

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра транспортно-технологических процессов и машин

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 15.03.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

УДК 622.8 (073)

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *С.Ю. Авксентьев*. СПб, 2020. 29 с.

Приведены методические указания к практическим занятиям по курсу «Эксплуатация и безопасность транспортных систем горных предприятий».

Предназначены для студентов бакалавриата направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», профиль «Горные транспортные системы».

Научный редактор проф. *В.И. Александров*

ВВЕДЕНИЕ

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по эксплуатации транспортных систем горных предприятий и обеспечение безопасности на производстве.

На практических занятиях студенты должны научиться анализировать надежность горной техники для конкретных условий работы, овладеть основами эксплуатации горных транспортных машин и оборудования, выбирать и рассчитывать смазочные материалы и системы смазки машин, контролировать разрушение и износ узлов и деталей машин, проводить техническую диагностику, проводить техническое обслуживание и ремонт горного транспортного оборудования. Особое внимание следует уделить составлению расчетно-пояснительной записки, которая должна быть выполнена в соответствии с действующим стандартом и содержать электронную и бумажную версии.

Практические задания являются общими для группы студентов, выполняются по индивидуальному заданию и по окончании защищаются им на кафедре. К защите допускаются только те работы, которые выполнены в соответствии с заданием, в требуемом объеме и содержат электронную и бумажную версии.

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

Развитие средств и методов технической диагностики применительно к условиям работы горношахтного оборудования является важным фактором дальнейшего совершенствования процесса эксплуатации оборудования, обеспечивающего ее безопасность и возможность предупреждения аварийных режимов работы и внезапных отказов.

Диагностирование должно являться составной частью технического обслуживания и ремонта оборудования, и должно обеспечивать его проведение по фактическому техническому состоянию при решении следующих основных задач: определение вида технического состояния оборудования; поиск места дефекта; определение причин появления дефектов и выдача рекомендаций по их устранению; прогнозирование технического состояния оборудования; контроль правильности действия эксплуатационного персонала по эксплуатации оборудования; накопление статистического материала для совершенствования технологии изготовления и режимов эксплуатации вновь создаваемых машин.

Наиболее эффективными методами диагностирования являются виброакустический, пневмогидравлический, кинематический и электромагнитный. Диагностические признаки, определяющие техническое состояние, вызываемые различного рода дефектами, следует оценивать по следующим состояниям: структурному (геометрия, взаимосвязь деталей, состояние материала деталей), функциональному (эксплуатационные показатели и характеристики рабочего процесса и процесса регулирования), вибрационному (совокупность колебательных процессов).

Значительное число дефектов (до 60%) составляют прочностные дефекты, что объясняется сложностью и неостаточным совершенством динамических расчетов, а также упрощенными представлениями о физике колебательных процессов и вызываемых ими напряжениях.

Значительную роль в обнаружении подобных дефектов играет виброакустическая диагностика, так как возникающие при работе машины вибрации достаточно полно отражают относительное со-

стояние детали или узла, позволяют судить о возникающих динамических нагрузках, а также обнаруживать причины дефектов и прогнозировать техническое состояние (ТС) исследуемых элементов.

1.1. Система диагностирования, диагностические признаки и методы диагностирования

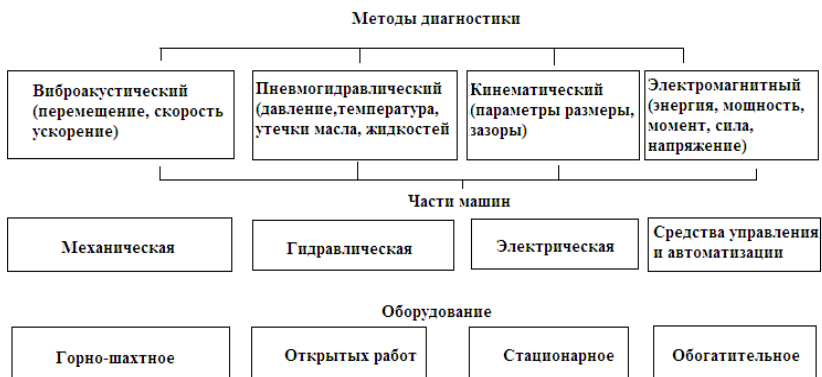
Широкий диапазон условий и режимов эксплуатации горных машин, значительная вариация начального уровня качества, как новых машин, так и полученных из капитального ремонта, приводят к значительному, разбросу скорости потери работоспособности машины и достижения предельного состояния.

