует также иметь в виду, что надежность любой системы несколько ниже надежности наихудшего (лимитирующего) ее компонента, поэтому необходимо заранее рассчитать надежность каждого элемента в течение всего срока службы.

Вопросам повышения надежности и долговечности горного оборудования, и в частности очистного, зарубежные фирмы придают первостепенное значение, так как высокая надежность оборудования повышает его конкурентоспособность. Так, например, в угольной промышленности Великобритании в последние годы повышают надежность и производительность оборудования, эффективность способов отработки лав в целях снижения себестоимости угля и дальнейшей концентрации добычи. Благодаря этому среднесуточная нагрузка на лаву возросла до 1205 т, подвигание забоя - до 2,79 м. Современные комбайны должны обеспечивать не только разрушение и погрузку угля на конвейер, но также оптимальную кусковатость транспортируемой массы при минимальной увлажненности. Английские фирмы выпускают различные комбайны мощностью от 200 кВт при максимальной скорости подачи 8 м/мин до 300 кВт при максимальной скорости 11,3 м/мин. Коэффициент использования комбайна в среднем составляет 0,32. Например, фирмой «Андерсон Стрейклайд» разработан комбайн «Электра-1000» с полной мощностью 746 кВт, расходуемой на разрушение угля (напряжение 2,3 кВт), и скоростью подачи до 16 м/мин.

Особое значение за рубежом уделяется повышению надежности комбайнов за счет применения новой прогрессивной технологии изготовления качественных сталей, точных методов обработки элементов и узлов. Все основные узлы выполняются как самостоятельные модули, замена которых в лаве может производиться со стороны выработанного пространства. Электрический привод и модульное исполнение в сочетании с бесценными системами подачи обеспечивают высокую надежность и ремонтпригодность таких комбайнов, что обусловило повышение спроса на них (48 % лав в США оснащены такими комбайнами).

В США предъявляют следующие основные требования к забойному оборудованию: прочность и энерговооруженность (резервная мощность и прочность позволяют увеличить надежность и долговечность); минимум обслуживания и ремонта (уже сейчас выпускаются щитовые крепи, которые почти не требуют ухода и могут быть переоборудованы из одной отработанной лавы в новую без проведения ее капитального ремонта). Так, корпус режущей части и поворотный редуктор комбайна «Эйс» (США) представляют собой одну термообработанную отливку, выполненную из высоколегированной стали. Форсунки изготавливают из нержавеющей стали, корпусные детали комбайна - из стали прочностью 703 МПа.

Во Франции также прослеживается тенденция повышения надежности комбайнов: продолжают работы по совершенствованию бесцепных систем подачи (БСП) типа «Дилатрек» и оптимизации конструкций шнеков, резцов и оросительных систем, ведутся исследования в области диагностики с целью обеспечения поиска отказов и облегчения ухода за оборудованием. В целях повышения надежности применяют почвенные резцы с наплавкой карбида вольфрама на задней стороне резца за твердосплавной пластиной (для сохранения постоянного угла резания).

Повышение технического уровня комбайнов и комбайновых комплексов за рубежом достигнуто, в частности, за счет установки двух шнеков с повторными редукторами; повышения энерговооруженности комбайнов; применения в лавах одновременно двух комбайнов (на шахтах ФРГ доля лав, оснащенных двумя комбайнами, составляет 17 %, в США - 85 %); повышения надежности комбайнов; ликвидации комбайновых ниш за счет самозарубки комбайнов на концевых участках лавы.

Комбайны, выпускаемые в СНГ, по своему техническому уровню уступают лучшим зарубежным образцам. Так, максимальная расчетная производительность современных зарубежных очистных комбайнов для выемки пологих пластов средней мощности составляет 15...25 т/мин «Джой» (США); ЭДВ-380/760 ЛН (ФРГ); «Электра-1000» (Великобритания), а производительность комбайнов, выпускаемых в СНГ, всего 5... 12 т/мин. Рабочая скорость подачи зарубежных комбайнов за последние годы возросла до 15 м/мин, в то время как скорость подачи комбайнов, выпускаемых в СНГ, составляет только 4... 10 м/мин. С целью повышения производительности захват современных зарубежных комбайнов увеличен до 0,85... 1,2 м.

Энерговооруженность зарубежных комбайнов составляет 300... 1000 кВт. Установленная мощность электродвигателей комбайнов для выемки тонких пластов (0,8... 1,5 м) равна 250...350 кВт, пологих пластов средней мощности (1,4...3) - 350...500 кВт, пологих пластов (1,5...4,5 м) - 500...1000 кВт (АМ500, Великобритания; «Электра-1000»; ЭДВ-380/760 ЛН).

Энерговооруженность очистных комбайнов, производимых в СНГ, значительно ниже. Так, установленная мощность электродвигателей очистных комбайнов для выемки тонких пластов (1К101У, МК67М, К103) составляет 125... 150 кВт, пластов средней мощности (1ГШ68, КШ1КГ, КШЗМ) 100...200 кВт, мощных пологих пластов (2КШЗ, 1КШЭ)-200...600 кВт.

