

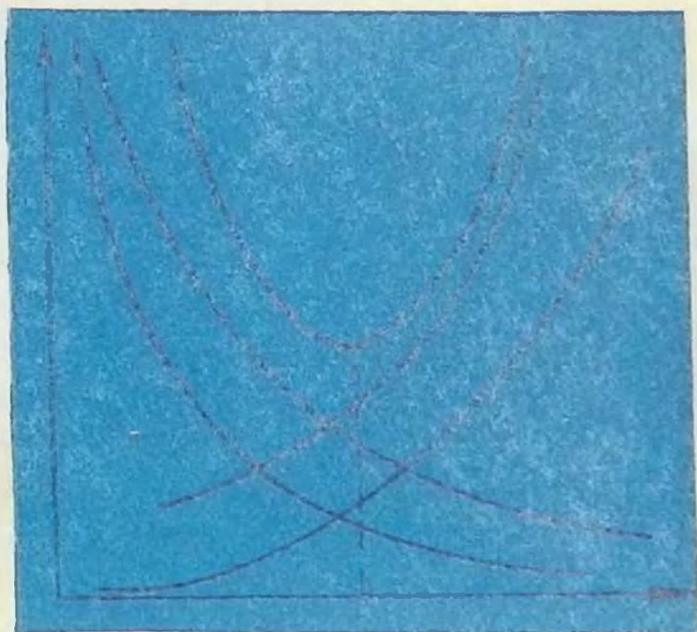
ЭЭЭ 232

1162

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЯ
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. А. ГОЛУБЕВ, А. Е. ТРОП

**НАДЕЖНОСТЬ
ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**



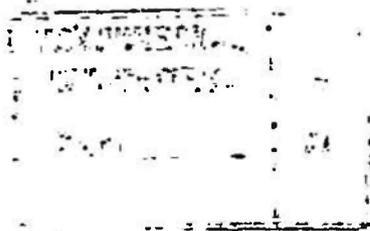
2084

622.232
1162

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЯ
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. А. ГОЛУБЕВ, А. Е. ТРОП

НАДЕЖНОСТЬ
ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ



МОСКВА «НЕДРА»

1974

Голубев В. А., Троп А. Е. Надежность горного оборудования и эффективность его использования. М., «Недра», 1974, 80 с.

В книге, главным образом на примере карьерных экскаваторов, рассмотрены общие вопросы надежности горных машин. Изложены основы теории надежности, даны ее технические и экономические показатели; рассмотрены факторы, влияющие на надежность в целом и ремонтпригодность машин, а также методы повышения надежности; подробно рассмотрена организация технического обслуживания машин и, в частности, система планово-предупредительных ремонтов (ППР); рассмотрены вопросы оптимизации надежности и оценки ее экономической эффективности.

Книга предназначена для электрослесарей, а также может быть использована инженерно-техническими работниками, выполняющими работы по обеспечению надежности горных машин.

Табл. 9, ил. 2, список лит. — 17 назв.

Редакционная коллегия: Л. В. Седаков (ответственный редактор), Г. Б. Дьякова, А. М. Имшенецкий, П. П. Мирошкин, А. И. Крупенин, В. В. Крючков, М. М. Федоров.

Г $\frac{30703-254}{043 (01)-74}$ 406—74

Введение

Развитие горнодобывающей промышленности немислимо без создания и внедрения в производство современных горных машин и оборудования: экскаваторов, буровых станков, электровозов, проходческих и добычных комбайнов, лебедок, конвейеров, комплексов безлюдной выемки и т. д. Появление этих высокопроизводительных и сложных машин поставило перед горной наукой и производством ряд новых проблем. Одной из них является проблема надежности машин и оборудования.

Современные горные машины характеризуются высокими требованиями к точности изготовления деталей. Например, точность геометрических форм отверстий, валов и осей нередко колеблется в пределах 0,5—2 мк, неконцентричность, неперпендикулярность и непараллельность поверхностей ряда деталей выдерживается в пределах 0,6—3 мк. Чистота обработки поверхности деталей повысилась в последние годы с 6—7-го до 11—12-го классов. Предельные величины износа, нагрева, шума и вибрации сократились в 2—10 раз. Metalлоконструкции многих горных машин изготавливаются из высокопрочных сталей. Все это свидетельствует о неуклонном увеличении конструктивной надежности горных машин. В то же время опыт эксплуатации показывает, что их эксплуатационная надежность недостаточна.

Повышение надежности машин и оборудования имеет большое народнохозяйственное значение. В Постановлении ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ «О развертывании Всесоюзного социалистического соревнования работников промышленности, строительства и транспорта за досрочное выполнение

народнохозяйственного плана на 1973 год» указывается, что главное внимание коллективов предприятий и организаций в машиностроении должно быть сосредоточено «на увеличении выпуска новых высокопроизводительных видов машин и оборудования, приборов и средств автоматизации, повышении их технического уровня и эксплуатационной надежности...»

О роли проблемы надежности машин и оборудования говорит и то, что все ведущие промышленные предприятия как в нашей стране, так и за рубежом имеют в своей структуре отделы или службы надежности.

Проблемы надежности машин охватывают не только машиностроительные предприятия, выпускающие те или иные машины и оборудование, но и предприятия, поставляющие комплектующие изделия и материалы, а также осуществляющие крупные ремонты машин. Сегодня многие предприятия, являющиеся основными поставщиками машин для горнодобывающей промышленности, выпускают продукцию, отвечающую требованиям надежности, благодаря тому, что они принимают участие в решении проблемы надежности.

Изменения в требованиях заводов-изготовителей к рабочим характеристикам выпускаемых ими машин и оборудования являются доказательством этому. В настоящее время становятся обычными такие требования, как гарантийный срок службы детали 3—4 года, уровень надежности — не ниже 90%, наработка на отказ — не ниже 10 000 ч и т. д.

В связи с ростом требований к надежности выпускаемых машин и оборудования растет потребность в специалистах, глубоко разбирающихся в этой проблеме. Вузы и техникумы страны в настоящее время уделяют внимание теории надежности. Для обучения инженерного и эксплуатационного персонала в стране создаются краткосрочные курсы, где изучаются основы теории надежности и теории эксплуатации машин с необходимыми элементами статистического анализа и теории вероятностей.

Настоящая книга имеет целью ознакомить широкий круг обслуживающего и ремонтного персонала горнодобывающих предприятий с сущностью проблем надежности горных машин и оборудования и экономической эффективности ее повышения. Авторы не претендуют на

подробное изложение этих сложных вопросов. В книге рассмотрены лишь основные вопросы, определяющие надежность и эффективность использования горных машин и оборудования. Приводимые результаты исследований относятся главным образом к карьерным экскаваторам, являющимся основным технологическим оборудованием при разработке полезных ископаемых открытым способом. Однако полученные зависимости, выводы и рекомендации могут быть применены и к другим горным машинам.

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

§ 1. Проблема надежности на современном этапе

Надежность... Надежность автоматизированных конвейерных линий, надежность добычных комплексов и проходческих комбайнов, надежность экскаваторов, буровых станков, подъемных и вентиляторных установок, надежность трубопроводов и линий электропередач, надежность электротехнических устройств... Перечень устройств, установок и машин, надежность которых постоянно беспокоит горняков, можно было бы продолжать бесконечно. Надежной должна быть технологическая система добычи полезного ископаемого на горных предприятиях, различные приборы управления, контроля и защиты в условиях забоев и т. д.

Игнорирование требований надежности в условиях шахт и рудников приводит к серьезным последствиям. Действительно, если ненадежность электропроводки в доме заставит его жителей провести вечер в темноте, то ненадежность вентиляционной или водоотливной установки в шахте может привести к гибели людей. Выход из строя одного экскаватора в условиях открытых горных разработок вызывает нарушение графиков движения поездов, снижает производительность труда, увеличивает себестоимость добываемой продукции, затрудняет организацию поточной технологии добычи полезных ископаемых и т. д. Недостаточная надежность — это срыв государственных планов добычи полезных ископаемых, это дорогостоящие и трудоемкие ремонты, это

простоты оборудования. В масштабе страны недостаточная надежность используемого оборудования — это огромные потери.

Конечно, обеспечение высокой надежности оборудования связано с большими затратами, но низкая надежность обходится намного дороже. Недостаточная надежность оборудования приводит к расходованию очень большого количества запасных частей. На ремонт карьерных экскаваторов ежегодно расходуются средства, в 1,44 раза превышающие стоимость всех выпускаемых в год экскаваторов; ежегодные затраты на ремонт буровых станков в 1,96 раза превышают стоимость их годового производства. На ремонт тракторов и бульдозеров ежегодно уходит такое количество запасных частей, из которых можно было бы собрать более 180 тыс. новых машин. Из металла, ежегодно затрачиваемого на ремонт металлорежущего оборудования, можно изготовить более 150 тыс. новых токарных станков.

Проблема надежности сложна и многогранна. Она находится на стыке таких наук, как физика, химия, металловедение, математика, инженерная психология и др. На службу надежности ставятся микромодульное конструирование, микроминиатюризация и печатный монтаж. На надежность работают специалисты, создающие новые высококачественные конструкционные материалы. Проблему надежности изучают специалисты, занимающиеся вопросами разработки и внедрения автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП), автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и т. д. Все это говорит о том, что решение проблемы надежности в настоящее время одна из центральных задач, стоящих перед научно-технической мыслью в стране. В то же время это и социально-экономическая проблема. От успешного решения проблемы надежности промышленного оборудования в определенной степени зависит дальнейший прогресс всего общества.

Одной из сторон надежности оборудования является его долговечность, под которой понимают свойство оборудования сохранять работоспособность в течение длительного времени до разрушения или другого предельного состояния.

Но даже при высокой надежности оборудования,

видимо, невозможно исключить необходимость его обслуживания и ремонта, связанную с износом его деталей и узлов. Затраты на ремонт и обслуживание, длительность нахождения оборудования в неработоспособном состоянии в связи с проведением ремонтных работ в значительной степени определяют эффективность его использования.

подавляющее большинство находящихся в эксплуатации горных машин и оборудования является восстанавливаемыми техническими устройствами. Это значит, что уже при их создании предполагается, что поддержание их работоспособности будет достигаться в результате проведения профилактических и восстановительных мероприятий. Нетрудно догадаться, что значение затрат на профилактику, а также ущерба от недовыработки продукции вследствие простоя оборудования будет определяться в первую очередь приспособленностью конструкций машин и оборудования к проведению работ по поддержанию и восстановлению их работоспособности. Свойство машин, заключающееся в приспособленности их к предупреждению, обнаружению и устранению отказов или других неисправностей путем проведения обслуживания и ремонтов, принято называть ремонтпригодностью. Это тоже одна из сторон надежности.

Проблема ремонтпригодности горных машин и оборудования очень серьезна, так как горное производство характеризуется специфическими особенностями: стесненностью выработок, высокой влажностью, запыленностью и загазованностью рудничного воздуха в условиях шахт и рудников, значительными колебаниями температуры, уровня солнечной радиации и атмосферных осадков на карьерах и т. д. Все это увеличивает частоту и трудоемкость ремонтных работ. Для подтверждения сказанного достаточно привести следующие данные: трудоемкость ремонтов экскаваторов на карьерах составляет 25—40% от трудоемкости всех вспомогательных процессов. На угольных разрезах ремонтом оборудования постоянно занято 18%, а на рудных — 25% списочного состава рабочих.

Ремонтпригодность в процессе эксплуатации обеспечивается путем совершенствования системы технического обслуживания и ремонта и улучшения технического

оснащения ремонтных работ; правильной организацией труда при их выполнении; применением прогрессивных методов и технологических процессов при обслуживании и ремонте; улучшением материально-технического обеспечения ремонтных работ. В то же время ремонтпригодность машины, так же как их долговечность, закладывается уже при проектировании и изготовлении и является частью более общей проблемы — проблемы качества машин. Ее решение связано с решением как специфических вопросов конструирования, так и общих вопросов качества.

Итак, мы видим, что проблемы надежности машин и оборудования требуют решения целого комплекса вопросов.

§ 2. Основные понятия и определения теории надежности

Научной основой эксплуатации и ремонта горного оборудования является теория надежности.

В теории надежности различают надежность систем и надежность составляющих их элементов.

Система. Системой называют совокупность технических устройств, предназначенных для совместного выполнения определенных функций.

Горное оборудование (экскаваторы, буровые станки, добычные комплексы, проходческие комбайны, подъемные, водоотливные, вентиляторные и компрессорные установки и т. д.), как и вообще любое техническое изделие, представляет собой систему.

Все системы и составляющие их элементы можно разделить на две группы — восстанавливаемые и невосстанавливаемые.

Восстанавливаемыми называют системы (или элементы систем), которые в случае отказа могут быть восстановлены, т. е. отремонтированы. Невосстанавливаемыми называют системы (элементы), которые в случае отказа не подлежат или не поддаются восстановлению.

Электромеханическая система — это совокупность совместно действующих электрических и механических объектов. Каждая электромеханическая

система состоит из отдельных механических и электрических частей (элементов).

Большинство горных машин и оборудования состоят из множества связанных друг с другом восстанавливаемых механических и электрических объектов. Поэтому их надо рассматривать как восстанавливаемые электро-механические системы многократного использования. Примерами электро-механической системы могут служить: экскаватор, буровой станок, проходческий комбайн, электровоз.

Элемент. Элементом системы называют ее часть, предназначенную для выполнения определенных функций. Как правило, элемент не предназначается для самостоятельного практического применения вне связи с другими элементами данной системы. Примеры элементов: вал, ось, шестерня, зубчатое колесо и другие детали машин.

Эксплуатация. Под эксплуатацией понимают все этапы существования технического устройства с момента его производства. Основное содержание эксплуатации — это работа машины. Однако сюда же включаются транспортировка, хранение, обслуживание и ремонт.

Надежность — это свойство технического устройства сохранять в установленных пределах свои выходные характеристики в заданных условиях эксплуатации. Выходной характеристикой для многих горных машин является их производительная работа в заданных горно-технических и погодноклиматических условиях эксплуатации.

В теории надежности различают:

схемную (или структурную) надежность, оценка которой производится в период разработки машины или оборудования на основании специальных расчетов, выполняемых в процессе конструирования;

техническую надежность, оценка которой производится на базе результатов испытаний машины или оборудования в заводских или лабораторных условиях при работе в заданных программных режимах;

эксплуатационную надежность, которая определяется в реальных условиях использования машины при воздействии всех влияющих факторов: внешних условий, фактических режимов работы и действительных

условий експлуатації її профілактичного обслуговування.

Долговечность — это свойство технического устройства сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние устанавливается исходя из условий безопасности и эффективности дальнейшего использования машины. Для многих горных машин предельным состоянием является либо капитальный ремонт, либо их списание.

Работоспособность. Работоспособностью называют состояние машины, при котором она соответствует всем требованиям, установленным в отношении ее основных выходных характеристик.

Отказ — это событие, в результате которого характеристики машины выходят за допустимые пределы. Иначе говоря, отказ — это нарушение работоспособности машины. Из этого определения следует, что отказ машины может наступить не только при возникновении механических или электрических повреждений (поломка шестерни, вала, обрыв или короткое замыкание токоведущих частей и т. д.), но и при нарушении регулировки аппаратуры или, например, из-за ухода параметров наладки систем управления главными приводами за допустимые пределы.

Сказанное однако не означает, что любая неисправность может быть классифицирована как отказ. К примеру, на карьерных экскаваторах циклического действия в процессе их эксплуатации можно наблюдать значительное количество мелких неисправностей, при которых экскаватор может работать производительно. Эти неисправности не требуют принятия немедленных мер по их устранению. Они могут быть устранены при наступлении первого же перерыва в работе экскаватора (ожидание порожняка, перестройка контактной сети и забойных путей и т. д.), а также при очередном плановом ремонте или осмотре.

Тем не менее, большинство таких неисправностей, если их своевременно не устранять, могут привести к отказу экскаватора в целом с прекращением его производительной работы.

Различают отказы устойчивые (окончательные) и неустойчивые. Устойчивые отказы являются следствием

необратимых процессов в деталях машины. При устойчивых отказах для восстановления работоспособности машины или ее деталей необходимо производить ремонт. Неустойчивые отказы в большинстве случаев являются следствием обратимых случайных изменений.

По связи с другими отказами различают **зависимые** и **независимые** отказы. Под зависимым отказом, в отличие от независимого, понимается отказ, возникший в результате другого отказа.

По сложности обнаружения отказы можно подразделять на **явные** и **неявные**. Под явным отказом, в отличие от неявного, понимается отказ, на отыскание места появления и причины которого не требуется большого времени.

По характеру возникновения отказы подразделяются на **внезапные** и **постепенные** (износные).