Значение момента и характера изменения состояния, а также причины, вызвавшей данное изменение, позволяет предупредить отказ, принять правильное решение и провести профилактический ремонт. Знание же действительного технического состояния и режима работы позволяет использовать технику наиболее эффективно. Для его определения необходимо, во-первых, установить, какие параметры и каким способом следует определить и, во-вторых, какими средствами необходимо провести данное исследование.

Таким образом, система диагностирования включает методы и средства определения действительного состояния объекта, т.е. является системой контроля и одновременно основным задающим звеном процесса управления состоянием объекта. Средства и методы контроля должны быть удобны в эксплуатации, обеспечивать осуществление контроля в минимальное время, проводить его без разборки машины и желательно без нарушения ее работы. Сами же объекты эксплуатации должны быть приспособлены для диагностического контроля, иметь встроенные датчики и приборы (мощности, давления, напряжения сети, температуры, вибрации, усилий, расхода воздуха и др.) или возможность периодически подключаться к контролирующим устройствам.

Разработка системы диагностирования объекта включает ряд этапов:

Структура системы технической диагностики горных машин



На первом этапе определяются условия работоспособности, т.е. предельно допустимое состояние объекта при количественных и качественных изменениях параметров отдельных элементов объекта. Этот этап неразрывно связан со вторым - выбором критериев оценки степени работоспособности, а именно контролируемых параметров и допустимого диапазона их изменений. К ним относятся: допустимое снижение тягового усилия, начального распора секций крепи, загрязнение смазки, температура корпуса редуктора, давление в гидросистеме, виброскорости отдельных точек и др.

В общем техническое состояние объекта можно определить, контролируя либо его параметры и характеристики, либо оценивая качество выполняемых им функций. При этом параметр определяется как физическая или математическая величина, характеризующая состояние элемента или объекта, а характеристика представляет собой зависимость одного параметра от другого или от времени.

Кинематические, геометрические, статические и динамические, механические и молекулярные, тепловые, акустические, электрические и магнитные параметры представлены в таблице 1.

Процесс определения действительного состояния объекта должен осуществляться по обоснованной программе и разработанным алгоритмам диагностирования.

Алгоритмы диагностирования разрабатываются на основе диагностических моделей, которые представляют собой аналитические описания или графоаналитические представления основных свойств технических объектов как объектов диагностирования, выраженные в виде математических и физических законов, процессов, логических соотношений, диаграмм записываемых сигналов. Диагностическая модель предусматривает формулировку условий работоспособности и неработоспособного состояния, наличие критериев оценки степени работоспособности и установление признаков и причин возникших неисправностей.

На основе диагностической модели разрабатываются алгоритмы диагностирования, представляющие совокупность операций, выполняемых в определенной последовательности с целью решения конкретной диагностической задачи. Получаемые в результате измерений (записей) средствами диагностики диагностические сигналы (признаки, параметры) могут быть разбиты на три группы: повреждения, выходные параметры, косвенные признаки, которым соответствуют три метода диагностирования.

1. Контроль повреждений, которые приводят или могут привести к отказу элемента или объекта в целом: деформация, износ, коррозия, усталостные напряжения, изменения физико-химических свойств и другие являются диагностическими признаками, по которым можно сделать вывод о техническом состоянии.

Повреждения чаще всего являются первопричиной отказа, но контролировать их в полном объеме очень трудно. Поэтому диагностирование повреждений проводят лишь при установлении снижения работоспособности машины. Однако имеются объекты, требующие непрерывного контроля повреждений по правилам безопасности (силовые кабели) или регулярного контроля (канаты подъемных машин), а также элементы, определяющие работоспособность машин или системы в целом (гидромагистраль механизированных комплексов и др.) [1].

2. Контроль выходных параметров (мощность, скорость, усилие, крутящий момент). Эти параметры дают ответ о работоспособности объекта, но, как правило, не определяют место и вида повреждения. Поэтому при их отклонении от нормы или приближений

к границе допустимого изменения приступают к контролю повреждения.

3. Контроль косвенных признаков (состояние смазки, температура элемента, давление в системе, вибрация, уровень шума, АЧХ, входное напряжение сети и др.). Контроль работоспособности изделия по косвенным признакам позволяет дать интегральную характеристику состояния объекта, предупредить развитие повреждения и своевременно произвести профилактические работы.

Преимуществом контроля косвенных признаков является его проведение в процессе работы без остановки и разборки машины, но часто отыскание связи между косвенным признаком и выходным параметром затрудняется из-за воздействия посторонних факторов, накладывающихся на косвенный признак [2].

Завершающим этапом системы диагностирования является поиск и устранение повреждений, ведущих к снижению работоспособности объекта.