По сравнению с зарубежными комбайнами технический ресурс до первого капитального ремонта комбайнов производства России и Украины примерно в 2...3 раза ниже и используется не полностью.

Металлоемкость шахтного оборудования, производимого в СНГ, значительно выше, чем зарубежного (в частности, механизированных крепей - на 10...25 %). Кроме того, по долговечности оно уступает зарубежному в 1,7...3 раза, а по износостойкости инструмента - в 1...5 раз. Мощность привода шахтного оборудования в 1,5...2,7 раза ниже, чем зарубежного.

Срок службы механизированных крепей на шахтах США и ФРГ составляет 7.9 лет, на шахтах России и Украины - 3,5...4 года. Свыше 90 % длинных забоев в шахтах ФРГ и более 97 % в шахтах США оснащены крепями нового поколения - щитовыми (на шахтах СНГ их доля всего лишь 30 %). В ФРГ в 1988 г. 175 лав из 178 были оборудованы щитовыми крепями, а добыча из этих лав составила 93 % общей подземной добычи угля. В Великобритании число забоев, оснащенных щитовыми крепями, увеличилось до 88, и из них было выдано в 1985 - 1986 гг. 25 % угля, добытого подземным способом. В США в 1988 г. из 95 действующих лав 93 были оборудованы щитовыми крепями.

Для изготовления элементов щитовой крепи фирма «Хемшайдт» (ФРГ) применяет высококачественные легированные стали с пределом прочности до 345 МПа для шпилек.

Повышение надежности и долговечности забойного оборудования требует больших капитальных вложений на обновление парка станочного оборудования заводов-изготовителей, внедрение новых технологий.

В Великобритании стоимость высоконадежного оборудования для одной лавы при выемке угля из мощных пластов (до 3,5...4 м) составила примерно 5 млн. фунтов стерлингов при массе установленного оборудования 5000 т. Средняя стоимость очистного комплекса возросла с 0,5 млн. в 1979 - 1980 гг. до 1,5 млн. фунтов стерлингов в 1988 - 1989 гг. (с учетом инфляции). Это было вызвано, с одной стороны, увеличением средней длины лавы от 174 до 204 м, с другой - использованием более надежного и дорогого оборудования.

В целом ресурс современных скребковых конвейеров в США достигает 4 млн. т при коэффициенте готовности 0,98. Надежность и долговечность мощных лавных конвейеров являются наиболее весомым достижением в разработке очистного оборудования США.

Ресурс современного конвейера тяжелого типа производства Великобритании соответствуют планируемому периоду отработки выемочного столба (в среднем 18 месяцев), но может достигать 5 лет. Новейшие модели конвейеров имеют литые решетки со средним листом увеличенной толщины и цепью калибра 26 мм, усиленные рамы и редукторы головных приводов. Для обеспечения надежной и безотказной работы конвейеров тяжелого типа ежедневно осуществляют контроль и регулировку натяжения цепи, которая еще остается слабым звеном конвейера. Периодически короткие отрезки цепи направляют в центр контроля и испытаний для определения остаточного ресурса тягового органа. В ходе контроля состояния масла (наличие металлических частиц) определяют техническое состояние редукторов привода конвейера и необходимость проведения планово-предупредительного ремонта.

Тенденция к увеличению длины лав в шахтах Великобритании обусловила необходимость повышения прочности элементов забойных конвейеров. С 1974 г. мощность двигателей конвейеров возросла с 90 до 150 кВт, а в некоторых случаях превысила 180 кВт. Соответственно изменились параметры редукторов и гидромфг. Конструкции приводных головок были улучшены за счет увеличения толщины боковых фланцев (с 25 до 75 мм), усовершенствования приводных звездочек, подшипников, верхних плит, боковых роликов и т.д. Все последние конструкции конвейеров имеют повышенную ремонтпригодность за счет исполнения звездочки в виде интегрального угла и увеличенный срок службы узлов (примерно 9 месяцев) за счет установки более совершенных подшипников и замены валов на укороченные.

В ФРГ ресурс цепей скребковых (угловых) конвейеров с угловыми станциями, имеющими отклоняющий шкив, колеблется от 200 тыс. т до 1 млн. т рядового угля.

Современная концепция повышения надежности конвейеров предполагает не увеличение их габаритов и массы, а изготовление элементов конвейеров из материалов более высокого качества.

Конвейеры СПЦ162, СПЦ261 и СПЦ271 предназначены для замены серийно выпускаемых в настоящее время в СНГ скребковых конвейеров. Они имеют тяговые органы с центрально расположенными цепями увеличенного калибра, что позволяет устранить наиболее слабый элемент серийных передвижных конвейеров - соединительное звено цепи - и значительно повысить показатели долговечности и безотказности. Так, полный средний ресурс рештачного става конвейера СПЦ162 составляет 450 тыс. т, СРЦ70 - 500 тыс. т, СП200В1Н - 750 тыс. т, СПЦ261 (СПЦ271) - 1200 тыс. т.