Внезапные отказы вызываются внезапной концентрацией нагрузок в отдельных частях системы. Причинами внезапных отказов горючих машин являются:

а) ошибки управления, допущенные обслуживающим персоналом в процессе работы машины;

б) низкое качество деталей и несоответствие их материалов техническим условиям;

в) скрытые технологические дефекты, допущенные заводом-изготовителем или ремонтным предприятием;

г) низкое качество ремонтов и профилактических осмотров;

д) неподготовленность забоев и нарушение правил эксплуатации.

Как видим, внезапные отказы возникают в результате действия самых различных факторов, поэтому место и время их появления трудно предвидеть. Но чаще всего они возникают в начальный период обкатки машины после ввода ее в эксплуатацию или после капитального ремонта.

Постепенные (износные) отказы зависят в основном от продолжительности эксплуатации машин и возникают вследствие постепенных изменений характеристик их деталей за счет старения и износа, а также разрегулирования устройств. Постепенные отказы по своей природе являются неизбежными, но их можно предвидеть и предупредить путем своевременного проведения планового профилактического обслуживания.

Деление отказов на внезапные и постепенные в теории надежности имеет большое значение. Характер отказа имеет решающее значение при определении методики расчета надежности, способов построения структурных схем надежности и т. д.

По возможным последствиям отказы можно разделить на обратимые и необратимые. Необратимые отказы в отличие от обратимых — это такие, которые либо влекут за собой возможность аварии, либо не могут быть устранены без прекращения нормальной работы машины.

По причине возникновения следует различать отказы эксплуатационные, конструктивные, технологические и ошибочные. Под эксплуатационным отказом понимается отказ, обусловленный нарушениями принятых правил эксплуатации или внезапными воздействиями, не предусмотренными для условий эксплуатации данной машины. Под технологическими понимают отказы, возникающие вследствие нарушения или несовершенства технологии изготовления или ремонта машины. Под ошибочными понимают отказы, вызванные грубыми нарушениями правил эксплуатации и обслуживания (использование системы не по назначению, ошибки обслуживающего персонала и т. д.).

Безотказность. Безотказностью называется свойство технического устройства сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов. Безотказность машины оценивается вероятностью безотказной работы в течение заданного времени, т. е. вероятностью того, что в определенных условиях эксплуатации в течение заданного интервала времени (месяц, квартал, год) машина будет выполнять производительную работу. Как и всякая вероятность, эта величина всегда меньше единицы. Например, если вероятность безотказной работы проходческого комбайна ПК-9 в течение 744 часов (месяца) равняется 0,70, то это значит, что из большого количества проходческих комбайнов ПК-9 в среднем 30% комбайнов потеряют свою работоспособность раньше, чем через 744 часа работы.

Безотказность машины характеризуется также и другими показателями.

Срок службы — это продолжительность эксплуатации машины или ее детали до возникновения предель-

ного состояния, оговоренного в технической документации.

Ресурс — это наработка машины или ее детали до разрушения или другого предельного состояния.

Неисправность — это состояние машины, при котором она не соответствует хотя бы одному из требований к ее основным выходным характеристикам.

Наработка. Нарботкой называется величина, принятая для измерения продолжительности или объема работы машины в определенных условиях; наработка количественно оценивается временем работы машины или связанными с ним показателями: числом циклов, объемом выполненных работ и т. д.

Наработка на отказ — это средняя наработка машины между двумя соседними отказами. Нарботка на отказ позволяет судить о качестве машины. Она удобна для сравнения и оценки надежности однотипных машин, работающих в одинаковых условиях.

Параметр потока отказов — это среднее количество отказов машины на единицу времени или объема выполненных работ, взятое для рассматриваемого периода эксплуатации. Например, если параметр потока отказов экскаватора ЭКГ-8И при разработке пород IV и V категорий по трудности экскавации составляет 5,0 на 1 млн. т, то это означает, что на каждый миллион тонн переработанной горной массы приходится в среднем 5 отказов.

Термин «параметр потока отказов» употребляется применительно к восстанавливаемым техническим устройствам. Для невосстанавливаемых технических устройств принят термин «интенсивность отказов». Физическая сущность обоих терминов одинакова.

Ремонтопригодность — это свойство машины, заключающееся в ее приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов с минимальными затратами труда и средств.

Техническое обслуживание — это совокупность технических и организационных мероприятий, осуществляемых в процессе эксплуатации машины с целью поддержания ее работоспособности в период между ремонтами.

Ремонт — это совокупность технических и органи-

зационных мероприятий, в результате которых происходит восстановление технического состояния машины до уровня, обеспечивающего ее эксплуатацию с заданной эффективностью.

Среднее время восстановления — это среднее время вынужденного простоя, вызванного отысканием и устранением одного отказа.

Интенсивность восстановления — это вероятность восстановления работоспособности машины в единицу времени при условии, что до этого момента времени восстановление не произошло. Интенсивность восстановления представляет собой обратную величину среднего времени восстановления.

Вероятность восстановления в заданное время — это вероятность того, что возникший отказ будет обнаружен и устранен в течение заданного интервала времени.

Коэффициент готовности — это вероятность того, что машина будет работоспособна в промежутках между выполнениями планового технического обслуживания в любой произвольно выбранный момент времени. Коэффициент готовности определяется как отношение времени исправной работы машины к сумме времени исправной работы и времени восстановления, взятых за один и тот же период эксплуатации. Коэффициент готовности показывает, что повышение надежности машин достигается не только в результате увеличения безотказности, но и в результате повышения ремонтпригодности, что может быть достигнуто за счет снижения среднего времени восстановления. Вместе с тем он характеризует и безотказность машины. Поэтому его следует отнести к обобщенным показателям надежности. Однако коэффициент готовности характеризует только одну сторону ремонтпригодности машины — приспособленность ее к устранению отказов. Более полной характеристикой ремонтпригодности является коэффициент технической готовности.

Коэффициент технической готовности (коэффициент технического обслуживания) — это отношение наработки машины (в единицах времени) за рассматриваемый период эксплуатации к сумме этой наработки и длительности всех простоев, вызванных

устранением возникших отказов, техническим обслуживанием и ремонтами за тот же период эксплуатации.

Доступность — это свойство машины, характеризующее ее приспособленность к удобному и быстрому осуществлению технологических операций при устранении отказов, проведении технического обслуживания и ремонта.

§ 3. Экономические показатели надежности

Повышение надежности горного оборудования связано, с одной стороны, с дополнительными материальными затратами на заводе-изготовителе и, с другой стороны, с уменьшением материальных затрат и времени простоев, вызываемых ремонтом и техническим обслуживанием машин на предприятии-потребителе. Поэтому необходимо использовать кроме технических также и экономические показатели надежности, долговечности и ремонтпригодности оборудования.

Рассмотрим некоторые из них.

Экономический показатель надежности $k_э$. Экономическим показателем надежности называется отношение суммы первоначальной стоимости нового оборудования и суммарных затрат на его эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание к целесообразному периоду его эксплуатации.

Обозначим:

$C_н$ — первоначальная стоимость нового оборудования, руб.;

$C_э$ — суммарные затраты на эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание, включая стоимость сменных деталей и узлов, смазочных материалов и ежесменного обслуживания, руб.;

$T_э$ — целесообразный период эксплуатации, ч.

Согласно определению экономический коэффициент надежности

$$k_э = \frac{C_н + C_э}{T_э}, \text{ руб./ч.} \quad (1)$$

Для многих горных машин значение экономического коэффициента надежности колеблется в пределах от 8 до 22 руб/ч.

Понятно, что следует стремиться к минимальному значению этого показателя, чего можно добиться повышением качества выпускаемого оборудования и совершенствованием условий его эксплуатации и технического обслуживания.

Коэффициент эксплуатационных издержек $k_{э.и}$ — это отношение первоначальной стоимости оборудования к сумме первоначальной стоимости и суммарных затрат на эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание за весь нормативный срок службы данного оборудования.

Согласно данному определению можно записать

$$k_{э.и} = \frac{C_H}{C_H + C_э} \quad (2)$$

Анализ данных об эксплуатационных издержках горного оборудования показывает, что за установленный срок службы только на ремонт затрачивается сумма, в 3—5 раз превышающая первоначальную стоимость оборудования. Коэффициент эксплуатационных издержек по горному оборудованию довольно низок и колеблется в пределах от 0,10 до 0,18.

Коэффициент эксплуатационной металлоемкости $k_{мет}$. Коэффициентом эксплуатационной металлоемкости называется отношение массы машины Q_0 к сумме Q_0 и массы сменных деталей и узлов $Q_{см}$, затрачиваемых в процессе ремонта или технического обслуживания машины за весь срок ее службы:

$$k_{мет} = \frac{Q_0}{Q_0 + Q_{см}} \quad (3)$$

Значение коэффициента эксплуатационной металлоемкости для горных машин колеблется в пределах от 0,25 до 0,65.

Коэффициент затрат на техническое обслуживание и ремонт — это отношение суммарных затрат $C_{т.о.р}$ на техническое обслуживание и ремонт машины за рассматриваемый период эксплуатации (год, ремонтный цикл или предполагаемый срок службы) к первоначальной ее стоимости C_H :

$$k_{т.о.р} = \frac{C_{т.о.р}}{C_H} \quad (4)$$

§ 4. Надежность и качество оборудования

Надежность является одним из основных показателей качества технических устройств. Под качеством понимается совокупность свойств машины, определяющих степень ее пригодности для использования по назначению.

В процессе использования машины происходит изменение этих ее свойств. Показатели надежности, долговечности и ремонтпригодности как раз и оценивают степень изменения основных свойств машины или оборудования во времени. В этом и заключается связь качества машины с ее надежностью, долговечностью и ремонтпригодностью.

Качество, а следовательно, надежность машин и оборудования, как уже было сказано, обеспечивается на всех этапах их создания и, прежде всего, на стадии конструирования. Работая над проектом машины, конструктор должен ответить на ряд вопросов: какой будет машина, как ее изготовлять и из каких материалов. При этом ему приходится постоянно учитывать условия эксплуатации машины. Он перебирает множество вариантов конструкции машины, способов последующего производства, материалов, компоновки деталей и узлов, методов сборки и разборки, так как от всего этого будут зависеть эксплуатационные показатели машины. Только после тщательного расчетного анализа надежности будущей машины, построения и испытания ее опытного образца она может быть передана в производство.

На стадии производства качество выпускаемых машин обеспечивается рациональной технологией, организацией изготовления и контроля продукции, управления ходом технологического процесса и т. д. Совершенствование технологии, механизация и автоматизация процессов производства способствует выпуску однородных и высоких по качеству деталей и узлов машин.

Качество машины обеспечивается также в процессе эксплуатации. Ведь как бы надежна ни была машина в результате конструирования и производства заводом-изготовителем, все же, если она эксплуатируется неправильно, она будет ненадежной и недолговечной. С другой стороны, своевременное выполнение профилактических

мероприятий и ремонтов обеспечивает поддержание надежности машины на достаточно высоком или целесообразном уровне.

Следует подчеркнуть, что увеличить надежность машины в процессе эксплуатации чрезвычайно трудно. Задача инженеров-эксплуатационников, обслуживающего и ремонтного персонала состоит, главным образом, в том, чтобы на основании анализа реальных условий эксплуатации и отказов поддерживать надежность машины, достигнутую в процессе проектирования и изготовления. Наиболее существенными мероприятиями в этом отношении являются следующие:

- исследование и оценка всех вредных факторов, влияющих на надежность используемой машины;

- модернизация узлов и деталей машины;

- совершенствование условий эксплуатации;

- применение обоснованной системы технического обслуживания и повышение качества его выполнения;

- совершенствование системы обеспечения машин запасными частями и материалами, а также разработка обоснованных норм их расхода.

Эффективность эксплуатационных мероприятий по обеспечению надежности, долговечности и ремонтпригодности во многом зависит от квалификации обслуживающего и ремонтного персонала.

ГЛАВА II

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, И МЕТОДЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

§ 1. Влияние горнотехнических условий эксплуатации

Надежность горного оборудования в условиях горных предприятий зависит от большого количества факторов, среди которых важное место принадлежит горнотехническим условиям, определяемым залеганием полезного ископаемого, физико-механическими свойствами разрабатываемых пород (крепостью, кусковатостью,

трещиноватостью и т. д.) и технологией ведения горных работ.

Физико-механические свойства пород определяют сопротивляемость резанию и, соответственно, нагрузки на несущие конструкции и основные рабочие механизмы оборудования. Отдельные включения твердых пород могут привести к поломкам машин и длительному их простоя. На угольных разрезах особое значение имеют свойства грунтов. Липкие грунты застревают в ковшах добычного оборудования и на лентах конвейеров. От свойств разрабатываемых грунтов и полезного ископаемого зависит проходимость машин, режимы их нагружения, нагрева и вибрации.

С увеличением кусковатости пород увеличивается время загрузки транспортных сосудов, снижается техническая производительность технологического оборудования. Например, в условиях угольных разрезов дополнительные затраты времени на погрузку одного железнодорожного состава емкостью 200 м³ при средневзвешенной кусковатости пород 400 мм составляют 30 с, при кусковатости 500 мм — 54 с, при кусковатости 600 мм — 100 с. Техническая производительность экскаватора ЭКГ-8 при средневзвешенной кусковатости разрабатываемых пород 200 мм составляет 710 м³/ч, при кусковатости 300 мм — 600 м³/ч, при кусковатости 400, 500 и 600 мм — соответственно 520, 470 и 430 м³/ч.

С ухудшением горнотехнических условий эксплуатации надежность горного оборудования также снижается. Так, например, вероятность безотказной работы экскаваторов ЭКГ-4 и ЭКГ-4,6 после переработки 200 тыс. т горной массы составляет: на породах I категории по трудности экскавации, т. е. на легких грунтах, — 0,96, на породах II категории — 0,95, на породах III категории — 0,91, на породах IV и V категорий — 0,52. Пропорционально меняются и другие показатели надежности. Так, чем тяжелее горнотехнические условия эксплуатации, тем меньше наработка на отказ и больше параметр потока отказов. Сказанное хорошо подтверждается данными, приведенными в табл. 1 и 2.

Изменение показателей надежности горного оборудования в зависимости от горнотехнических условий эксплуатации обусловлено режимами нагружения основных узлов и деталей. В тяжелых горнотехнических усло-

Таблица 1

Наработка на отказ механического и электрического оборудования карьерных экскаваторов в различных горнотехнических условиях эксплуатации (тыс. тонн горной массы)

Экскаваторы	Оборудование экскаватора	Категории пород по трудности экскавации			
		I	II	III	IV, V
ЭКГ-4	Механическое	613,3	492,5	371,8	204,4
	Электрическое	665,2	535,1	404,8	256,2
ЭКГ-8	Механическое	1147,6	956,3	777,5	361,7
	Электрическое	917,6	667,8	649,4	413,6
ЭКГ-8И	Механическое	1143,0	816,4	643,5	470,6
	Электрическое	989,7	796,3	685,4	462,0

Таблица 2

Параметр потока отказов механического и электрического оборудования карьерных экскаваторов в различных горнотехнических условиях эксплуатации (отказов на 1 млн. т горной массы)

Экскаваторы	Оборудование экскаватора	Категории пород по трудности экскавации			
		I	II	III	IV, V
ЭКГ-4	Механическое	2,52	2,89	3,25	7,82
	Электрическое	2,40	2,47	2,69	5,93
ЭКГ-8	Механическое	1,23	1,54	2,20	3,82
	Электрическое	2,19	2,32	2,90	3,20
ЭКГ-8И	Механическое	0,74	1,06	1,22	2,10
	Электрическое	0,56	0,62	0,75	2,80

влиях эксплуатации нагрузки носят ярко выраженный пиковый характер, имеют выбросы за допустимые пределы. С улучшением условий эксплуатации число и длительность пиковых нагрузок значительно сокращаются. В легких горнотехнических условиях работы пиковые нагрузки в механизмах отсутствуют, и, как следствие этого, надежность оборудования в этих условиях выше.

Таким образом, можно утверждать, что горнотехнические условия эксплуатации являются важным фактором при оценке надежности горного оборудования.

§ 2. Влияние окружающей среды

Надежность горного оборудования в значительной степени определяется условиями окружающей среды. Под воздействием окружающей среды в материалах деталей и узлов происходят необратимые процессы, изменяющие их эксплуатационные свойства.

Основными показателями, характеризующими окружающую среду, являются температура и влажность воздуха, его запыленность и загазованность, барометрическое давление и др. Характеристики окружающей среды во многом определяются географическим местоположением района разработки полезного ископаемого и рельефом местности. Это особенно характерно для открытых горных разработок.

В условиях открытых горных разработок колебание температуры воздуха составляет от $+50$ до -60°C . В районах Сибири, Урала и Дальнего Востока даже в течение суток происходят резкие колебания температуры. Температура воздуха в подземных выработках более стабильна. Колебания температуры воздуха на поверхности шахт и рудников значительного влияния на нее не оказывают.