Таблица 1

Параметры диагностирования (физические)

Группа параметров	Параметры
Кинематические	Время, скорость ускорение, угловая скорость, угловое ускорение, период, частота периодического процесса, фаза, объемный расход, плотность объемного расхода, градиент скорости.
Геометрические	Длина, площадь, плоский угол, телесный угол кривизны линии, кривизна поверхности, момент сопротивления плоской фигуры, осевой и полярный момент инерции площади плоской фигуры.
Статические и динамические	Масса, сила, импульс силы, количество движения, давление, градиент давления, работа, энергия, объемная плотность, энергия, мощность, коэффициент трения, коэффициент сопротивления, коэффициент упругости, момент силы, момент инерции, расход, молекулярная скорость потока, затухание.

Группа параметров	Параметры
Тепловые	Температура, количество теплоты, температурный градиент, тепловой поток, поверхностная плотность теплового потока, энтропия, теплоемкость (объемная и удельная), теплота фазового превращения, теплота сгорания топлива, коэффициент теплопроводности, коэффициент теплопередачи, коэффициент температуропроводности, температурные коэффициенты.
Акустические	Звуковое давление, объемная скорость, звуковая энергия, плотность звуковой энергии, интенсивность звука, акустическое сопротивление, удельное акустическое сопротивление, механическое сопротивление, интенсивность звука, высота звука, тембр звука, громкость звука, акустический коэффициент отражения, акустический коэффициент поглощения, акустическая проницаемость перегородки, время реверберации.
Электрические и магнитные	Электрический заряд, поверхностная плотность заряда, напряженность электрического поля, электрическое смещение, поток электрического смещения, потенциал, электрический момент диполя, емкость, поляризованность, диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая восприимчивость, сила тока, плотность тока, электрическое сопротивление, электрическая проводимость, удельное электрическое сопротивление, удельная проводимость, магнитная индукция, магнитный поток, напряженность магнитного поля, магнитный момент, магнитодвижущая сила, магнитное сопротивление, индуктивность, взаимная индуктивность, намагниченность, магнитная проницаемость.

1.2. Общая характеристика технических средств диагностики. Анализ диагностического сигнала

Процесс технического диагностирования включает измерительные, контрольные и логические операции, выполняемые оператором и техническими средствами с целью определения действительного технического состояния объекта.

Схема процесса диагностики представлена на рисунке 1. Информация на объекте диагностики ОД поступает в преобразователь информации ПИ, который выдает результаты оценки РО, используемые для принятия решения Р о необходимости выполнения профилактических работ или о возможности дальнейшего использования объекта. При этом можно использовать обратные связи V_1 и V_2 либо для уточнения информации, либо для управления объектом диагностирования [3].

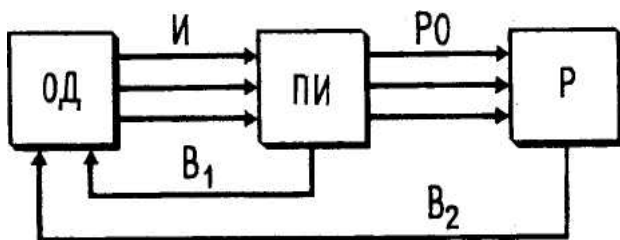


Рис.1 Схема процесса диагностирования технического состояния оборудования

Выполнение тех или иных функций в процессе диагностирования и их распределение между оператором и техническими средствами обусловлено программой диагностирования, состоящей из отдельных математических и логически связанных алгоритмов диагностирования.

Уровень автоматизации отдельных операций определяет сложность средств и систем диагностирования.

Решение задач технической диагностики, и в частности применение тех или иных средств диагностики, необходимо начинать в процессе проектирования объекта с выбора методов диагностирования и обеспечения возможности их технической реализации. На этом этапе должны быть решены конструктивные вопросы, связанные со встроенными средствами диагностики и возможностью использования внешних средств [4].

В настоящее время в различных отраслях используются многообразные технические средства, различающиеся по принципу действия, выполнению и назначению.

По самым общим признакам все средства технической диагностики могут быть классифицированы следующим образом [5].

1. По способу воздействия на объект – активные и пассивные.

2. По принципу диагностирования – для проверки функционирования и оценки параметров или характеристик объектов.

3. По способу представления информации – дискретные и аналоговые.

4. По степени автоматизации – ручные, полуавтоматические и автоматические.

5. По характеру решаемых задач:

- средства для определения работоспособности;
- средства для определения работоспособности и обнаружения возникшей неисправности;
- средства для определения работоспособности и прогнозирования изменения состояния объекта;
- средства для определения работоспособности, обнаружения неисправности и прогнозирования изменения состояния.