Техническая политика Великобритании в области повышения надежности механизированных крепей предусматривает внедрение специально настраиваемых клапанов; совершенствование схем гидравлических систем и расположения шлангов; оснащение крепей и насосов манометрами и приборами для проверки проходных отверстий; удлинение консолей перекрытия, чтобы свести к минимуму неподдерживаемые участки кровли между концами консолей и плоскостью забоя; внедрение редукционных клапанов там, где они необходимы; повышение коррозионной устойчивости клапанных коробок, шлангов, соединений для шлангов; оснащение крепей лемнискатными связями. В настоящее время лемнискатными связями оборудуются все крепи, используемые на шахтах в диапазоне пластов от тонкой до средней мощности, где особенно велика опасность повреждения крепей, обусловленная их перекосом. Эта форма связи применяется в некоторых крепях повышенной надежности, работающих на мощных пластах. Нормативные сроки службы этих крепей удалось увеличить с 2 до 5 лет.

Для сокращения эксплуатационных расходов предусмотрено повторное использование отремонтированных элементов крепи в комплексах, переводимых из одной лавы в другую. Очевидно, что при улучшении режима работы крепей и повышении их надежности можно рассчитывать и на более длительные сроки их службы в шахтах.

Анализ расходов на ремонт крепей непосредственно в шахте показал, что больше половины этих расходов связаны с заменой шлангов и арматуры для соединения шлангов, поэтому принимаются меры по совершенствованию конструкций шлангов и устранению переходников.

В Великобритании рукава высокого давления для крепей рассчитаны на давление 60...80 МПа. Перекрытия и основания механизированных крепей изготавливают из высокопрочного проката с пределом прочности 900 МПа.

В России и Украине значительное внимание уделяется повышению надежности оборудования механизированных комплексов. Так, в комплексе КМ103М с этой целью модернизированы узлы крепи: в перекрытие введены штампованные опорные сферические пяты под стойки; увеличена опорная поверхность зубьев в местах сочленения; повышено качество рессорной полосы. Проводятся мероприятия по повышению надежности крепей нового технического уровня (М137, М138, М142).

Основное внимание в России и за рубежом уделяется повышению надежности, ремонтпригодности, общей энерговооруженности, скорости и усилия подачи комбайнов, а также повышению эффективности работы за счет оснащения комбайнов электронными средствами диагностики (мониторинга) состояния электро-, гидросистем и элементов трансмиссий.

На основе анализа надежности очистного оборудования, применяемого на шахтах России и Украины, а также за рубежом, можно сделать некоторые выводы.

Коренные изменения должны начинаться с проектирования машин, так как именно на этой стадии закладывается ее надежность.

При разработке и внедрении методов расчета параметров деталей и узлов машин в соответствии с требованиями к их надежности в процессе эксплуатации необходимо исходить из следующих условий:

- стабилизация показателей рассеяния ресурса машины;
- сбалансированность энергосиловых и прочностных характеристик машины;

- выбор и увязка параметров машин, входящих в комплекс;
- прогноз действительных показателей при эксплуатации.

Соблюдая эти условия, можно повысить одновременно надежность горных машин и уровень их использования в 1,3... 1,5 раза по сравнению с уже достигнутым.

Работы по повышению надежности, экономичности и долговечности должны вестись одновременно для всех типов горных машин (выемочных, проходческих, транспортных, механизированных крепей и др.). Только в результате такого подхода можно обеспечить рост полезного ископаемого, так как существует жесткая взаимосвязь данных машин с разным функциональным назначением, определяющая в зависимости от их совместной работы конечный результат. В свою очередь выбор и разработка входящих в комплекс машин с параметрами, обеспечивающими эффективную работу этих машин при любых горно-геологических условиях эксплуатации, гарантируют высокую надежность всего комплекса.

Выпуск оборудования высокого качества возможен только в том случае, если ее качество контролируется на всех этапах создания. Для этого необходимо обеспечить требуемый уровень качества технологических процессов производства путем их аттестации на заводах. Одновременно с этим должна быть повышена ответственность эксплуатационников и ремонтников за счет их экономической заинтересованности в процессах эксплуатации и ремонта. Кроме того, необходимо внедрять агрегатный метод ремонта, оптимизировать распределение запасных частей по уровням участков - шахта - объединение, установить оптимальный объем планового технического обслуживания и ремонта на основе систем контроля индивидуального ресурса горных машин в конкретных условиях эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Красников Ю.Д., Солод С.В., Хазанов Х.И. Повышение надежности горных выемочных машин. М.: Недра, 1989.-215 с.
2. Красников Ю.Д., Солод С.В., Топорков С.В. Повышение надежности функционирования забоев угольных шахт. - М.: Недра, 1993. - 176 с.