Запыленность воздуха при работе очистных и проходческих машин в условиях шахт и рудников составляет $50-1250$ мг/м³, а в местах перегрузки $25-625$ мг/м³. В условиях открытых горных разработок запыленность воздуха в машинном отделении оборудования составляет $40-120$ мг/м³.

Относительная влажность воздуха в подземных выработках меняется в пределах от 70 до 98%, а в условиях открытых горных разработок — от 40 до 100%.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что горное оборудование работает в чрезвычайно разнообразной окружающей среде. При работе в суровых климатических условиях надежность оборудования определяется не естественным износом деталей и узлов в результате длительной эксплуатации, а аварийным выходом их из строя в результате прямого или косвенного влияния низких или высоких температур. Например, в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока количество отказов горного оборудования особенно велико в период низких температур, когда температура воздуха дости-

гает $-40 \div -60^{\circ}\text{C}$. На угольных разрезах, например Черемховского месторождения (Восточная Сибирь), 90% всех зарегистрированных разрушений крупных деталей экскаваторов за десятилетний период произошло вследствие хрупких разрушений деталей механической части оборудования при низкой температуре воздуха.

В районах с жарким климатом увеличение количества отказов оборудования приходится на период высоких температур ($+40 \div +55^{\circ}\text{C}$), что связано с тепловой напряженностью в электрических машинах и устройствах используемого оборудования.

Температурный режим связан также с ритмичностью работы оборудования. Горное оборудование вследствие технологических особенностей горного производства зачастую работает неритмично. Иногда за напряженным периодом работы с максимальной производительностью наступает перерыв, связанный с ожиданием порожняка, отсутствием электроэнергии, проведением буровзрывных работ и т. д. Это обстоятельство, а также большие постоянные времена нагрева электрических машин и устройств приводят к тому, что электрические машины и системы управления ими находятся в состоянии постоянного колебания температуры, в результате чего меняется электрическое сопротивление токоведущих частей. Это, в свою очередь, влияет на настройку систем управления оборудованием. В итоге все эти изменения ведут к нарушениям ограничений, заложенных в конструкции оборудования с целью защиты его от чрезмерных перегрузок.

Периодические колебания температуры электрических машин и устройств вызывают конденсацию влаги в них. Конденсировавшаяся влага заполняет трещины и неплотности в изолирующих материалах и покрытиях, ухудшая их изоляционные свойства. Влага способствует окислению контактов и коррозированию металлических частей.

Важной характеристикой окружающей среды является запыленность воздуха. Пыль также способствует конденсации влаги. Мельчайшие частицы пыли, проникая в электрические машины и устройства, становятся ядрами конденсации влаги. Кроме того, пыль приводит к отказам контактных элементов аппаратуры, вызывает заедание вращающихся частей.

Разрушающее воздействие на горное оборудование оказывают также обледенение и снег.

Воздействие барометрического давления в основном распространяется на оборудование, работающее в высокогорной местности. Пониженное давление ухудшает отвод тепла от электрических машин, что может привести к их перегреву. При пониженном давлении легко возникает тлеющий разряд между проводниками, находящимися под высоким напряжением.

§ 3. Влияние системы технического обслуживания

Техническое обслуживание оборудования осуществляют с целью восстановления потерянного качества его работы, т. е. поддержания его в работоспособном состоянии. Потеря качества работы оборудования обуславливается сроком его работы, внешними условиями, интенсивностью эксплуатации и т. д. Техническое обслуживание проводится либо до обнаружения, либо после обнаружения неисправности. В первом случае техническое обслуживание называется профилактическим, во втором случае — текущим техническим обслуживанием или ремонтом.

В главе I мы говорили о том, что по характеру возникновения отказы оборудования можно разделить на внезапные и постепенные (износные). Было установлено, что постепенные отказы возникают в результате естественного износа деталей; они зависят от длительности эксплуатации, и их можно предвидеть и предупредить проведением профилактического обслуживания. Следовательно, через количество постепенных отказов можно определить степень и характер влияния системы технического обслуживания на эксплуатационную надежность горного оборудования.

Очевидно, при своевременном и качественном проведении профилактического обслуживания можно устранить все постепенные отказы и значительно сократить общее количество отказов оборудования.

Своевременное и качественное проведение профилактического обслуживания, безусловно, зависит от принятой системы технического обслуживания оборудования. Система технического обслуживания определяет виды

ремонт и осмотров, их последовательность и очередность, содержание ремонтных работ, величины простоя и трудоемкости, нормы расхода деталей и узлов и т. д. Эффективна и целесообразна такая система, которая позволяет устранять максимальное количество постепенных отказов оборудования и обеспечивает его надежную работу. Системы технического обслуживания разрабатывают для каждого вида горного оборудования с учетом конкретных условий его эксплуатации.

§ 4. Влияние системы управления машинами

Изменение режимов работы основных механизмов, узлов и деталей горного оборудования оказывает существенное влияние на их надежность и долговечность. Величина, чередование и продолжительность нагрузок в механизмах и узлах горного оборудования определяются системой управления ими. Системы управления основными механизмами горного оборудования могут быть самыми различными. Широко применяются следующие системы управления главными приводами горных машин:

асинхронный электродвигатель — электромагнитная муфта скольжения (АД — ЭМС);

тиристорный преобразователь частоты — асинхронный двигатель (ТПЧ — АД);

тиристорный преобразователь — двигатель постоянного тока (ТП — Д);

трехобмоточный генератор — двигатель постоянного тока (ТГ — Д);

генератор — двигатель постоянного тока с возбуждением генератора от электромашинного усилителя с промежуточным магнитным усилителем (Г — Д с ЭМУ — ПМУ);

генератор — двигатель постоянного тока с возбуждением генератора от силового магнитного усилителя (Г — Д с СМУ);

дрессель насыщения — двигатель постоянного тока (ДН — Д);

асинхронный двигатель — турботрансформатор (АД — ТТ);

регулируемый двигатель постоянного тока — турботрансформатор (РД — ТТ).

Применяются также и другие системы управления. Для определения влияния различных систем управления на надежность и долговечность горного оборудования были выполнены специальные исследования. Так, длительная эксплуатация экскаваторов ЭКГ-8 с системами управления Г—Д с ЭМУ-ПМУ и Г—Д с СМУ показала следующее. Среднее время безотказной работы экскаваторов ЭКГ-8 с системой управления Г—Д с СМУ составляет 345 ч, а с системой управления Г—Д с ЭМУ—ПМУ—289,6 ч. Нарботка на отказ экскаватора ЭКГ-8 с системой управления Г—Д с СМУ составляет 221,3 тыс. т горной массы, а при системе Г—Д с ЭМУ—ПМУ—172 тыс. т. Приведенные данные свидетельствуют о более высокой надежности экскаваторов ЭКГ-8 с системой управления Г—Д с СМУ по сравнению с экскаваторами той же модели с системой управления Г—Д с ЭМУ—ПМУ.

Большая эксплуатационная надежность экскаваторов ЭКГ-8 с системой управления Г—Д с СМУ объясняется, во-первых, тем, что эта система управления обеспечивает плавное изменение скоростей и нагрузок в переходных режимах работы основных механизмов и, во-вторых, тем, что при системе Г—Д с СМУ резко сокращается количество релейно-контакторной аппаратуры и вращающихся электрических машин, надежность которых, как известно, низка. Однако система управления Г—Д с СМУ характеризуется большой установленной мощностью и низким значением коэффициента полезного действия (0,72). В связи с этим за последнее время наблюдается тенденция отхода от системы Г—Д с СМУ и перехода на систему ТП—Д. На сегодняшний день эта система характеризуется большой стоимостью, весом и габаритами аппаратуры. Тем не менее она является перспективной благодаря ее простоте, надежности, долговечности, управляемости и высоким регулировочным характеристикам.

§ 5. Влияние режимов управления

Режим управления оборудованием характеризуется продолжительностью его включения, числом включений, чередованием промежутков рабочего и нерабочего периодов, спектром нагрузок.

Режим управления принято оценивать с помощью так называемого коэффициента управления, представляющего собой отношение технической производительности оборудования за час исправной работы к теоретической его производительности в заданных условиях эксплуатации. Иногда коэффициент управления определяется как отношение теоретической продолжительности цикла работы оборудования к фактической его продолжительности.

Теоретическая продолжительность цикла работы определяется для нормальных условий эксплуатации оборудования. Например, для карьерных экскаваторов теоретическая продолжительность цикла экскавации определяется при нормальной высоте забоя, средней расчетной скорости подъемного механизма, при угле поворота экскаватора 90° , выгрузке груза в отвал и максимальном совмещении рабочих процессов управления.

Определить теоретическую продолжительность цикла работы оборудования в горнотехнических условиях эксплуатации, отличающихся от нормальных, очень трудно. Поэтому при вычислении коэффициента управления обычно берется в расчет не теоретическая продолжительность цикла работы, а минимально достигнутая при работе данного оборудования в заданных горнотехнических условиях эксплуатации. В качестве фактической продолжительности цикла работы берется среднестатистическая продолжительность при работе данного оборудования в заданных условиях эксплуатации.

Безусловно, коэффициент управления, определяемый с учетом только продолжительности цикла работы оборудования, характеризует режимы управления не полностью. Поэтому коэффициент управления оборудованием необходимо рассматривать как среднее арифметическое от частных коэффициентов управления, вычисленных с учетом различных показателей управления.

Например, для карьерных экскаваторов коэффициент управления определяется как среднее арифметическое от частных коэффициентов управления, вычисленных с учетом продолжительности цикла экскавации, продолжительности периода черпания, числа переключений командоконтроллеров подъемного и напорного механизмов за цикл экскавации и период черпания и др.

Значение частных коэффициентов управления машин и оборудования колеблется в пределах от 0,30 до 1,00, а значение общего коэффициента управления является более стабильным в пределах от 0,50 до 0,75.

Величина коэффициента управления зависит от квалификации машинистов-операторов. Так, частный коэффициент управления экскаватором ЭКГ-8И, вычисленный с учетом числа переключений командоконтроллера подъемного механизма за цикл экскавации, в одних и тех же условиях работы экскаватора у машиниста Келя А. С. равен 0,48, а у машиниста Ерлакова М. И. — 0,78.

Коэффициент управления, а следовательно, и режимы управления зависят и от горнотехнических условий эксплуатации. В горнотехнических условиях, отличающихся от нормальных и не соответствующих требованиям инструкций по эксплуатации, даже опытный машинист высокой квалификации не в состоянии формировать рациональные режимы управления.

Режимы управления в значительной степени определяют эксплуатационную надежность и долговечность оборудования. С улучшением режимов управления, т. е. с увеличением коэффициента управления, эксплуатационная надежность оборудования повышается. Так, например, наработка на отказ экскаватора ЭКГ-8 при коэффициенте управления, равном 0,5, составляет 382 тыс. т горной массы, при коэффициенте управления 0,70 она равна 540 тыс. т, при коэффициенте управления 0,9 — 680 тыс. т. Как видим, зависимость между этими показателями прямо пропорциональная.

С возрастанием коэффициента управления параметр потока отказов оборудования снижается. Например, параметр потока отказов того же экскаватора ЭКГ-8 в расчете на 1 млн. т горной массы составляет при коэффициенте управления, равном 0,5—31,2, при коэффициенте управления 0,7—22,3, при коэффициенте управления 0,9—17,3 и т. д.

Изменение показателей надежности с изменением коэффициента управления обусловлено тем, что режим управления оборудованием определяет величину и характер нагрузок в деталях оборудования, а следовательно, и число их отказов.

§ 6. Влияние квалификации обслуживающего персонала

Современное горное оборудование представляет собой систему «человек—машина», т. е. систему, успешная работа которой невозможна без участия оператора (машиниста).

Влияние машиниста-оператора на эксплуатационную надежность, производительность и экономическую эффективность использования оборудования проявляется в различных формах и по-разному. Это связано, во-первых, с тем, что машинист-оператор является управляющим звеном системы «человек—машина», обеспечивающим ее работу с заданной производительностью в заданных условиях эксплуатации. Во-вторых, надо иметь в виду, что машинист-оператор ввиду допущенных ошибок в управлении машиной сам является причиной возникновения отказов в системе. В-третьих, машинист-оператор — это элемент системы, поддерживающий надежность системы на заданном уровне. В-четвертых, машинист-оператор обеспечивает восстановление работоспособности системы. Таким образом, выполнение системой «человек—машина» поставленной задачи, — а задачей этой системы является производительная и надежная работа в заданных условиях эксплуатации — зависит не только от собственно технической надежности самой машины, но и от «надежности» машиниста, управляющего ею, т. е. надежность работы оборудования зависит также от психофизиологических возможностей машиниста, стажа его практической работы, образовательного уровня, знания конструктивных особенностей управляемой машины и т. д. Указанные характеристики машиниста-оператора, вместе взятые, составляют его квалификацию.

Квалификация машинистов играет серьезную роль в повышении надежности оборудования. Квалификация определяет «почерк» машиниста в управлении машиной. Главными показателями, характеризующими «почерк» машиниста-оператора, являются производительность, надежность и экономичность работы оборудования, а также качество управления им.

О достигнутом уровне квалификации машинистов можно судить по значениям среднеквадратического от-

клонения и коэффициента вариации нагрузок в основных механизмах и узлах машины. У машинистов-операторов с низкой квалификацией значения этих показателей максимальны. Так, например, было установлено, что на экскаваторах ЭКГ-8И при одинаковых условиях эксплуатации среднеквадратическое отклонение нагрузок в приводе подъемного механизма составляло у машиниста Гильгенберга А. Д. — 202 А, у машиниста Козаренко В. С. — 242 А, у машиниста Зайцева В. Ф. — 265 А. Коэффициенты вариации нагрузок соответственно равны 0,138, 0,167 и 0,187. Теперь обратим внимание на некоторые характеристики квалификации упомянутых машинистов. Машинист Гильгенберг А. Д. имеет 25 лет общего стажа работы, 15 лет стажа работы в качестве машиниста экскаватора, хорошо знает конструкцию и схемно-режимные решения экскаватора ЭКГ-8И, образовательный уровень — 8 классов средней школы. Машинист Козаренко В. С. имеет 12 лет общего стажа работы, 5 лет стажа работы в качестве машиниста экскаватора, образовательный уровень 8 классов средней школы. Машинист Зайцев В. Ф. имеет 3 года общего стажа работы, 1 год стажа работы в качестве машиниста экскаватора, окончил техническое училище. Приведенные сведения наглядно подтверждают, что квалификация машинистов определяет величины нагрузок в основных механизмах и узлах машины, а следовательно, сроки службы деталей и узлов и их надежность.

В определенных условиях даже относительно небольшие перегрузки, имеющие место в механизмах и узлах машины, могут значительно сократить срок службы отдельных деталей и элементов конструкции, если эти перегрузки повторяются периодически от цикла к циклу. Именно это обстоятельство является причиной преждевременного разрушения многих деталей горного оборудования.

Для полной оценки и получения достоверных количественных и качественных характеристик надежности системы «человек—машина» необходимо получить точные исходные данные о надежности, а также сведения об условиях и режимах работы как самого оборудования, так и его машиниста.

При оценке работы и квалификации машиниста необходимо исходить из того, что человек представляет

собой сложную социально-биологическую систему. Различают его психологическую и физиологическую надежность.

Психологическая надежность машиниста учитывает временные, неустойчивые отказы. Физиологическая надежность учитывает временные, но устойчивые отказы, которые сопровождаются временной потерей машинистом возможности продолжения предписанных ему функций (работ).

При переходе от общих понятий надежности машиниста к конкретным показателям необходимо учитывать условия работы машиниста. Так, для оценки психологической надежности надо знать структуру его деятельности при управлении той или иной машиной или оборудованием.

В решении проблемы «надежности» машинистов горного оборудования и обеспечения необходимого уровня их квалификации определенную роль должны сыграть специальные устройства — тренажеры, включающие модели основных механизмов, системы управления ими, а также системы выдачи информации машинисту об их работе. Тренажеры обеспечивают имитацию показателей, наиболее важных для машиниста в процессах управления машиной или оборудованием. Тренажеры позволяют упрощать или усложнять процессы управления, многократно повторять изучаемые операции, фиксировать количественные и качественные характеристики процессов управления, производить объективный профессиональный отбор машинистов. Для этого разрабатывается научно обоснованная методика оценки качества управления и квалификации машинистов, учитывающая научные, инженерные психологические и физиологические требования.

§ 7. Методы повышения надежности

Выше были охарактеризованы наиболее серьезные факторы, влияющие на надежность горного оборудования. Попутно были рассмотрены некоторые методы ее повышения. В настоящем параграфе попытаемся дать подробно классификацию этих методов.

По месту в процессе создания и использования оборудования различают методы, используемые при конструировании, производстве и эксплуатации.