Активные технические средства воздействуют на объект как-либо сигналом, вызывающим реакцию объекта, используемую для оценки состояния.

Диагностирование, проводимое теми или иными техническими средствами, может быть функциональным, осуществляемым во время работы машины при воздействии рабочих нагрузок, и тестовым, при котором на объект подаются специальные воздействия и по реакции объекта судят о его техническом состоянии.

Весьма важную роль в эффективности диагностирования играет правильность расшифровки диагностического сигнала, его анализа, установления причин изменения регистрируемых показателей, параметров, характеристик по отношению к "этalonу" и достоверность полученной информации.

Эталонные параметр или характеристику получают при их регистрации при номинальных показателях качества объекта, и при последующем техническом диагностировании оценивают степень отклонения в допустимом диапазоне измерений.

Применяемые технические средства диагностирования в зависимости от характера решаемых задач и применяемого принципа диагностирования могут выдавать "простые" и "сложные" сигналы. К простым будем относить сигналы, информирующие об одном параметре.

Например, измерение давления в гидросистеме позволяет оценить работоспособность системы (крепи, насосной станции) и величину изменения его номинального уровня или отклонения к предельному состоянию. При падении давления нужно искать причину и место утечки, при его увеличении - либо местные пережимы или засор трубопровода, либо заклинивание поршня стойки или плунжера, выход из строя предохранительного клапана и др.

В некоторых случаях, особенно при анализе сигнала косвенных признаков, установление истинной причины затруднено. Например, сигнал о повышенной температуре масла или корпуса подшипника качения не позволяет судить о работоспособности последнего, т.к. это может произойти по разным причинам: из-за повышенной нагрузки, повышенной вибрации вала или подшипника, загрязнения смазки или ее недостаточности. В этом случае необходима дополнительная информация для повышения достоверности анализа сигнала.

Значительно большую информацию, чем сигнал в виде одного параметра, несут сигналы, дающие функциональную зависимость, временную характеристику. К ним относятся регистрация крутящих моментов или усилий за цикл, изменения скорости или ускорения элемента во времени, вибрации, акустические явления и др.[6].

Анализ этих данных позволяет из одного сигнала выделить ряд составляющих характеризующих состояние, режима работы различных элементов объекта. То есть сигнал в виде реализации закономерностей процесса может заменить показания целого ряда технических средств, определяющих дискретные значения отдельных параметров.

На рисунке 2 приведены возможные варианты результатов диагностирования работоспособности и технического состояния пневмогидроцилиндров, которые оцениваются по эталонной кри-

вой 1, выражающее зависимость скорости движения поршня V при рабочем ходе за время t .

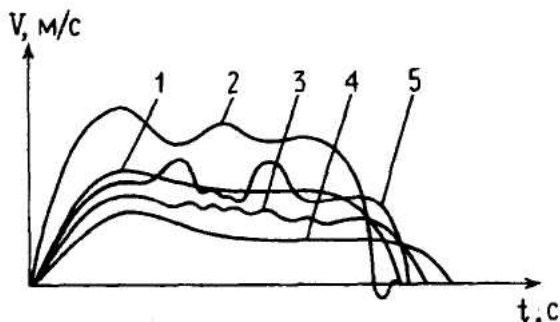


Рис.2 Возможные варианты результатов диагностирования работоспособности и технического состояния пневмо-гидроцилиндров

Отклонение кривой 2 от эталонной говорит о разрегулировке дросселей и коммутационной аппаратуры, что приводит к высоким динамическим нагрузкам, кривая 3 свидетельствует об износе зеркала цилиндра и кривая 4 - об износе манжет, при котором падает скорость из-за утечки и увеличивается длительность цикла. Кривая 5 свидетельствует о плохой обработке зеркала цилиндра после восстановления.

1.3. Методы анализа диагностирования

На объектах диагностирования наряду с другими параметрами ведется непрерывная фиксация текущих спектрограмм виброускорения для последующего сравнения их с базовыми.

Кроме того, сравнения проводят также с данными "Библиотеки аномалий", составление которой требует предварительных исследований. При этом не исключен автоматический анализ и поиск дефекта.

В качестве диагностического параметра виброперемещение целесообразно применять на относительно низких частотах (до 10 Гц) и моногармоническом (или близком к нему) характере

вибрации. На средних измеряемых частотах следует использовать вибраторность (при любом характере колебаний).