Методы, используемые при конструировании. Сюда следует отнести:

применение современных методов расчета деталей и узлов на прочность;

применение прогрессивных материалов, износостойких наплавов и покрытий;

упрощение конструкций деталей и узлов;

применение надежных деталей и узлов;

применение конструкций и схем с ограниченным последствием отказов;

снижение механических, электрических, температурных, динамических и других нагрузок;

применение стандартизованных и унифицированных деталей и узлов;

применение резервных блоков и схем;

автоматизация проверок состояния узлов, схем и блоков;

применение встроенного контроля:

защита деталей и узлов от вредного воздействия окружающей среды.

Методы, используемые при производстве. К этим методам повышения надежности относятся совершенствование технологии производства, механизация и автоматизация технологических процессов, проведение стендовых испытаний деталей и узлов на надежность, проведение статистического контроля качества выпускаемой продукции.

Методы, используемые при эксплуатации, включают:

соблюдение правил эксплуатации оборудования;

соблюдение принятой системы технического обслуживания;

применение методов прогнозирования отказов;

сбор и систематическое обобщение опыта эксплуатации;

использование его при техническом обслуживании и модернизации оборудования;

обеспечение оборудования запасными частями и материалами, а также разработка обоснованных норм их расхода;

повышение квалификации обслуживающего и ремонтного персонала.

Следует иметь в виду, что высокую надежность горного оборудования можно обеспечить не каким-то одним, а целым комплексом мероприятий, соответствующих типу и условиям применения данного оборудования. Важнейшее значение при этом имеет накопление опыта эксплуатации оборудования, передача этого опыта заводу-изготовителю и широкий обмен научно-технической информацией по надежности между предприятиями.

ГЛАВА III

РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 1. Факторы, влияющие на ремонтпригодность

Ремонтпригодность машин характеризуется в первую очередь продолжительностью их пребывания в неработоспособном состоянии и затратами труда и средств в связи с осуществлением профилактических и восстановительных мероприятий. Эти характеристики зависят от большого количества факторов, которые можно разделить на четыре основные группы: конструктивные, организационные, условия эксплуатации и факторы, связанные с материально-техническим обеспечением.

Конструктивные факторы. К этой группе относятся:

- 1) сложность машины;
- 2) система управления машиной;
- 3) доступность деталей и узлов для контроля их технического состояния, проведения технического осмотра и ремонта;
- 4) конфигурация, габариты и вес сменных деталей и узлов;
- 5) крепление деталей и узлов, конструкция разъемов;
- 6) заменяемость и взаимозаменяемость деталей и узлов;
- 7) унификация и стандартизация деталей и узлов.

Большое влияние на ремонтпригодность машины оказывает такой фактор, как ее сложность. Чем сложнее

машина, тем больше деталей и узлов она содержит, тем чаще появляются в ней отказы, тем дольше они устраняются и тем длительнее и более трудоемки ее профилактическое обслуживание и ремонт. От конструктивных особенностей машины, компоновки ее узлов и деталей зависит не только время поиска отказавших деталей и узлов, но и время их замены.

Наибольшее влияние на время поиска и замены деталей машины оказывает их доступность. Доступность деталей машины обеспечивает ее высокие качества как при изготовлении, так и при эксплуатации. Улучшение эксплуатационных свойств машины в этом случае достигается улучшением условий технического обслуживания и ремонта, возможностью более быстрого устранения неисправностей и отказов, более совершенной организацией профилактических и восстановительных работ.

При недостаточной доступности деталей и узлов машины рабочие-ремонтники затрачивают больше усилий, быстрее устают и, как следствие этого, увеличивается время проведения ремонтных работ.

Обеспечение доступности — это объективное требование, определяемое неизбежным фактором отказов деталей. Если бы машины были идеально безотказными, то их можно было бы делать недоступными для обслуживания.

Время замены отказавшей детали или узла зависит также от особенностей их крепления, конструкции разъемов, веса, габаритов и конфигурации съемных деталей.

На уровень ремонтпригодности горного оборудования значительное влияние оказывает и такой фактор, как система управления им. В главе II говорилось о влиянии принятой системы управления на надежность и долговечность оборудования. Зависимость ремонтпригодности от системы управления подтверждают такие данные: экскаваторы ЭКГ-8 с системой управления Г—Д с СМУ (генератор — двигатель постоянного тока с возбуждением от силового магнитного усилителя) имеет среднее время вынужденного восстановления 20,5 ч, в то время как для тех же экскаваторов с системой управления Г—Д с ЭМУ—ПМУ (генератор — двигатель с возбуждением от электромашинного усилителя с промежуточным магнитным усилителем) среднее вре-

мя вынужденного восстановления составляет 22,57 ч, или на 9,8% больше. Количество вынужденных восстановлений в расчете на 1 млн. т переработанной горной массы у первых экскаваторов составляет 3,7, а у вторых — 5,6. Затраты времени на вынужденное восстановление экскаватора в расчете на 1 млн. т горной массы при системе Г—Д с СМУ составляет 74,2, а при системе Г—Д с ЭМУ—ПМУ—122,9 ч. Эти цифры наглядно свидетельствуют о существенном влиянии системы управления машины на ее ремонтпригодность.

Среди конструктивных факторов, влияющих на ремонтпригодность машин, особого внимания заслуживают такие факторы, как заменяемость и взаимозаменяемость, стандартизация и унификация деталей. От этих факторов в значительной степени зависят затраты труда и средств при изготовлении и эксплуатации машины. Они характеризуют общий уровень технического совершенства изделия. Оптимальный уровень взаимозаменяемости, стандартизации и унификации деталей машин устанавливается на основании сопоставления, с одной стороны, затрат времени и средств по их обеспечению при разработке и изготовлении машины и, с другой стороны, эффекта, полученного в процессе эксплуатации от снижения времени простоя, затрат труда и средств на обслуживание и ремонт машины.

Широкое использование стандартных и унифицированных деталей, блочность узлов, удобство контроля технического состояния и проведения восстановительных работ позволяют сократить номенклатуру технических средств, используемых при обслуживании и ремонте машины, а также применять более простые технические средства.

Организационные факторы. К группе организационных факторов, существенно влияющих на характеристики ремонтпригодности машин, относятся:

- 1) квалификация обслуживающего и ремонтного персонала;
- 2) наличие и качество технической документации по эксплуатации;
- 3) система технического обслуживания;
- 4) уровень организации труда при техническом обслуживании;
- 5) способ использования машины;

6) наличие и качество ремонтных нормативов;
7) строгость соблюдения установленной периодичности и объема работ по техническому обслуживанию и ремонту;

8) строгость соблюдения правил эксплуатации.

Квалификация обслуживающего и ремонтного персонала существенно влияет на время проведения технического обслуживания. За счет специального обучения обслуживающего и ремонтного персонала поиску и устранению отказов в машине время простоя машины при текущем ремонте можно сократить в несколько раз.

Важное значение при проведении технического обслуживания имеет наличие и качество технической документации по эксплуатации (инструкции, руководства, описание машины). Качественная разработка технической документации снижает требования к квалификации обслуживающего персонала, позволяет быстро и правильно производить необходимые работы при техническом обслуживании. В документации описываются методы поиска неисправных деталей, даются электрические схемы, указания по замене и регулировке деталей, указания по смазке и т. д.

Системы технического обслуживания и ремонта (виды осуществляемых работ, их периодичность и содержание) разрабатывают в соответствии с особенностями машин и условиями их эксплуатации.

Ремонтопригодность машин определяется как качеством ремонтов, так и длительностью межремонтных сроков. Она может быть увеличена за счет увеличения межремонтных сроков, т. е. за счет своевременного проведения контрольно-регулирующих и наладочных работ. Однако при этом возрастает объем обслуживания, что требует увеличения штата обслуживающего и ремонтного персонала, расширения ремонтной базы и т. д. Вполне очевидно, что имеется определенное оптимальное значение длительности периода технического обслуживания, при котором обеспечивается лучшее соотношение между ремонтопригодностью машин и объемом их технического обслуживания в заданных условиях эксплуатации. Все это учитывается при разработке системы технического обслуживания. Плохая организация технического обслуживания может свести на нет все меро-

приятия, проводимые по повышению ремонтпригодности машин при их конструировании и производстве. Например, если для технического обслуживания машины выделено недостаточное количество обслуживающего персонала, то время ожидания обслуживания может превзойти само время обслуживания.

Большое значение имеет и то, как используются машины. Например, если машина работает непрерывно, то возникновение отказа обычно устанавливается своевременно и мероприятия по его устранению начинаются сразу после обнаружения отказа. Если же машина предназначена для эпизодического и кратковременного применения, а ее исправность периодически не проверяется, то она может длительное время находиться в неисправном состоянии.

Факторы условий эксплуатации. К этой группе факторов относятся:

- 1) горнотехнические;
- 2) погодноклиматические;
- 3) условия размещения деталей;
- 4) условия обслуживания (освещенность, подготовленность места и т. д.).

Значения показателей ремонтпригодности, определяемые для разных условий эксплуатации машины, могут быть совершенно различными. Например, затраты времени на вынужденное восстановление карьерных экскаваторов ЭКГ-8И в расчете на 1 млн. т переработанной горной массы составляют: при экскавации пород I категории по трудности — 21,58 ч, при экскавации пород II категории — 21,60 ч, III категории — 22,78 ч, IV и V категорий — 24,2 ч. Для экскаваторов ЭКГ-8 эти значения соответственно составляют 25,8; 27,16; 32,7 и 34,64 ч.

Значительное влияние на ремонтпригодность машин оказывает окружающая среда. В главе II подробно описывалось влияние окружающей среды на надежность и долговечность машин и оборудования. Аналогично воздействует среда и на показатели ремонтпригодности. Например, у карьерных экскаваторов в период низких температур эти показатели по сравнению с их средними значениями меняются следующим образом:

наработка на отказ снижается в 1,6—2,4 раза;

параметр потока отказов и частота вынужденных ремонтов увеличиваются в 2,2—2,3 раза;

среднее время вынужденного восстановления возрастает в 1,3—1,8 раза;

коэффициент готовности снижается в 1,6—2,4 раза;

расход запасных частей и материалов на ремонтно-эксплуатационные нужды возрастает в 5—8 раз;

трудоемкость восстановлений увеличивается в 2,0—2,7 раза.

Условия обслуживания (освещенность, шумы, подготовленность места и т. д.) также влияют на показатели ремонтпригодности. В неподготовленных условиях увеличиваются объем и время профилактического и текущего обслуживания.

Факторы материально-технического обеспечения. К ним относятся:

1) техническое оснащение ремонтных работ (инструментом, средствами механизации и т. п.);

2) полнота удовлетворения требований в материалах и запасных частях.

Эта группа факторов оказывает значительное влияние на время технического обслуживания и, следовательно, на ремонтпригодность машины, так как время простоя машины из-за отсутствия необходимого узла или детали, инструмента или средств механизации непосредственно входит во время технического обслуживания, которое является основным критерием оценки ремонтпригодности.

Техническое оснащение работ, выполняемых при обслуживании и ремонте машин, оказывает существенное влияние как на продолжительность обслуживания, так и на трудозатраты и качество обслуживания и ремонта. Техническая оснащенность оценивается стоимостью применяемых средств обслуживания и ремонта, отнесенной к стоимости обслуживаемой (ремонтируемой) машины или к числу специалистов, привлекаемых к этим работам.

Знание факторов, оказывающих влияние на уровень ремонтпригодности, правильный их учет позволяют создавать машины, обладающие требуемыми эксплуатационно-техническими свойствами.

§ 2. Требования, предъявляемые к показателям ремонтпригодности

Для обеспечения ремонтпригодности машин необходимо, чтобы количественные значения ее показателей задавались в техническом задании на конструирование и проверялись при разработке конструкции машины, ее изготовлении и эксплуатации. Но предварительно для каждого вида горного оборудования и каждой группы горнотехнических и погоднo-климатических условий эксплуатации должна быть задана определенная совокупность показателей ремонтпригодности, должны быть установлены количественные их значения и методы их оценки. Это необходимо потому, что практически невозможно создать машину или оборудование, которые в процессе эксплуатации не требовали бы технического обслуживания.

Показатели ремонтпригодности машин рассчитывают с учетом следующих факторов:

1) периодичность, содержание и объем технического обслуживания машин;

2) квалификация обслуживающего и ремонтного персонала;

3) доступность, легкосъемность, взаимозаменяемость узлов и деталей, применение стандартизованных и унифицированных деталей;

4) применение конструкций и схем с ограниченными последствиями отказов;

5) применение узлов блочного характера исполнения;

6) легкость замены быстроизнашивающихся деталей и узлов в процессе эксплуатации без чрезмерных затрат времени и использования сложного оборудования, а также обслуживающего персонала высокой квалификации;

7) качество системы технического обслуживания, регламентирующей структуру ремонтного цикла, нормативы расхода запасных частей, комплектующих изделий и материалов;

8) необходимость повторного восстановления изношенных деталей на основе применения прогрессивной технологии упрочнения наплавкой и сваркой.

Очевидно, полноту учета перечисленных требований, предъявляемых к ремонтпригодности машины на стадии ее проектирования, трудно оценить каким-либо

одним показателем. Это можно сделать лишь с помощью комплекса показателей, каждый из которых должен характеризовать какую-либо одну сторону ремонтпригодности. При выборе этих показателей необходимо исходить из того, что они должны:

учитывать все факторы, влияющие на ремонтпригодность машины в целом или отдельных ее узлов и деталей;

давать оценку выполнения основных функций, определяющих фактическое практическое назначение машины;

легко поддаваться расчету на основании статистических данных наблюдений за эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом машины;

быть пригодными для сравнения однотипных машин и деталей в различных условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта;

быть достаточно универсальными, чтобы с их помощью можно было определять ремонтпригодность машин как находящихся в эксплуатации, так и вновь создаваемых;

быть удобными для использования в технических расчетах, технических условиях и заданиях;

быть достаточно простыми для проверки в реальных условиях эксплуатации;

учитывать время исправной работы машины, время планового и вынужденного восстановлений, интенсивность восстановлений, трудовые и материальные затраты на восстановление, техническую оснащенность ремонтных работ и т. д.

Все используемые в настоящее время показатели ремонтпригодности можно разделить на две группы — временные и экономические.

Временные показатели характеризуют время пребывания машины в работоспособном или неработоспособном состоянии за рассматриваемый период эксплуатации в связи с выполнением работ по предупреждению потери работоспособности, по ее поддержанию и восстановлению. Экономические показатели характеризуют затраты труда и материальных средств на проведение технического обслуживания и ремонтов.

В зависимости от конкретного назначения машины и характера выполняемых ею работ на первый план вы-

стует или временная, или экономическая сторона ремонтпригодности. При выборе системы показателей это обстоятельство должно быть учтено. Применение системы показателей позволяет оценить и учесть конструктивные, организационные и эксплуатационные факторы, влияющие на уровень характеристик ремонтпригодности.

§ 3. Время восстановления и элементы, его составляющие

Всякий ремонт машины в большинстве случаев можно разбить на следующие этапы, определив при этом их долю в общем времени ремонта:

- установление наличия неисправности;
- установление места неисправности;
- установление характера отказа;
- отыскание неисправной детали;
- устранение неисправности (ремонт детали или ее замена);

последующая проверка работоспособности машины после ремонта.

Все перечисленные этапы ремонта являются общими для всех видов ремонта, независимо от метода отыскания неисправностей (автоматического или ручного).

При ручном поиске отказавших деталей и ремонте методом замены время отдельных этапов находится в следующем отношении к общему времени ремонта: установление наличия неисправности — 3%; установление места неисправности — 2%; установление характера отказа и отыскание неисправной детали — 65%; ремонт детали или ее замена — 15%; последующая проверка работоспособности машины после ремонта — 15%.

Из сказанного следует, что большая часть времени затрачивается на поиск и установление причины и характера неисправности, а собственно устранение неисправности требует гораздо меньшего количества времени. Поэтому при рассмотрении ремонтпригодности машин серьезное внимание должно уделяться вопросам разработки встроенных средств автоматического контроля неисправностей.

Каждый этап ремонта машин связан с определенными действиями ремонтного персонала. При проведении любого ремонта слесарь-ремонтник осуществляет следующие обязательные операции:

- 1) осмотр машины и ее узлов;
- 2) консультация с обслуживающим персоналом (машинистом или его помощником);
- 3) получение приборов и инструмента;
- 4) ознакомление с техническим описанием машины, инструкцией по ее эксплуатации, с ее конструктивными особенностями;
- 5) проведение необходимых измерений с помощью измерительных приборов и анализ измерений;
- 6) разборка агрегата, узла, блока и т. д. с целью обеспечения доступности отказавшей детали;
- 7) попутная чистка и смазка узлов и деталей;
- 8) получение сменной детали (в случае необходимости замены);
- 9) удаление, замена или восстановление неисправной детали;
- 10) сборка агрегата, блока, узла и т. д.;
- 11) регулировка;
- 12) запись результатов ремонта в техническом паспорте машины.

С точки зрения использования время ремонта можно разделить на следующие группы: активное, административное и время обеспечения.

Активное время — это часть времени ремонта, необходимого на непосредственное устранение неисправности. Административное — это время вынужденного ожидания по организационно-техническим причинам. Время обеспечения — это время, связанное с получением материалов, оборудования, приборов, сменных узлов или деталей, инструмента и т. д.

Такое деление времени ремонта помогает выявить недостатки и ошибки в организации ремонта машин и оборудования.

Известно, что на горных предприятиях простои при проведении ремонтов из-за их непродуманной организации в несколько раз превосходят активное время ремонтов.

§ 4. Изменение времени и трудоемкости восстановления машин в зависимости от длительности их эксплуатации

Как уже было сказано, любая машина, а также ее узлы и детали в процессе использования по назначению подвергаются старению. Для поддержания машины в работоспособном состоянии и обеспечения эффективности ее использования необходимо производить техническое обслуживание и ремонт. Затраты, связанные с обслуживанием и ремонтом машин в процессе их эксплуатации, постоянно увеличиваются в связи с возрастающим износом деталей и узлов. В настоящее время эти затраты в горнодобывающей промышленности нередко в 2—3 раза превышают первоначальную стоимость машин. Следовательно, в какой-то момент эксплуатации машины затраты на поддержание ее работоспособности могут оказаться настолько велики, что ее дальнейшая эксплуатация станет невыгодной для предприятия-потребителя. Иными словами, затраты на ремонтно-эксплуатационные нужды ограничивают срок службы машин. Оптимальный срок службы машин определяют путем установления экономической зависимости между сроком их службы и затратами на их содержание.

Сказанное покажем на примере. Простой экскаватора ЭКГ-4 в связи с ремонтно-восстановительными работами составляют: в первом году эксплуатации — 390 ч, во втором — 415 ч, в третьем — 723 ч, в четвертом — 768 ч, в пятом — 787 ч, в шестом — 1068 ч, в седьмом — 1200 ч и т. д. С увеличением простоев уменьшается время исправной работы экскаваторов. Так, время исправной работы экскаватора ЭКГ-4 составляет: в первом году эксплуатации — 4900 ч, во втором — 4700 ч, в третьем — 4513 ч, в четвертом — 4420 ч, в пятом — 4200 ч, в шестом — 4080 ч, в седьмом — 3978 ч и т. д.

Уменьшение времени исправной работы и увеличение времени простоев, связанных с увеличением длительности эксплуатации, вызывают соответствующее увеличение эксплуатационных расходов на содержание оборудования. Так, затраты на техническое обслуживание

и ремонт экскаватора ЭКГ-4 составляют: в первом году эксплуатации — 3900 руб., во втором — 8850 руб., в третьем — 11 650 руб., в четвертом — 12 390 руб., в пятом — 14 600 руб. и т. д.

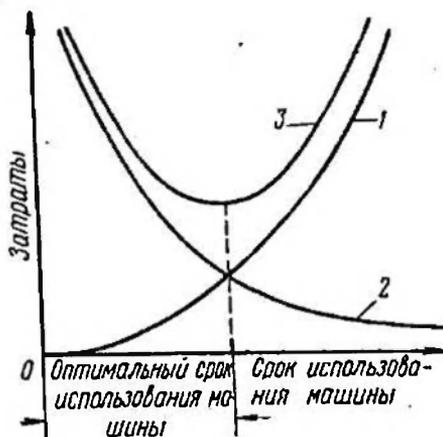
Абсолютные затраты хотя и достаточно наглядны, но не всегда позволяют оценить ремонтпригодность оборудования, поскольку они не связаны с его производительностью. Поэтому для проведения сравнительных оценок гораздо удобнее использовать затраты времени, труда или денежных средств на ремонтно-эксплуатационные нужды оборудования, приходящиеся на единицу выполненной работы. В этом случае затраты называют удельными или относительными. Так, например, для того же экскаватора ЭКГ-4 удельные затраты на текущие ремонты в расчете на 1 тыс. т переработанной горной массы составляют: в первом году эксплуатации — 1,9 руб., во втором — 2,8 руб., в третьем — 3,6 руб., в четвертом — 4,1 руб., в пятом — 4,5 руб., в шестом — 4,8 руб., в седьмом — 5,8 руб. и т. д. В то же время удельные затраты на капитальный ремонт, несмотря на некоторое возрастание абсолютных затрат на их проведение от цикла к циклу, с увеличением длительности эксплуатации постепенно снижаются. Так, удельные затраты на капитальный ремонт экскаватора ЭКГ-4 в расчете на 1 тыс. т горной массы составляют: в первом году эксплуатации — 9,6 руб., во втором — 4,7 руб., в третьем — 3,5 руб., в четвертом — 2,3 руб., в пятом — 1,9 руб., в шестом — 1,5 руб., в седьмом — 1,4 руб. и т. д.

Оптимальный срок службы машины и эффективность ее использования определяют с учетом суммарных удельных затрат на ее ремонтно-эксплуатационные нужды, отражающих как текущие, так и капитальные ремонты. Под влиянием удельных затрат на текущие ремонты эти суммарные затраты должны увеличиваться, а под влиянием удельных затрат на капитальные ремонты — уменьшаться. В первый период работы машины удельные затраты на ее эксплуатацию будут непрерывно уменьшаться. Затем, когда затраты на текущие ремонты возрастут значительно, суммарные удельные затраты в случае продолжения дальнейшей эксплуатации также начнут возрастать. Следовательно, оптимальный срок службы, наиболее выгодные показатели

надежности и ремонтпригодности машины надо определять по минимуму удельных затрат.

Рис. 1. Характер изменения удельных затрат на ремонт и эксплуатацию машин:

1 — удельные затраты на эксплуатацию и текущие ремонты; 2 — удельные затраты на капитальный ремонт; 3 — суммарные удельные затраты



Для наглядности на рис. 1 показан характер изменения удельных затрат при эксплуатации машин.

§ 5. Методы повышения ремонтпригодности горного оборудования.

Обеспечение высокого уровня ремонтпригодности машин часто влечет за собой усложнение их конструкций, приводит к увеличению их габаритов, веса и стоимости и, в известной степени, к ухудшению свойств безотказности. Поэтому определение объема требований по обеспечению ремонтпригодности необходимо осуществлять в зависимости от назначения и особенностей эксплуатации машин и обязательно с учетом характеристик их безотказности в выбранной стратегии профилактики.

Могут быть выделены методы обеспечения ремонтпригодности, используемые при конструировании машин, при производстве машин, и при эксплуатации.

К методам повышения ремонтпригодности, используемым в процессе конструирования, следует отнести:

обеспечение доступности, легкоосъемности и взаимозаменяемости агрегатов, узлов, блоков при их техническом обслуживании и ремонте;

упрощение конструкций деталей и узлов;

- применение надежных деталей и узлов;
- применение типовых стандартизованных и унифицированных деталей и узлов;
- уменьшение габаритов и веса деталей и узлов;
- автоматизация поиска неисправностей;
- применение конструкций и схем с ограниченным последствием отказов.

К методам повышения уровня ремонтпригодности на стадии производства относятся:

- рациональная организация ремонта и труда слесарей-ремонтников;

- применение таких технологических процессов, которые при приемлемых затратах обеспечивали бы выполнение требований к точности и чистоте поверхностей, состоянию поверхностного слоя сопрягаемых и рабочих поверхностей деталей и т. п.;

- совершенствование системы контроля качества и испытаний изготовленной продукции, в результате которого исключается пропуск на последующие операции обработки и сборки деталей и готовых изделий, не соответствующих требованиям технической документации.

В настоящее время производство располагает широким арсеналом методов и технологических приемов, применение которых позволяет обеспечить требуемые свойства изделий при приемлемом уровне затрат на их изготовление.

Важное значение для обеспечения свойств и характеристик ремонтпригодности машин при изготовлении имеет система контроля качества. Существующие в настоящее время методы и организационные формы контроля качества и применяемые при этом технические средства контроля позволяют производить объективную оценку качества изготовленной продукции.

К методам повышения ремонтпригодности машин, используемым в процессе эксплуатации, можно отнести:

- своевременное и качественное выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту;

- повышение квалификации рабочих, привлекаемых к обслуживанию и ремонту;

- совершенствование организации труда при обслуживании и ремонте;

соблюдение правил эксплуатации и режимов использования машин и оборудования;
применение методов прогнозирования отказов;
сбор и систематическое обобщение опыта эксплуатации.

Ниже подробно рассматриваются наиболее рациональные пути повышения ремонтпригодности машин и оборудования в условиях их эксплуатации.

§ 6. Обеспечение ремонтпригодности горного оборудования эксплуатационными мероприятиями

Совершенствование системы ремонтов

Аварийность и низкий коэффициент использования горного оборудования объясняются целым рядом причин, в том числе применением устаревшей системы ремонтов. Применяемые в настоящее время системы ремонтов горного оборудования далеко не в полной мере отражают сдвиги, которые произошли за последние десять лет в области конструирования, производства и использования горного оборудования. В существующей системе ремонтов продолжительность межремонтных периодов выражается в календарном времени. Однако практика эксплуатации свидетельствует о том, что показателем износа горного оборудования и его потребности в ремонте является не календарное время работы, а объем выполненных горных работ с дифференцированным учетом горнотехнических и других условий эксплуатации.

Например, межремонтный период угольных комбайнов «Донбасс-1» установлен 8 месяцев, причем этот межремонтный срок установлен с учетом бесперебойной работы только подающей части и электродвигателя комбайна. В результате этого через каждые 8 месяцев комбайн целиком выдается из шахты и отправляется на ремонтное предприятие для выполнения капитального ремонта, хотя другие детали и узлы его, например, режущая часть, грузчик, могут работать гораздо дольше. Аналогичная картина наблюдается и по другим горным машинам. Например, для поддержания экскаваторного парка в исправном состоянии на угольных, руд-

ных и нерудных карьерах применяется система ремонтов, в соответствии с которой за ремонтный цикл, равный 4 годам, каждый экскаватор проходит 44 текущих (месячных), 2 годовых, 1 средний и 1 капитальный ремонты. Ежегодные плановые простои экскаваторов в ремонте равны: ЭКГ-4 и ЭКГ-4,6 — 49 суток, ЭКГ-8 и ЭКГ-8И — 55 суток, ЭШ-6/60, ЭШ-8/60 и ЭШ-10/60 — 68 суток, ЭШ-14/65, ЭШ-14/75 и ЭШ-15/90 — 90 суток. Такие потери времени на ремонты, безусловно, снижают коэффициент использования оборудования.

Анализ конструкций современного горного оборудования свидетельствует о том, что подавляющее большинство машин и механизмов выпускается с легко расчленяемыми узлами и агрегатами, что позволяет применять агрегатно-узловой метод ремонта. Такой метод ремонта горного оборудования дает значительную экономическую эффективность. Так, например, годовая экономия за счет применения агрегатно-узлового ремонта угольного комбайна составляет более 700 руб., породопогрузочной машины — более 750 руб., экскаватора ЭКГ-4,6 — более 5000 руб., экскаваторов ЭКГ-8 и ЭКГ-8И — более 8000 руб. -

В связи с внедрением агрегатно-узлового и других прогрессивных методов организации ремонтов в настоящее время изменяются и сами системы ремонтов. Так, с целью улучшения организации и снижения стоимости ремонтных работ на предприятиях Уральского асбестового горнообогатительного комбината в 1970—1972 гг. были разработаны и внедрены оптимальные по уровню надежности межремонтные периоды экскаваторов с учетом условий их эксплуатации и обоснованы объемы и содержание каждого вида ремонтов.

В новой системе ремонтов чередование и виды ремонтов определены объемом выполненных горных работ в тысячах тонн горной массы и уровнем безотказности экскаваторов не ниже 0,92. Учитывая особенность разработки асбестовых руд, межремонтные периоды экскаваторов дифференцированы по трем группам горнотехнических условий эксплуатации. Показатели новой системы ремонтов для экскаваторов ЭКГ-8 и ЭКГ-8И приведены в табл. 3—6.

Новая система ремонтов с оптимальными по уровню надежности межремонтными сроками предусматривает

Таблица 3
Простой экскаваторов в ремонте за ремонтный цикл, ч

Экскаваторы	Виды ремонтов						Итого за ремонтный цикл
	ТУ	Т1	Т2	Т3	С	К	
ЭКГ-8	192	768	512	384	288	528	2672
ЭКГ-8И	192	762	384	288	240	528	2394

Таблица 4
Трудоёмкость ремонтов экскаваторов за ремонтный цикл, чел-ч

Экскаваторы	Виды ремонтов						Итого за ремонтный цикл
	ТУ	Т1	Т2	Т3	С	К	
ЭКГ-8	768	4224	3584	3072	2034	8448	22 130
ЭКГ-8И	768	4224	2688	2034	1920	8448	20 082

Таблица 5
Удельные затраты времени на проведение ремонтов,
ч/1 млн. т

Экскаваторы	Категория пород по трудности экскавации		
	I	II, III	IV, V
ЭКГ-8	129	176	265
ЭКГ-8И	113	151	227

Таблица 6
Удельные трудовые затраты на проведение ремонтов,
чел-ч/1 млн. т

Экскаваторы	Категория пород по трудности экскавации		
	I	II, III	IV, V
ЭКГ-8	1085	1481	2222
ЭКГ-8И	964	1285	1927

проведение за ремонтный цикл 24 ремонта вместо 30. Продолжительность одного ремонта по новой системе увеличилась, что позволило повысить качество ремонтов и снизить аварийность. Новая система ремонтов устанавливается для экскаваторов единый сопоставимый показатель их работы — объем выполненных горных работ и трудоемкость ремонтов. В сравнении с ранее применявшейся системой она имеет лучшие показатели (табл. 7).

Таблица 7
Сравнительные показатели старой и новой систем ремонтов

Экскаваторы	Трудоемкость ремонта, чел-ч/1 млн. т	
	по старой системе	по новой системе
ЭКГ-8	2542	1481
ЭКГ-8И	2542	1285

Фактическая годовая экономия от внедрения новой системы ремонтов в условиях Уральского асбестового горнообогатительного комбината составила более 240 тыс. руб.

Восстановление изношенных деталей машин

Важным средством снижения трудоемкости ремонтов и повышения ремонтпригодности машин является восстановление изношенных деталей и повторное их использование. Ниже рассматривается эффективный метод, применяемый для восстановления деталей, — метод наплавки.

Затраты времени и труда при реставрации изношенных деталей машин современными способами автоматических наплавок составляют всего 5—8% от затрат времени и труда на изготовление новых деталей.

При современном уровне развития сварочной техники на горных предприятиях наиболее эффективным способом реставрации изношенных деталей является автоматическая наплавка под слоем флюса. Этот способ на-

столько прост, что его можно применять в любых механических мастерских карьеров и шахт. Производительность труда при его применении по сравнению, скажем, с ручной электродуговой сваркой возрастает в 10 и более раз. Сказанное наглядно подтверждается данными, приведенными в табл. 8.

Таблица 8

Производительность труда при восстановлении изношенных деталей путем наплавки

Способ наплавки	Производительность, кг/ч
Ручная газовая	0,6—0,8
Ручная электродуговая	0,8—1,0
Ручная электродуговая пучком электродов	1,2—1,6
Ручная электродуговая трехфазной дугой	1,9—3,1
Вибродуговая	1,2—2,8
Полуавтоматическая под флюсом	2,3—3,5
Полуавтоматическая в среде углекислого газа	2,8—4,0
Автоматическая под флюсом	4,2—9,5
Автоматическая порошковой лентой	10,0—14,0
Автоматическая в среде углекислого газа	3,0÷4,5
Электрошлаковая	12,0—30,0

В зависимости от величины износа, формы и размеров изнашиваемых поверхностей все реставрируемые методом наплавки детали могут быть разделены на три группы, каждой из которых соответствует определенный метод наплавки (табл. 9).

Детали первой группы обычно изнашиваются на 2—3 мм. Ко второй группе относятся крупногабаритные детали, износ рабочих поверхностей которых достигает 4—10 мм. Третью группу составляют детали, для восстановления которых необходима разработка специальных приспособлений, стенов и кантователей. Детали этой группы изнашиваются наиболее интенсивно (до 15—25 мм), причем износ носит в основном абразивный характер.