Эффективность использования виброускорения в качестве диагностического параметра растет с ростом частоты сигнала, что используется при диагностировании механических систем - шестеренные передачи, подшипники качения и др., где зубцовые частоты и частоты собственных (резонансных) колебаний отдельных элементов составляют десятки килогерц [7].

При исследованиях зубчатых передач в основном ориентируются на кинематический анализ, что дает возможность определять: зубцовые частоты и их гармоники; накопленные частоты (низкочастотные составляющие спектра - по частоте кратные частоте вращения приводного вала); четные гармоники (биение, нарушение в зацеплении и т.д.); циклические частоты (высокочастотные составляющие спектра с частотами, кратными произведениям числа зубьев делительного колеса зуборезного станка, на котором нарезались зубья, на накопленную частоту).

Весьма результативен метод замера вибрации на выбеге, особенно когда при нагрузке на полную мощность дефект (например, трещина в валу) не обнаруживается. При этом сравниваются показания от предыдущих выбегов с текущими (анализ записей проводится по амплитуде и фазе основной и первой гармоник вибрации, представленных в виде функции частоты вращения вала) [8].

При ухудшении состояния зубчатых передач появляется модуляция (возрастает уровень боковых частот); при этом частота зацепления является несущей, а частота вращения вала или одна из ее гармоник - модулирующей.

Изменение вибрации как функции времени наработки носит прямолинейный характер примерно до 75 % выработки ресурса машин, после чего идет перегиб и экспоненциальный рост уровней вплоть до отказа, поэтому контроль скорости изменения вибрации более эффективен, чем ее абсолютные замеры.

Вибрационные процессы можно анализировать методом стандартного спектрального анализа, который основан на разложении сложного колебательного процесса на отдельные составляющие, имеющие различные частоты и соответствующим им амплитуды.

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Общие положения. Охрана труда - система технических, санитарно-гигиенических и правовых мероприятий, направленных на обеспечение безопасных для жизни и здоровья условий труда. Основные положения в области охраны труда закреплены Основами законодательства о труде РФ. Требования по охране труда, сформулированные в Основах, конкретизируются в общих, межотраслевых и отраслевых правилах по технике безопасности, в санитарных нормах и правилах.

Охрана здоровья трудящихся, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма - одна из главных забот государства. Профилактика профзаболеваний обеспечивается нормализацией среды с помощью вентиляции, улучшения освещения, снижения уровня шума и т.д.; профилактика травматизма - методами техники безопасности. В основном завершено создание комплекса государственных стандартов системы безопасности труда (ССБТ), требования безопасности включены в стандарты и технические условия на выпускаемую продукцию.

Мероприятия по охране труда проводятся администрацией предприятий под контролем профсоюзных органов. Надзор за охраной труда осуществляют также специализированные государственные органы: Госгортехнадзор, Энергетический надзор, Санитарный надзор. Общий надзор за соблюдением законности в области охраны труда возложен на Прокуратуру РФ.

Условия труда в подземных выработках имеют специфические особенности: оборудование размещено в стесненных условиях, несмотря на то, что машины и механизмы компактны, габаритные размеры рабочих мест и проходов малы, люди перемещаются по узким проходам и вертикальным выработкам; оборудование, рабочие места и работающие постоянно перемещаются по мере перемещения забоя. Повышенная влажность и запыленность шахтной атмосферы и ее агрессивность способствуют интенсивному износу оборудования, что увеличивает число отказов машин и механизмов, ухудшает санитарно-гигиенические условия труда. В подземных выработках не исключена опасность обрушения породы и затопле-

ния, внезапных выбросов породы и газов, проявления горных ударов, возникновения подземных пожаров.

Все это требует глубоких знаний и высокого искусства ведения горных работ и строжайшего соблюдения правил и норм безопасности ведения работ и правил и норм безопасной эксплуатации оборудования.

2.1. Основные меры безопасности при эксплуатации подземного оборудования

Основными мерами безопасности труда при эксплуатации подземного оборудования, которые обеспечиваются обслуживающим персоналом, являются:

- ведение работ только исправным оборудованием с обеспечением всех предусмотренных средств защиты и блокировок;
- проведение работ по осмотру, ремонту, смазке и другим видам технического обслуживания при остановленном (а при необходимости и заблокированном) оборудовании;
- недопущение работ по осмотру и ремонту электроаппаратуры и установок, силовых линий под напряжением;
- исключение случаев несогласованных действий людей и добросовестное использование оповещения сигналами и запрещающих знаков;
- качественное выполнение всех производственных работ и работ по техническому обслуживанию и ремонту, предусмотренных инструкциями по эксплуатации данного вида оборудования.