Особое внимание при восстановлении деталей наплавкой уделяется выбору электродного материала, который должен обеспечивать высокую прочность и изно-

Таблица 9

Классификация деталей по способу восстановления наплавкой

Детали	Электродный материал	Рекомендуемые средства механизации		
		оборудование для вращения и перемещения деталей	наплавочное оборудование	источник питания

Первая группа

Валы, оси, цапфы	Проволока Нп30ХГСА	Токарные станки, сварочные манипуляторы УСМ-1200, УСМ-5000	Автомат А-580М	Сварочный преобразователь ПСО-500
------------------	--------------------	--	----------------	-----------------------------------

Вторая группа

Колеса, опорные натяжные шкивы, блоки, барабаны	Порошковая лента	Манипуляторы УСМ-1200, УСМ-5000	Автоматы А-384М, А-874М, АДС-1000	Сварочный выпрямитель ВКСМ-1000
---	------------------	---------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

Третья группа

Стенки экскаваторных ковшей, зубья ковшей, рейки рукояти	Порошковая лента	Специальные приспособления, стенды и кантователи	То же	То же
--	------------------	--	-------	-------

состояние наплавленного слоя. Этим требованиям удовлетворяет проволока марки Нп30ХГСА диаметром 2—3 мм. Относительно высокое содержание углерода, а также наличие марганца, хрома и кремния обеспечивают наплавленному металлу хорошее качество. В сочетании с флюсом АН-348 проводка этой марки рекомендуется для наплавки деталей первой группы.

Детали второй и третьей групп рекомендуется наплавлять электродной порошковой лентой, представляющей собой электрод коробчатого сечения, наполненный легированным порошком.

В качестве материалов для порошковой ленты используют стальную низкоуглеродистую холоднокатаную

ленту I или II класса по качеству поверхности, неполированную особо мягкую обрезающую ленту из стали 08КП или из стали 10, а также сталинит, сормайт, железный порошок и ферросплавы.

Наличие большого количества горного оборудования и относительно низкая износостойкость их деталей требуют производства наплавочных работ в больших объемах. Эта задача может быть решена внедрением специализированного высокопроизводительного ремонтно-сварочного оборудования.

Примером такого оборудования могут служить наплавочные установки, выпускаемые фирмой «L and B» (США) и внедренные в производство на Чаунском ремонтно-механическом заводе объединения «Северостокзолото».

Машина модели «С» комплекта ремонтно-сварочного оборудования фирмы «L and B» представляет собой наплавочную установку, предназначенную для восстановления опорных катков, натяжных колес и других деталей цилиндрической формы. Машина снабжена двумя сварочными головками. Наплавляемая деталь устанавливается на шпиндель и закрепляется пневматическим центром. Скорость вращения шпинделя регулируется с помощью регулятора оборотов и выбирается в зависимости от диаметра наплавляемой детали. Сварочные головки автоматически перемещаются на заданный шаг наплавки после каждого оборота детали. Источником питания дуги служит селеновый выпрямитель LCP-500/500, обеспечивающий автономное питание каждой сварочной головки постоянным током до 500 А. Для зажигания дуги машина имеет два высокочастотных генератора.

В качестве наплавочных материалов в машине используется порошковая проволока № 5 фирмы «L and B» и нейтральный флюс. Порошковая проволока при наплавке подается со специальных бобин, установленных рядом с машиной. Масса одной бобины — 225 кг.

Машина «С» оборудована флюсовакуумной системой, автоматически обеспечивающей заполнение флюсового бака нужным количеством флюса. Затвердевший флюс (шлак) просеивается, собирается в отдельную тару и по мере необходимости размалывается во флюсовой мельнице модели FQ. При этом получается регенериро-

ванный флюс, который после добавки 20% свежего флюса снова используется для наплавки. Кроме того, машина имеет счетчики горения дуги, по показателям которых можно определить машинное время использования наплавочной установки.

В комплект ремонтно-сварочного оборудования фирмы «L and B» входит также машина TLM-K, представляющая собой наплавочную установку для восстановления беговой дорожки звеньев гусеницы.

Комплект ремонтно-сварочного оборудования фирмы «L and B» для восстановления наплавкой изношенных деталей горного оборудования выполнен на уровне последних достижений техники. Работа на машинах этого комплекта не требует высокой квалификации оператора, многие операции механизированы и автоматизированы. Однако для наладки машин и надлежащего ухода за ними нужен высококвалифицированный обслуживающий персонал, знакомый с устройством его систем управления. Внедрение комплекта ремонтно-сварочного оборудования позволяет сократить дефицит в запасных частях, улучшить качество ремонта машин, повысить производительность труда ремонтников.

Благодаря внедрению наплавки появляется возможность значительно продлить срок службы ответственных, трудоемких в изготовлении и дорогостоящих деталей, так как стойкость восстановленных наплавкой деталей на 20—30% превышает стойкость новых деталей. Это достигается за счет упрочнения рабочих поверхностей наплавляемых деталей легированными электродными материалами. Срок службы валов со шлицевыми соединениями можно увеличить в 2—3 раза, срок службы валов и осей со шпоночными соединениями, тормозных шкивов и других деталей — в 4—5 раз путем многократной наплавки изношенных поверхностей.

*Повышение качества деталей и узлов
на основе применения
методов упрочняющей технологии*

Основными и многочисленными деталями в горных машинах являются зубчатые колеса, валы, оси и втулки. Зубчатые колеса в большинстве случаев выходят из

стройка из-за недостаточной контактной прочности. Основным методом упрочнения зубчатых колес является цементация с последующей объемной и поверхностной закалкой и отпуском. При этом получается твердость поверхностного слоя зубьев НРС 56—62, глубина цементированного слоя находится в пределах 0,8—2,2 мм (в зависимости от размеров колес).

Однако следует отметить, что упрочнение зубчатых колес путем цементации не обеспечивает достаточной долговечности.

Лучший эффект в повышении сроков службы зубчатых колес достигается при газовом цианировании. Результаты длительных эксплуатационных испытаний цианированных деталей, изготовленных из различных сталей (20Х, 30ХГТ, 38ХГТ, 12ХНЗА и др.), показали, что срок их службы увеличивается в 1,5—2 раза по сравнению с цементированными. Значительный эффект дает механическое упрочнение зубчатых колес после химико-термической обработки. Срок службы шестерен увеличивается в 8—12 раз, если после цементации или цианирования и последующей закалки производить дробеструйный наклеп на установке ДУ-1.

Небольшой срок службы и у втулок горных машин. В зависимости от условий работы срок службы втулок колеблется в пределах от 380 до 3000 ч. Основной причиной износа втулок является действие на них абразивной и гидроабразивной среды.

Повышение износостойкости деталей путем применения для их изготовления легированных сталей, обладающих высокими механическими характеристиками, не всегда целесообразно. Усложнение химического состава стали необходимо лишь в той степени, в какой оно обеспечивает получение высокой твердости (с помощью термообработки) без потери вязкости.

В то же время часто износостойкость детали, изготовленной из более дешевого материала, но подвергнутой поверхностному упрочнению, оказывается не ниже износостойкости детали, изготовленной из высокопрочного материала, а иногда и превышает ее. Анализ способов получения наибольшей твердости поверхностного слоя втулок показывает, что наиболее эффективны для этой цели следующие способы: применение цианированной стали 18ХГТ; наплавка поверхностей твердым спла-

вом Т-590 (стали Ст. 3, Ст. 5 и др.); твердое хромирование (стали 40, 45 и 40Х); борирование.

Износостойкость хромированных втулок возрастает в 2—3, а в отдельных случаях в 4 раза.

Повышение износостойкости деталей типа втулок на небольшую глубину может быть достигнуто путем цианирования их в расплаве, содержащем в качестве цианизатора желтую кровяную соль и как нейтральные соли — хлористый кальций или хлористый барий.

Значительное повышение износостойкости втулок можно получить за счет плазменного напыления твердого сплава марок ПГ-ХН80СР2, ПГ-ХН80СР3 и ПГ-ХН80СР4. Износостойкость втулок после плазменного напыления возрастает в 3—4 раза.

Механизация трудоемких работ при ремонте горного оборудования

Важным средством снижения трудоемкости ремонтов горного оборудования является механизация трудоемких операций. Операции ремонта горных машин на сегодняшний день механизированы слабо. Уровень механизации ремонтных операций составляет 35—50% в условиях ремонтных заводов и 15—25% в условиях горного участка. По существу механизированы только монтажно-демонтажные и доставочно-транспортные работы. Эта проблема особо остро встает с внедрением новых горных машин. Вес сменных узлов и деталей значительно возрос, в результате чего часть средств механизации, применяемых в настоящее время при ремонтных работах, устарела.

Все виды текущих ремонтов и осмотров горного оборудования выполняются непосредственно в условиях горного участка. Капитальные ремонты оборудования целесообразно производить в условиях рудоремонтных или ремонтно-механических заводов. При этом горные предприятия своими силами доставляют на завод ремонтируемое оборудование. Однако при расположении ремонтного завода вблизи горного предприятия капитальные ремонты производят непосредственно на рабочем месте оборудования. На завод доставляют в таком случае только такие узлы и агрегаты, которые требуют

заводской обработки. Для доставки крупного горного оборудования и их узлов на ремонтные заводы используют специальные железнодорожные платформы и трайлеры, а также прицепы-тяжеловозы.

Для механизации монтажных и демонтажных работ при ремонте оборудования на ремонтных площадках горных предприятий и ремонтно-механических заводов применяют козловые, башенные, стреловые автомобильные, железнодорожные, гусеничные и другие краны с достаточно широкой амплитудой грузоподъемности и длины вылета стрелы.

При ремонте горного оборудования в настоящее время исключительно трудоемкими и тяжелыми являются слесарно-сборочные работы. До настоящего времени отсутствуют мощные гайковерты, гидравлические и индукционные съемники, портативные прессы с усилием до 30 тс и т. д. Выпрессовка и запрессовка втулок и других деталей при ремонте экскаваторов производятся бригадой в 4—7 человек вручную.

На некоторых передовых предприятиях страны проделана определенная работа по механизации этих работ. На Чаунском ремонтно-механическом заводе объединения «Северовостокзолото» для механизации слесарно-сборочных работ внедрен пресс модели М-44, предназначенный для распрессовки и запрессовки гусеничных лент ходовых тележек землеройных машин. Этот пресс имеет два гидроцилиндра, создающих усилие 160 тс каждый. Усилие регулируется в зависимости от типоразмера распрессовываемой гусеницы. Ход поршней гидроцилиндров составляет 150 мм. Давление в гидросистеме создается плунжерным насосом и равно 400 кгс/см². На штоках гидроцилиндров пресса установлено специальное приспособление, позволяющее одновременно запрессовывать и распрессовывать втулку и палец. Пресс RiP имеет передвигатель, обеспечивающий перемещение гусеницы на один шаг после цикла распрессовки или запрессовки пары звеньев. В состав пресса входит механический ключ. На этом же заводе внедрен пресс фирмы «L and V», предназначенный для сборки и разборки опорных катков и натяжных колес ходовой части землеройных машин. Пресс имеет рабочий цилиндр горизонтального действия с рабочим усилием 50 тс.

Описанные средства механизации значительно повышают производительность труда при выполнении слесарно-сборочных работ, и их следует рекомендовать к применению на ремонтных базах.

Благодаря своевременной доставке необходимых для ремонтных нужд грузов и инвентаря могут быть значительно сокращены простои оборудования в ремонте и стоимость ремонтов и увеличена производительность труда ремонтников.

В настоящее время отечественной промышленностью не выпускаются специализированные технические средства доставки ремонтных грузов и инвентаря в условиях горных предприятий. Исключением являются только железнодорожные платформы, которые нашли широкое применение на карьерах. Но использование железнодорожных платформ для доставки ремонтных грузов и инвентаря возможно только на карьерах с железнодорожным транспортом. Поэтому обычно горнодобывающие предприятия создают технические средства доставки ремонтных грузов и инвентаря своими силами путем переоборудования имеющихся в их распоряжении бортовых автомашин, автосамосвалов, прицепов, тягачей и других машин.

Снижение трудоемкости ремонтных работ, внедрение средств механизации и повышение эффективности их использования могут быть достигнуты путем приближения производственных условий ремонтов оборудования к заводским. Эта задача осуществима при внедрении специальных передвижных ремонтных мастерских — ремонтных поездов. В зависимости от технологических особенностей горных предприятий ремонтные поезда могут быть созданы как на железнодорожном, так и на пневмоколесном ходу.

Ремонтные поезда обеспечивают комплексную механизацию такелажных, регулировочно-наладочных и слесарно-сборочных операций; внедрение крупноузлового метода ремонта; комфортные условия труда ремонтного персонала; повышение производительности труда при ремонте.

Ремонтные поезда комплектуют стандартизованным и нестандартным оборудованием для выполнения всех видов ремонтных работ.

Внедрение ремонтных поездов в практику горнодо-

бывающих предприятий может дать значительный экономический эффект и повысить культуру труда ремонтного персонала.

Модернизация оборудования

В техническом перевооружении горнодобывающей промышленности наряду с вводом в действие нового оборудования важное место занимает модернизация действующего оборудования. Модернизация призвана поднять технический уровень находящегося в эксплуатации горного оборудования до уровня требований современной техники.

Рациональной является практика проведения модернизации действующего оборудования в процессе его капитального ремонта. Модернизация обычно охватывает не более 5% парка действующего оборудования.

Высокая трудоемкость ремонта горного оборудования, как мы уже отмечали, вызывается главным образом недостатками конструкции. Так, например, практика показывает, что одним из главных недостатков в конструкции горного оборудования является применение подшипников скольжения. Интенсивность и неравномерность износа подшипников скольжения нарушает нормальное сопряжение трущихся пар и снижает надежность оборудования. Замена подшипников скольжения подшипниками качения уменьшает расход смазки в 5—10 раз, а трудовые затраты на проведение технического обслуживания и ремонта на 20—30%. Например, перевод подшипников скольжения вертикально-поворотных валов экскаваторов ЭКГ-4 на подшипники качения резко уменьшил их аварийность, увеличил производительность и надежность экскаваторов.

Большие передаточные числа редукторов горных машин вынуждают конструкторов применять шестерни с малым числом зубьев, что затрудняет надежное крепление таких шестерен на несущих валах. Этот недостаток можно устранить путем модернизации, а именно, путем замены двух деталей (вала и шестерни) одной деталью — вал-шестерней. При этом срок службы детали увеличивается в 4—5 раз.

Повышения технического уровня, надежности и долговечности действующего оборудования можно добиться

ся также путем модернизации систем управления им. В главе II мы говорили, что надежность экскаваторов ЭКГ-8 с системой управления Г—Д с СМУ намного выше надежности тех же экскаваторов с системой управления Г—Д с ЭМУ—ПМУ, что связано со сложностью конструкции электромашинного усилителя (ЭМУ). Щеточный аппарат и коллектор электромашинного усилителя в условиях эксплуатации требуют тщательного ухода. Их состояние, а также нарушение степени компенсации зачастую нарушают нормальную работу электромашинного усилителя, вызывают простои оборудования. Поэтому в настоящее время идет процесс повсеместного переоборудования экскаваторов ЭКГ-8 на систему управления Г—Д с СМУ. Модернизация систем управления экскаваторов ЭКГ-8 (перевод их на систему Г—Д с СМУ) позволяет сократить затраты времени на вынужденное восстановление на 40% и количество восстановлений на 32%. Аналогичные примеры можно было бы привести и по другим горным машинам.

Из сказанного видно, что модернизация действующего оборудования является важным средством повышения его надежности и ремонтпригодности.

ГЛАВА IV

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 1. Виды технического обслуживания

Как было сказано выше, под техническим обслуживанием понимают мероприятия, обеспечивающие поддержание оборудования в работоспособном состоянии и продление срока его службы. Мероприятия по техническому обслуживанию можно разделить на следующие группы:

- 1) контроль технического состояния;
- 2) профилактическое обслуживание;
- 3) текущее техническое обслуживание, т. е. ремонт.

Контроль технического состояния производится с целью оценки работоспособности оборудования и сводится к сопоставлению фактических значе-

ний основных характеристик узлов и деталей оборудования с номинальными их значениями. По результатам этого сопоставления дается заключение о техническом состоянии оборудования. Мероприятия по контролю технического состояния машины или оборудования проводятся на всех этапах их работы, профилактического обслуживания и ремонта.

Профилактическое обслуживание направлено на сохранение оборудования в состоянии, обеспечивающем заданные уровни надежности и долговечности на основе своевременного предупреждения неисправностей, выявления и устранения их и причин их возникновения. Профилактическое обслуживание включает контроль, проверку и регулировку узлов и деталей оборудования.

Текущее техническое обслуживание (ремонт) осуществляют с целью устранения возникших в оборудовании неисправностей и восстановления его эксплуатационных свойств.

Строгое соблюдение дисциплины по техническому обслуживанию позволяет своевременно и планомерно проводить восстановительные операции и профилактические мероприятия. Эти мероприятия в совокупности составляют систему плано-предупредительных ремонтов (ППР). Системы плано-предупредительных ремонтов оборудования в горнодобывающей промышленности получили различные организационные и структурные формы.

§ 2: Система плано-предупредительных ремонтов

Система плано-предупредительных ремонтов оборудования отражает специфику плановой социалистической промышленности и способствует повышению надежности и долговечности горного оборудования. Она выдержала испытание временем и показала свои бесспорные преимущества перед другими системами ремонтов, например перед системой послеосмотровых ремонтов.

Основное содержание системы ППР состоит в предотвращении прогрессивного нарастания износа, исключении неисправностей и преждевременного выхода из строя деталей и узлов действующего оборудования, под-

держании оборудования в постоянной готовности к работе и обеспечении его производительной и надежной работы.

ППР состоит из циклически повторяющихся во времени организационных и технических мероприятий профилактического характера по осмотру и контролю состояния основных механизмов, деталей и узлов оборудования, устранению всех замеченных неисправностей, а также ремонтов, полностью восстанавливающих работоспособность оборудования.

Производятся работы по уходу за оборудованием: смазка трущихся пар, регулировка, очистка, уборка, мойка и другие работы, снижающие интенсивность изнашивания рабочих поверхностей и предупреждающие появление неисправностей.

Система ППР предполагает также регулярную плановую замену смежных деталей и узлов оборудования, срок службы которых истек или должен истечь до очередного планового ремонта.

Планово-предупредительные ремонты производятся через равные, заранее планируемые межремонтные периоды, определяемые с учетом условий эксплуатации оборудования, режимов его работы и технического состояния.

Период работы нового оборудования до капитального ремонта или капитально отремонтированного оборудования до следующего капитального ремонта называется ремонтным циклом. Структура ремонтного цикла, т. е. виды ремонтов, их периодичность и чередование, обуславливается системой ППР и одинакова для однотипных моделей оборудования.

Основными структурными элементами системы планово-предупредительных ремонтов являются: длительность ремонтного цикла, длительность межремонтного периода, длительность простоя оборудования во время плановых ремонтов, трудоемкость ремонта оборудования.

Длительность ремонтного цикла и межремонтных периодов оборудования определяется сроком службы основных, наиболее трудоемких и быстроизнашивающихся деталей.

Продолжительность и трудоемкость ремонтов оборудования определяются с учетом состава ремонтного

звена, уровня механизации трудоемких работ, принятой технологической последовательности выполняемых операций.

По нормативам трудозатрат система ППР предусматривает технологическую последовательность работ:

- 1) подготовка ремонтной площадки;
- 2) очистка оборудования от грязи, пыли и масла;
- 3) разборка оборудования на узлы и детали;
- 4) составление дефектной ведомости;
- 5) ремонт и восстановление изношенных деталей и узлов;
- 6) сборка, выверка, настройка, регулировка и испытание узлов и аппаратов;
- 7) общая сборка, выверка и обкатка машины;
- 8) дополнительная настройка узлов под нагрузкой.

Предупреждая износ оборудования и устраняя случайный выход его из строя, система ППР создает необходимые условия для наиболее эффективного использования оборудования, снижает стоимость и трудоемкость ремонтных работ, способствует улучшению качества ремонтов.

Существующая система планово-предупредительных ремонтов горного оборудования не должна рассматриваться как неизменная, навсегда заданная и постоянная. С ростом уровня надежности, долговечности и ремонтпригодности вновь создаваемой и внедряемой в производство горной техники, с интенсификацией режимов ее эксплуатации, совершенствованием системы управления и планирования горного производства должна совершенствоваться и система планово-предупредительных ремонтов.

§ 3. Выбор оптимальной структуры ремонтного цикла

Выше говорилось, что основными характеристиками системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) являются длительность и структура ремонтного цикла и продолжительность межремонтных периодов. Правильный выбор указанных характеристик оказывает непосредственное влияние на надежность и долговечность оборудования. Для выбора наивыгоднейших значений этих характеристик нужно знать, как эти характеристи-

ки влияют на показатели надежности и долговечности и затраты, связанные с ремонтом.

При разработке системы ППР необходимо учитывать следующее:

периодичность ремонтов и длительность межремонтного периода определяются минимальным сроком службы быстрознашивающихся деталей, однако сроки службы быстросменных деталей (например, зубья и коронки зубьев ковшей экскаваторов, резцы выемочных и проходческих комбайнов), которые можно заменить во время осмотра машины, на периодичность ремонтов не влияют:

при каждом ремонте наряду с изношенными заменяются и такие детали, срок службы которых истекает раньше следующего ремонта;

межремонтные сроки оборудования определяются с учетом горнотехнических и других условий эксплуатации, условий безопасности и рентабельности.

Для разработки новой и анализа применяемой структуры ремонтного цикла все детали оборудования группируются по срокам службы. Сроки службы деталей и узлов определяются исходя из предельных величин их износа. Но следует отметить, что до настоящего времени не существует научно обоснованной методики определения естественного износа деталей горных машин, отсутствуют данные о величинах предельного износа деталей и сопряжений для большого количества горных машин и оборудования. Поэтому предельные величины износа приходится определять на основании микрометражных замеров отдельно по каждой детали и для каждой горной машины.

В зависимости от технической сложности ремонтных работ структура ремонтного цикла предусматривает определенные виды ремонтов: технический уход, текущий ремонт (могут быть текущий первый ремонт, текущий второй ремонт и т. д.), средний и капитальный ремонты. Каждый вид ремонта имеет определенное содержание работ, перечень заменяемых деталей и характеризуется определенными предельными величинами трудовых затрат и затрат времени.

При наивыгоднейшей структуре ремонтного цикла обеспечивается постоянство объема и содержания ремонта одного вида, а следовательно, и наиболее полное

соответствие между нормативами на данный вид ремонта и фактическими трудовыми и временными затратами.

Практика эксплуатации горного оборудования свидетельствует о том, что применение оптимальной структуры ремонтного цикла способствует снижению стоимости и трудоемкости ремонтов, повышает производительность и коэффициент использования оборудования.

§ 4. Оптимальные межремонтные периоды с учетом требований надежности

Величина межремонтного периода является той характеристикой системы планово-предупредительных ремонтов, которая полностью отражает особенности данного оборудования, характер его эксплуатации и ремонта.

Задача выбора оптимальной величины межремонтного периода возникает вслед за определением оптимальной структуры ремонтного цикла.

При сокращении межремонтного периода надежность оборудования, вследствие своевременного проведения ремонтов и контрольно-регулирующих работ, повышается. Однако при этом увеличивается объем профилактических работ. Вполне очевидно, что имеется определенная оптимальная величина межремонтного периода, при которой достигается лучшее соотношение между надежностью и долговечностью оборудования, с одной стороны, и объемом его профилактики — с другой. Оптимальной будет такая величина межремонтного периода, которая при прочих равных условиях обеспечивает наивысший коэффициент технического использования оборудования и минимальный коэффициент его простоя. Отсюда следует, что величина межремонтного периода должна быть увязана с требованиями безотказности оборудования. Другими словами, вероятность безотказной работы оборудования, его узлов и деталей должна находиться в допустимых пределах.

Оптимальную величину межремонтных периодов оборудования определяют на основании кривых вероятностей безотказной работы, построенных с дифференцированным учетом горнотехнических и других условий эксплуатации.

Как всякая вероятность, вероятность безотказной работы машины или оборудования изменяется от 0 до 1 (в процентах — от 0 до 100). В начале работы оборудования после ввода в эксплуатацию или капитального ремонта вероятность безотказной работы равна 1 (100%). После этого, по мере увеличения объемов выполненных горных работ, т. е. по мере постепенного изнашивания или разрегулирования деталей и узлов, она начинает убывать.

Вероятность безотказной работы многих горных машин и комплексов, равная 0,9 (90%), считается вполне удовлетворительной. При этом имеется в виду, что, несмотря на возможные отказы, машина, в соответствии с запланированным уровнем рентабельности и безотказности, должна иметь в течение всего срока работы требуемые производительность и эффективность работы.

При изменении условий эксплуатации и ремонта межремонтные периоды оборудования также должны быть соответствующим образом изменены.

Улучшение конструкции машин, совершенствование методов и технологии ремонтов будут способствовать повышению их надежности и долговечности лишь при условии, если правильно выбраны основные характеристики системы планово-предупредительных ремонтов и, в первую очередь, структура ремонтного цикла и величина межремонтного периода.

§ 5. Организация планово-предупредительных ремонтов

Общие сведения

Организация ремонтных работ имеет большое значение для горных предприятий, так как она в существенной степени влияет на экономическую сторону их деятельности. Это влияние идет по трем основным направлениям: во-первых, качество технического обслуживания и ремонта определяет техническое состояние, производительность и длительность эксплуатации оборудования, обуславливает уровень его использования, а следовательно, и уровень выпуска продукции; во-вторых, длительность самого процесса обслуживания и ремонта определяет время пребывания оборудования в неработоспособном состоянии и также влияет на уро-

вень его использования; в-третьих, процесс обслуживания и ремонта оборудования поглощает много труда, материальных и денежных средств и тем самым увеличивает издержки производства и себестоимость продукции. Отсюда понятно, какое значение имеет рациональная организация ремонта и обслуживания горного оборудования.

Техническая документация

Ремонт горного оборудования осуществляется по технической документации, соответствующей данному виду ремонта или осмотра. Документация состоит из заказа (заявки), дефектной ведомости, технического паспорта ремонтируемого оборудования, рабочих чертежей и узлов, технических условий на ремонт, дополнительных сведений об особых условиях, графика ремонтных работ.

Капитальный ремонт оборудования производится на ремонтно-механическом или рудоремонтном заводе по графикам, утверждаемым комбинатом или трестом. Горное предприятие при этом оформляет заказ, к которому прилагаются дефектная ведомость и технический паспорт оборудования. Рабочие чертежи на детали и узлы оборудования обеспечивает конструкторско-технологическое бюро завода.

Дефектная ведомость представляет собой документ, содержащий перечень дефектов и износов, образовавшихся в машине за соответствующий межремонтный период, и подробное описание всех ремонтных работ, подлежащих выполнению.

В процессе ремонтов и осмотров все выполненные мероприятия записываются в технический паспорт. Указывается вид ремонта, сроки его начала и окончания и все изменения, внесенные в конструкцию машины.

Ремонты и осмотры всех видов выполняются по графикам. Различают годовые и месячные графики ремонтов. При составлении графиков ремонтов учитывают: техническое состояние оборудования, объем выполненных им горных работ в данных горнотехнических условиях эксплуатации, объем и содержание предыдущих ремонтов, технологическую связь ремонтируемого оборудования с другими звеньями горного производства.

Комплектность поступающего оборудования

Оборудование, поступающее на очередной ремонт, должно быть полностью комплектным. Подмена исправных деталей, узлов и агрегатов в передаваемом на ремонт оборудовании запрещается, так как у ремонтников должно быть ясное представление о характере взаимодействия деталей и узлов, о причинах и темпах их износа и разрушения, что позволит принимать правильные решения по ремонту, восстановлению и упрочнению изношенных деталей.

Организация рабочего места

Все виды текущих ремонтов и осмотров горного оборудования выполняются непосредственно в условиях горного участка.

Технический уход и осмотр выполняет бригада машинистов с приданием им в необходимых случаях ремонтных рабочих, сварщиков и электрослесарей. Текущие ремонты выполняются силами электромеханических цехов предприятий с участием бригады машинистов.

Капитальный ремонт оборудования целесообразно производить в условиях ремонтно-механических или рудоремонтных заводов. При этом горное предприятие своими силами доставляет на завод ремонтируемое оборудование. Однако при расположении ремонтного завода вблизи рудника капитальный ремонт может быть произведен непосредственно на рабочем месте с вывозом на завод только тех узлов, которые требуют заводской обработки. При этом для снижения трудоемкости ремонтных работ, внедрения средств механизации и улучшения эффективности их использования в условиях горного участка целесообразно использовать специальные передвижные ремонтные мастерские (ремонтные поезда), оборудованные всем необходимым станочным, подъемно-транспортным, электросиловым, сварочным и другим оборудованием.

Прием оборудования в ремонт

Оборудование, сдаваемое в ремонт, должно быть силами заказчика очищено от грязи, пыли и масла,

Исполнитель принимает оборудование по внешнему осмотру с составлением акта о комплектности и соответствии его дефектной ведомости. В акте осмотра указывается, какие детали и узлы оборудования отсутствуют или подменены, какие детали и узлы имеют чрезмерный износ или разрушения.

После подписания акта осмотра оборудование считается принятым в ремонт.

Прием оборудования из ремонта

Окончание работ по капитальному ремонту оформляется актом.

Для приема отремонтированного оборудования от ремонтно-механического или рудоремонтного завода создается комиссия из представителей горного предприятия и завода.

Под наблюдением этой комиссии проводится испытание отремонтированного оборудования в забое в течение не менее 3 суток в нормальных горнотехнических условиях. После трехсуточного испытания, выявления и устранения обнаруженных дефектов комиссия дает заключение о пригодности оборудования к эксплуатации и после этого составляется приемно-сдаточный акт. С момента подписания этого акта оборудование считается принятым из ремонта.

§ 6. Состав системы планово-предупредительных ремонтов

Система планово-предупредительных ремонтов горного оборудования предполагает различные профилактические и ремонтные работы, каждая из которых имеет свое назначение и периодичность проведения.

Ежесменное техническое обслуживание заключается в уходе за оборудованием со стороны производственного, обслуживающего и дежурного ремонтного персонала, четко регламентированном с точки зрения порядка проведения, распределения операций, времени и трудоемкости выполняемых операций.

Ежесменное обслуживание считается основным и решающим профилактическим мероприятием, обеспечивающим значительное увеличение срока службы оборудо-

вания без ремонта, сокращение общего объема ремонтных работ и повышение производительности труда производственных рабочих за счет сокращения простоев оборудования.

Ежесменное техническое обслуживание осуществляется в течение смены, между сменами или в периоды технологических остановок оборудования. Производится оно в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

Ежесуточная проверка правильности эксплуатации и технического состояния оборудования осуществляется механиками и помощниками начальников горных участков, горными мастерами или другими лицами горного надзора согласно специальной инструкции. Эта инструкция содержит правила ежесуточной проверки состояния оборудования; порядок инструктажа машинистов, их помощников и дежурных электрослесарей; порядок исполнения и приемки работ ремонтных слесарей; перечень показателей, необходимых для ежемесячной (в конце месяца) оценки правильности эксплуатации и технического состояния оборудования.

Инструкции по ежесуточной проверке составляются заводами-изготовителями с привлечением отраслевых научно-исследовательских и проектно-технологических организаций.

Ежемесячный ремонтный осмотр (или технический уход) направлен на поддержание работоспособности оборудования путем осмотра, проверки, регулировки механизмов и различных крепежных ремонтов. Осуществляется он силами ремонтных бригад предприятия или горного участка.

Ремонтные осмотры производятся ежемесячно независимо от объема горных работ, выполненных оборудованием. При прерывном режиме работы предприятия они производятся во время ремонтных смен и в выходные дни. При непрерывном режиме работы ежемесячные ремонтные осмотры производятся согласно графику работы оборудования в специально отведенное время.

Текущий ремонт — это ремонт, предназначенный для поддержания оборудования в исправном и работоспособном состоянии, при котором производится замена изношенных деталей и регулировка механизмов

с целью обеспечения нормальной работы оборудования до очередного планового ремонта. Для сложных и уникальных машин, детали и узлы которых имеют большой разброс по срокам службы (например, экскаваторы, станки шарошечного бурения, электровозы, роторные комплексы), выделяют текущий первый ремонт, текущий второй ремонт и т. д. Покажем это на примере карьерных экскаваторов.

Текущий первый ремонт (T_1), как и ежемесячный ремонтный осмотр, направлен на поддержание работоспособности экскаватора путем замены наиболее быстроизнашивающихся деталей, регулирования некоторых узлов, частичного обновления смазки и других мероприятий. T_1 производится при выполнении экскаватором определенного объема горных работ в заданных условиях эксплуатации.

Текущий второй ремонт (T_2) имеет целью восстановление и замену изношенных деталей, проверку состояния изоляции электрических машин, смену масла в редукторах, сезонную наладку механизмов. T_2 производится в среднем через 6 месяцев после начала работы при выполнении определенного объема горных работ.

Текущий третий ремонт (T_3) предусматривает больший по сравнению с T_2 объем ремонтных работ, замену отдельных деталей, узлов и агрегатов, ремонт металлоконструкций. T_3 ориентировочно производится через год работы при выполнении определенного объема горных работ.

Текущие ремонты выполняются согласно специально разработанным нормативам на ремонт данного оборудования. Эти нормативы включают в себя: объем и содержание ремонтных работ по каждому узлу оборудования; продолжительность и трудоемкость ремонтных работ, состав ремонтного звена, нормативы расхода запасных частей, комплектующих изделий, основных и вспомогательных материалов на ремонтные нужды.