Большую роль в обеспечении безопасности труда и выполнении Правил техники безопасности играют различные формы и методы обучения и повышения квалификации и все виды инструктажа – первичный, проводимый при посылке рабочего на новое место работы или после длительного перерыва в работе; постоянный, проводимый ежесменно при выдаче наряда; периодический, проводимый по специальной программе и в сроки, установленные Правилами техники безопасности или Правилами технической эксплуатации для отдельных профессий, а также внеочередной и дополнительный.

Одной из основных мер, обеспечивающих безопасную эксплуатацию оборудования, является проведение тщательного технического осмотра, контрольной сборки и опробования машины или оборудования на поверхности или в механическом цехе перед ее спуском в шахту или установкой для эксплуатации по назначению.

Все машины и оборудование должны иметь инструкции и технологические паспорта по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, регламентирующие состав обязательных профилактических работ, требования безопасности при их выполнении и эксплуатации по назначению, порядок выполнения операций по управлению машиной, карту смазки и др. Изучение и соблюдение всех правил и норм эксплуатации и технического обслуживания является одним из основных, главных условий безопасной эксплуатации оборудования.

С другой стороны, меры безопасности при эксплуатации подземного оборудования регламентируются и устанавливаются нормативами по безопасности забойных машин и комплексов, выполнение которых обязательно при создании новых и модернизированных забойных машин и комплексов.

Рассмотрим конкретно некоторые источники опасности и меры безопасности при эксплуатации и техническом обслуживании забойных машин и комплексов.

Основными источниками опасности очистных комбайнов являются работающие исполнительные органы, опрокидывание и сползание комбайна, вибрация и порывы тяговой цепи, разбрасывание кусков угля исполнительным органом.

Мерами безопасности при этом являются: частичное или полное ограждение движущихся частей, установка блокировочных устройств, отключающих машину или механизм для проведения обслуживания. Система управления машинами забойного комплекса должна быть выполнена таким образом, чтобы все средства контроля и защиты от возникновения производственных опасностей, связанных с пуском машин или подачей напряжения, включались в работу до пуска машин и до подачи напряжения в места, где может возникнуть производственная опасность.

Во избежание затягивания людей под комбайн цепью скребкового конвейера нельзя перелезать через работающий забойный конвейер или располагаться на конвейерной цепи во время остановки конвейера.

При работе струговых установок нельзя допускать искривления забоя более 1,5 м на 100 м длины лавы; следить за исправностью концевых выключателей и других средств автоматизации; приводные головки струга должны быть надежно закреплены; нельзя допускать присутствие людей в забое при работе струга, особенно если пласт склонен к внезапным выбросам и горным ударам.

Травмирование механизированными крепями происходит при передвижке секций (придавливании к комбайну, конвейеру, соседней секции); при внезапном проседании секции (особенно на тонких пластах) при выравнивании потерявших устойчивость или сползших, залыжившихся секций особенно при использовании запрещенных приемов и средств (подающих частей комбайна или скребковой цепи конвейера); при падении перекрытий, при доставке, погрузке, разгрузке, монтаже, демонтаже, особенно при отсутствии специальных монтажно-такелажных средств.

Поэтому кроме соблюдения ПТБ и ПТЭ гидравлическая система крепи должна гарантировать независимую несущую способность каждой гидростойки (или пары стоке), обеспечивающую при потере герметичности одной из них сохранение несущей способности остальных стоке; возможность контроля давления в поршневых полостях гидростоек; управление передвигаемой секцией с пульта, расположенного на соседней секции или комплекте. По всей длине лавы должен быть обеспечен свободный проход под перекрытиями шириной не менее 0,7 м и высотой не менее 0,4 м в сложенном состоянии секции крепи.

При работе проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом почти 50 % травм связаны с исполнительным органом (травмирование резцами коронки, придавливание стрелой), как в процессе непосредственного обслуживания и ведения горных работ, так и при техническом обслуживании и ремонте. Травмирование происходит и при маневрировании комбайна или погрузочной машины. Частой причиной травмирования является поте-

ря устойчивости или "падение", особенно погрузочных машин на рельсовом ходу и с ковшовым погрузочным органом. Источником повышенной опасности являются манипуляторы буровых машин и установок. Основные меры безопасности и профилактики – соблюдение правил технической эксплуатации, постоянный инструктаж и высокая квалификация обслуживающего персонала.

До 80 % случаев поражения людей электрическим током происходит от соприкосновения с металлическими частями оборудования и оболочками бронированных кабелей, случайно оказавшимися под напряжением. Около 35 % травм наблюдается при случайном прикосновении к оголенным токоведущим частям, нормально находящимися под напряжением, контактными проводам электровозной откатки, шинам и неизолированным счалкам.

В аппаратуре электроснабжения, управления, защиты и автоматизации забойных машин всегда должны быть исправлены устройства, сигнализирующие о причинах защитных отключений или обеспечивающие возможность безопасного отыскания повреждений. В электрических схемах обязательно наличие нулевой и максимальной токовой защиты, защиты от утечек тока и перегрузки, автоматического контроля сопротивления изоляции и заземлений, самоконтроль всех внешних электроцепей. Электрооборудование забойных машин должно иметь механические или электрические блокировки крышек, взрывонепроницаемых оболочек, штепсельных разъемов, ручных аварийных выключателей или блокировочных разъемов.

К основным причинам, по которым металлические части оборудования оказываются под напряжением, относятся: пробой изоляции током; внешние повреждения изоляции; повреждение арматуры; подключение заземляющей жилы к токоведущей. Поражение током чаще всего происходит по причине отсутствия или выхода из строя заземлений и реле утечки тока.

Важной мерой обеспечения безопасности является систематический контроль за состоянием электрооборудования, изоляции кабелей, средств защиты и блокировок, ограждений шин, жил, проводов.

Кроме оборудования, нормально находящегося под напряжением, следует заземлять также и то оборудование, которое может оказаться под напряжением случайно – трубопроводы, конвейеры, сигнальные металлические тросы и др.

Работы в шахте по проведению профилактики и текущих ремонтов должны выполняться бригадой в составе не менее 2-х человек, при этом в шахтах, опасных по газу, каждые 20-25 минут и перед каждым включением электроэнергии должно контролироваться содержание метана. Капитальный ремонт рудничного электрооборудования в исполнении РП, РВ, РО производится только в ЦММ или на рудоремонтных заводах [9].

2.2. Основные факторы и причины производственного травматизма, их анализ и меры по устранению

Улучшение условий труда и обеспечение его безопасности является одной из основных социально-экономических задач горнодобывающей промышленности и имеет чрезвычайно важное значение в связи с особенностями горного производства, в котором человек сталкивается с сильным влиянием природных факторов на ход технологических процессов, работу оборудования, поведение людей.

На предприятии безопасность труда должна быть гарантирована. Обеспечение ее является одной из основных обязанностей конструкторов и машиностроителей, руководителей горного производства и энергомеханической службы шахты, рудника, подземных городских сооружений.

Главное направление работ по обеспечению безопасности труда – создание безопасной технологии и техники, устранение потенциальных носителей травматизма, экранизация и блокировка опасных зон и режимов, дистанционное управление, строгое соблюдение правил и инструкций по охране труда и технике безопасности, т.е. весь комплекс технологических, технических и организационных мероприятий, включая подготовку людей к труду в сложных специфических условиях горного производства.

В шахтах угольной промышленности почти 30 % травм, связанных с машинами и механизмами, приходится на очистные ком-

байны, 5 % – на проходческие комбайны, 20 % – на скребковые конвейеры, 3 % – на ленточные конвейеры, 8 % – на механизированные крепи, 13 % – на погрузочные машины, 7 % – на лебедки и 10 % на прочие машины и механизмы.

В шахтах горнорудной промышленности, основными источниками травм являются скреперные лебедки – 26 - 30 %, бурильные установки – 20-24 %, погрузочные машины – 23 - 26 %, лебедки – 6 - 10 %, конвейеры скребковые и ленточные – 8 - 11 %, прочие машины и механизмы – 7 - 10 % [20].

В процессе управления машинами и механизмами и их обслуживания основными причинами травматизма, зависящими от человека, являются: работа на неисправном оборудовании, неиспользование или умышленный вывод из строя средств защиты и блокировок, проведение осмотра, смазки и ремонта работающего оборудования или находящегося под напряжением, несогласованность действий людей; некачественное выполнение работ.

В таблице 2 представлено распределение случаев травматизма по процессам очистной выемки на шахтах Кузбасса [3].

Наибольшее число случаев травматизма при очистной выемке угля происходит при осуществлении процессов крепления и управления кровлей и оформлении забоя. При этом наиболее частое травмирование от оставшихся навесов угля и кровли, отжима угля и нарушения паспорта крепления (таблица 2 [4]).