Капитальный ремонт предусматривает полное восстановление деталей, узлов и агрегатов оборудования путем устранения износа и восстановления базовых размеров деталей, замены негодных деталей, узлов, основной изоляции электрических машин и т. д. Капитальный ремонт должен обеспечить надежную работу оборудования на протяжении регламентированного меж-

ремонтного периода до следующего капитального ремонта.

Одновременно с капитальным ремонтом осуществляют модернизацию оборудования, его узлов и агрегатов.

§ 7. Материально-техническое обеспечение в системе планово-предупредительных ремонтов

Одним из решающих условий эффективности системы планово-предупредительных ремонтов горного оборудования является обеспечение ремонтных работ комплектами сменных узлов и деталей, в которые входят все необходимые в процессе ремонта детали и узлы. Иногда отсутствие необходимых деталей в комплекте увеличивает время восстановления оборудования. Однако создание чрезмерно больших комплектов экономически нецелесообразно, так как при этом происходит замораживание средств и зачастую дефицитных деталей.

Потребность в сменных деталях и узлах для осуществления текущих ремонтов определяет энергомеханическая служба горных предприятий. Эту потребность, а также неснижаемый запас сменных деталей и узлов подсчитывают исходя из их сроков службы, интенсивности износа, количества оборудования данного наименования, находящегося в эксплуатации, и с учетом ожидаемых сверхнормативных остатков за счет совершенствования системы межремонтного обслуживания, качества проводимых ремонтов и улучшения конструкции оборудования.

Потребность горных предприятий в сменных деталях и комплектующих изделиях для капитальных ремонтов определяет ремонтное предприятие. Оно же содержит и пополняет фонд этих узлов и деталей. Комплекты собирают, как правило, из деталей, признанных годными при дефектировке, восстановленных, на ремонтном предприятии, а также поступивших с завода-изготовителя.

Потребность в сменных деталях, узлах и комплектующих изделиях ремонтное предприятие определяет исходя из заявок шахт и разрезов (соответствующих графикам планово-предупредительных ремонтов) и потребностей самого ремонтного предприятия для производства капитальных ремонтов и создания неснижаемого

запаса деталей и узлов. При определении потребности учитываются детали и узлы, восстановленные или изготовленные на ремонтном предприятии.

Кроме комплектов готовых узлов и деталей, на ремонтном предприятии хранятся заготовки с припуском на окончательную обработку по сопрягаемой детали и черновые заготовки (поковки, отливки).

ГЛАВА V

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 1. Оптимальная надежность

Увеличение эффективности работы горных машин и оборудования, их надежности как для завода-изготовителя, так и для предприятия-потребителя является вопросом экономическим. Для создания надежной машины заводу-изготовителю необходимо использовать высокопрочные, дорогостоящие материалы, усложнять конструкцию машины, совершенствовать технологию производства. Все это нередко повышает стоимость, вес, габариты машин, приводит к увеличению производственных расходов на их создание. Поэтому заводские конструкторы и технологи не всегда охотно идут на улучшение показателей надежности изготавливаемых машин. С другой стороны, предприятия-потребители стремятся получить машины и оборудование с высокими показателями надежности, долговечности и ремонтпригодности.

Таким образом, при конструировании горного оборудования появляется необходимость не только объективно оценить проектируемые показатели надежности, но и согласовать их с требованиями минимизации трудовых затрат на производство оборудования, эксплуатационных затрат и другими требованиями экономического характера, т. е. возникает необходимость найти решения, которые наиболее полно удовлетворяли бы различным, большей частью противоречивым требованиям, предъявляемым к разрабатываемому оборудованию, и

позволили бы принять оптимальные (наивыгоднейшие) по всем рассматриваемым показателям характеристики оборудования. Это математическая задача, сводящаяся к определению условий, при которых выбранная количественная характеристика надежности, долговечности и ремонтпригодности, например вероятность безотказной работы или параметр потока отказов, принимает оптимальное значение.

При исследовании рассматриваемого вопроса могут быть поставлены задачи двух видов:

прямая — определить максимальную надежность, долговечность и ремонтпригодность оборудования при заданных его конструктивных характеристиках (сложности, стоимости, весе, габаритах, технологичности деталей и т. д.);

обратная — определить минимальные значения конструктивных характеристик при заданном уровне надежности.

На практике определение оптимальной надежности чаще всего производится с учетом стоимостных затрат.

Стоимость оборудования, связанная с затратами на повышение надежности, долговечности и ремонтпригодности, зависит от величины начальных затрат и от текущих расходов по содержанию оборудования. Полная стоимость состоит из следующих составных элементов: стоимость разработки, представляющей собой затраты на выполнение проекта, создание опытных образцов и их испытания; стоимость серийного изготовления с учетом испытаний опытных образцов; стоимость эксплуатации. Первые две группы затрат составляют стоимость изготовления оборудования, третья группа — эксплуатационные затраты. Кроме того, должен быть учтен ущерб потребителя от использования ненадежного, недолговечного и недостаточно ремонтпригодного оборудования.

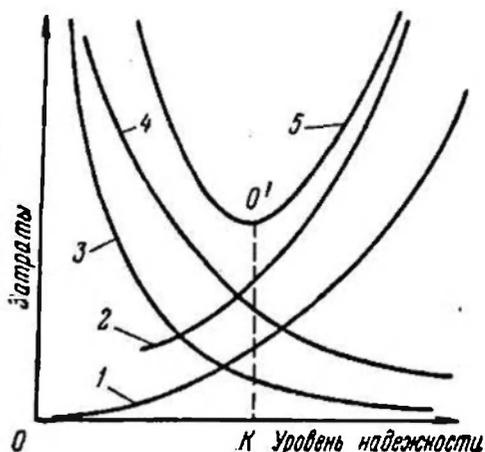
Характер влияния надежности оборудования на уровень затрат показан на рис. 2.

Как видно из рис. 2, с ростом уровня надежности затраты на разработку конструкции и изготовление оборудования увеличиваются, а затраты на его техническое обслуживание и ущерб предприятия-потребителя от недовыработки продукции уменьшаются. Существует такой уровень надежности, при котором суммарные за-

траты принимают минимальное значение. На рис. 2 это значение обозначено точкой O' . Отрезок KO' определяет минимальные суммарные затраты на проектирование,

Рис. 2. Принципиальная зависимость между затратами и уровнем надежности машин:

1 — затраты на проектно-конструкторские работы; 2 — затраты на изготовление; 3 — ущерб от недовыработки продукции из-за низкой надежности; 4 — затраты на техническое обслуживание и ремонт; 5 — суммарные затраты



изготовление и эксплуатацию оборудования; отрезок OK — оптимальный уровень его надежности, долговечности и ремонтпригодности.

§ 2. Экономическая эффективность повышения надежности

Мы установили, что повышение надежности оборудования требует увеличения затрат на его изготовление. Эти затраты связаны с приобретением заводом-изготовителем нового технологического оборудования, внедрением новых технологических процессов, применением новых материалов и т. д.

Эффективность увеличения затрат на повышение надежности оборудования определяется с помощью так называемого коэффициента относительной отдачи, представляющего собой отношение суммы ежегодной экономии при эксплуатации оборудования в результате повышения его надежности к сумме дополнительных затрат на его изготовление.

Например, как показали расчеты, дополнительные расходы по повышению надежности экскаватора ЭКГ-8И составляют 12% от его отпускной цены, или 39,6 тыс. руб. (исходя из стоимости экскаватора 330 тыс. руб.). Годовая экономия при эксплуатации экскаватора с улучшенными показателями надежности составляет 79,2 тыс. руб. Отсюда коэффициент относи-

тельной отдачей за нормативный срок службы экскаватора ЭКГ-8И 15 лет будет равняться 20, т. е. на 1 руб. дополнительных затрат получает 20 руб. экономии.

Напротив, эксплуатация ненадежных и недолговечных машин приводит к значительным материальным потерям в процессе их эксплуатации.

При недостаточной надежности производительность машин из-за появления отказов снижается и оказывается ниже паспортной. При этом для выполнения установленных объемов горных работ требуется большее количество машин. Приобретение дополнительных машин связано с большими капитальными затратами. В горнодобывающей промышленности для этой цели планируется определенный резерв производства машин. Величина резерва устанавливается дифференцированно для каждого вида оборудования и условий его эксплуатации. Например, норматив резерва угольных комбайнов составляет 18% от имеющегося их парка, врубовых машин — 17%, скребковых конвейеров — 12%, ленточных конвейеров — 8%, скреперных лебедок — 15%, буровых станков — 8—15%, высоковольтного электрооборудования — 10%, низковольтного подземного электрооборудования — 15%, низковольтного поверхностного электрооборудования — 10% и т. д.

От уровня надежности оборудования зависит расход металла на ремонтно-эксплуатационные нужды. При одинаковой первоначальной металлоемкости двух машин с различными уровнями надежности расход металла будет меньше для машины с повышенной надежностью.

Уровень надежности машин определяет также потери или экономию в области трудовых ресурсов. Его снижение приводит к задерживанию огромного количества рабочих и привлечению колоссальных средств на изготовление дополнительного оборудования и его ремонт.

Поясним это на примерах. Увеличение срока службы шахтных и рудничных канатов в 3 раза сократило бы их расход на величину, равную объему производства трех крупных заводов. Увеличение срока службы гибких кабелей КШВГ в 2 раза позволило бы получить только в горнодобывающей промышленности более 120 млн. руб. годовой экономии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надежность служит характеристикой практически любой машины и механизма. Отсюда и вытекает та взаимозависимость, которая неразрывно связывает понятия «надежность», «долговечность» и «технический прогресс».

Высокая надежность машин является основой технического прогресса. С другой стороны, научно-технический прогресс дает новые возможности и средства для решения проблемы надежности. Эта проблема в горнодобывающей промышленности стоит особенно остро в связи с тенденцией комплексной механизации и автоматизации основных и вспомогательных производственных процессов добычи полезного ископаемого и его переработки.

В настоящее время в результате многочисленных исследований получены количественные значения показателей, характеризующих надежность целого ряда горных машин и оборудования: выемочных комбайнов, скребковых и ленточных конвейеров, узкозахватных комплексов, струговых установок, экскаваторов, буровых станков, механизированных крепей, электровозов и др.

Однако необходимо сказать о слабой разработанности теоретических основ науки о надежности и, в частности, следующих вопросов:

влияние методов и режимов обработки поверхностей деталей на их эксплуатационные свойства;

методы расчета надежности, долговечности и ремонтопригодности оборудования с учетом износа;

методы и средства ускоренных испытаний оборудования на надежность;

учет требований инженерной психологии и технической эстетики;

систематизация рекомендаций, обеспечивающих необходимый уровень эксплуатационной надежности оборудования на этапе его конструирования;

систематизация показателей для сравнительной оценки машин и механизмов с точки зрения их надежности;

методы выбора оптимальной системы технического обслуживания с учетом конструктивных особенностей оборудования, условий его эксплуатации;

создание и внедрение систем сбора и обработки информации для оценки надежности;

создание и внедрение в практику проектирования, производства и эксплуатации оборудования системы государственных и отраслевых стандартов по вопросам надежности.

Решение этих вопросов будет способствовать улучшению качества изготавливаемого оборудования, созданию и внедрению новых технически надежных и производительных машин и механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банатов А. С. Износ и повышение долговечности горных машин. М., «Недра», 1970.
2. Белоусов В. Ф., П а н о в В. В. Восстановление механизированной наплавкой изношенных деталей горного оборудования открытых разработок. Материалы Всесоюзн. совещ. работников угольн. пром-сти по вопросам мат.-техн. снабжения. М., «Недра», 1969.
3. Волков П. Н., Аристов А. И. Ремонтпригодность машин. М., изд-во стандартов, 1971.
4. Волков П. Н., Аристов А. И., Рачинский В. П. Надежность и некоторые вопросы экономики машин. «Надежность и контроль качества», 1969, № 12.
5. Нормативы на ремонт экскаваторов и дробильно-сортировочного оборудования. М., «Недра», 1965. Авт.: В. А. Голубев, В. Ф. Белоусов, В. А. Ремарчук и др.
6. Эксплуатационная надежность и техническое обслуживание экскаваторов ЭКГ-8 и ЭКГ-8И. Свердловск, изд. СГИ, 1971. Авт.: В. А. Голубев, А. Е. Троп, Н. М. Карасев и др.
7. Голубев В. А. Надежность эргодической системы «машинист-экскаватор». Материалы науч.-техн. семинара «Автоматизация технолог. процессов и управления откр. горными работами». Свердловск, изд. СГИ, 1972.
8. Голубев В. А., Троп А. Е. Влияние квалификации машиниста на эксплуатационную надежность экскаватора. — «Добыча угля открытым способом», № 1. М., изд. ЦНИЭИуголь, 1970.
9. Голубев В. А. О роли машиниста-оператора в формировании режимов управления электроприводами карьерных экскаваторов. Тезисы докладов науч.-техн. конф. «Примен. вычисл. техники и автомат. управление произв. процессами». Пермь, изд. ППИ, 1972.
10. Голубев В. А. Влияние горнотехнических условий эксплуатации на надежность карьерных экскаваторов. «Изв. вузов. Горный журнал», 1969, № 9.
11. Голубев В. А., Жантемиров С. Д. Влияние погодноклиматических условий эксплуатации на надежность карьерных экскаваторов. «Изв. вузов. Горный журнал», 1969, № 11.
12. Кох П. И. Надежность и долговечность одноковшовых экскаваторов. М., «Машиностроение», 1969.
13. Проников А. С. Основы надежности и долговечности машин. М., изд-во стандартов, 1969.
14. Надежность горных машин и комплексов. М., «Недра», 1969. Авт.: А. В. Топчиев, В. Н. Гетопанов, В. И. Солод и др.
15. Тулицын Ю. В., Погодина Э. Н. Оптимальные сроки службы карьерных экскаваторов. Труды НИИТЯЖМАШ УЗТМ, вып. ХП. М., «Машиностроение», 1966.
16. Шухгальтер Л. Я. Экономика долговечности и надежности машин. М., Экономиздат, 1963.
17. Юргис Г. Проблема номер один. М., «Знание», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение	3
Глава I. Основные понятия и определения теории надежности	
§ 1. Проблема надежности на современном этапе	6
§ 2. Основные понятия и определения теории надежности	9
§ 3. Экономические показатели надежности	16
§ 4. Надежность и качество оборудования	18
Глава II. Факторы, влияющие на надежность горного оборудования, и методы ее повышения	
§ 1. Влияние горнотехнических условий эксплуатации	19
§ 2. Влияние окружающей среды	22
§ 3. Влияние системы технического обслуживания	24
§ 4. Влияние системы управления машинами	25
§ 5. Влияние режимов управления	26
§ 6. Влияние квалификации обслуживающего персонала	29
§ 7. Методы повышения надежности	31
Глава III. Ремонтпригодность горного оборудования	
§ 1. Факторы, влияющие на ремонтпригодность	33
§ 2. Требования, предъявляемые к показателям ремонтпригодности	39
§ 3. Время восстановления и элементы, его составляющие	41
§ 4. Изменение времени и трудоемкости восстановления машин в зависимости от длительности их эксплуатации	43
§ 5. Методы повышения ремонтпригодного горного оборудования	45
§ 6. Обеспечение ремонтпригодности горного оборудования эксплуатационными мероприятиями	47
Глава IV. Организация технического обслуживания горного оборудования	
§ 1. Виды технического обслуживания	60
§ 2. Система планово-предупредительных ремонтов	61
§ 3. Выбор оптимальной структуры ремонтного цикла	63
§ 4. Оптимальные межремонтные периоды с учетом требований надежности	65

§ 5	Организация планово-предупредительных ремонтов	72
§ 6	Состав системы планово-предупредительных ремонтов	
§ 7	Материально-техническое обеспечение в системе планово-предупредительных ремонтов	

Глава V. Экономическая эффективность повышения надежности горного оборудования

§ 1	Оптимальная надежность	73
§ 2	Экономическая эффективность повышения надежности	75
	Заключение	77
	Список литературы	79

Василий Андреевич Голубев, Абрам Ефимович Троп

НАДЕЖНОСТЬ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Редактор издательства *Б. А. Зислин*, Технический редактор *О. Ю. Трепенюк*,
 Корректор *Л. М. Кауфман*.

Сдано в набор 2/IV 1974 г. Подписано в печать 5/V 1974 г. Т-08599.
 Формат 84×108¹/₃₂. Бумага № 2. Печ. л. 2,5. Усл. п. л. 4,20.
 Уч.-изд. л. 4,20. Тираж 6700 экз. Заказ № 571/5144-12. Цева 15 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
 Московская типография № 32 «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
 Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.