Таблица 2

Распределение случаев травматизма по процессам очистной выемки на шахтах Кузбасса

Процессы	Распределение случаев травматизма по процессам в лавах, %			
	с механизированными комплексами	с узкозахватными комбайнами и инд. крепью	со струговыми установками	с широкозахватными комбайнами
Выемка ниш	9,0	5,7	5,8	3,8
Монтаж и демонтаж	4,0	1,6	0,4	3,0

Продолжение табл. 2

Процессы	Распределение случаев травматизма по процессам в лавах, %			
	с механизированными комплексами	с узкозахватными комбайнами и инд. крепью	со струговыми установками	с широкозахватными комбайнами
Управление и обслуживание выемочной машины	16,5	11,4	10,2	12,6
Оформление забоя	22,8	13,4	10,9	13,8
Управление кровлей	16,9	37,6	38,5	32,4
Передвижка конвейера	4,9	11,1	10,1	8,4
Передвижение по лаве	4,6	5,0	2,0	5,5
Прочие	21,3	14,2	22,1	20,5

Распределение случаев травматизма от обрушений в очистных забоях шахт Кузбасса приведено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение случаев травматизма от обрушений в очистных забоях шахт Кузбасса

Причины травмирования	Распределение случаев травматизма в лавах от обрушений, %		
	с механизированными комплексами	с узкозахватными комбайнами и инд. крепью	со струговыми установками
Оставление навесов	18,2	13,2	21,2
Отсутствие или отставление постоянной крепи	18,8	16,4	22,2
Отсутствие или недостаточная плотность временной крепи	8,6	16,0	4,4
Несоответствие паспорта горногеологическим условиям	12,9	8,1	8,0

Продолжение табл.3

Причины травмирования	Распределение случаев травматизма в лавах от обрушений, %		
	с механизированными комплексами	с узкозахватными комбайнами и инд. крепью	со струговыми установками
Несвоевременное крепление нарушенной кровли	12,0	1,0	8,2
Неправильное удаление крепи	3,8	2,2	13,3
Нахождение в незакрепленном пространстве без производственной необходимости	8,7	8,3	4,3
Отжим угля из забоя	6,3	20,0	3,0
Обрушения при передвижке крепи	6,6	6,8	4,9
Прочие	8,6	5,0	10,5

Но при этом необходимо отметить, что в очистных забоях, оборудованных механизированной крепью, случаев травматизма на процессах по управлению кровлей в 1,9 - 2,7 раза меньше, чем при других средствах механизации.

К числу основных факторов, влияющих на частоту производственного травматизма в очистных забоях, относятся: мощность и угол падения пласта, глубина разработки, газо- и водообильность очистного забоя, класс обрушаемости пород кровли, коэффициент затяжки кровли, длина и скорость подвигания очистного забоя, состав сменного звена рабочих, текучесть и сменяемость рабочих кадров, удельный вес ручных работ в лаве и др.

При этом необходимо ясно представлять, что "несчастный случай" является конечным результатом опасного развития объективных и субъективных процессов, протекающих во времени и пространстве под воздействием многих тесно взаимодействующих друг с другом причин и условий.

Поэтому, говоря о факторах, влияющих на частоту травматизма, мы должны понимать, что сам фактор является лишь гипоте-

тической причиной травматизма и с ним (фактором) мы лишь связываем травматизм через проявление массы объективно-субъективных причин и следствий.

Поясним на примере: травматизм в результате отжима угля из груди забоя. Очевидно в этом случае проявляется много факторов: и мощность пласта, и глубина разработки, и скорость продвижения забоя, и класс пород кровли, и также технические факторы, как средства крепления груди забоя, паспорт крепления, коэффициент затяжки кровли, и, наконец, организационные и психофизические факторы – производственный опыт, наличие команды и производственной необходимости и др.

Главным в действиях людей по предотвращению производственного травматизма является познание объективных факторов, оценка степени влияния гипотетических и субъективных факторов и разработка всеобъемлющей системы мер, предотвращающих превращение этих факторов в движущие силы проявления травмоопасной ситуации [10].

Все факторы и причины производственного травматизма можно разбить на четыре основные группы:

- природные, действия которых носят объективный характер;
- технико-технологические, определяемые принятой технологией, составом оборудования и схемой работы;
- организационные, определяемые комплексом вопросов по организации производства и труда (скорость подвигания лавы, режим работы, численность и состав бригады и др.);
- социальные и психофизиологические (стаж, возраст, профессиональная пригодность, квалификация, текучесть кадров и др.).

3. РИСКИ

3.1. Процесс управления рисками. Идентификация рисков

На этапе идентификации риска необходимо определить:

- источники риска;
- области воздействия, события и их причины;
- потенциальные последствия.

Цель данного этапа – составление полного перечня рисков, основанных на тех событиях, которые могут создавать, повышать, предотвращать, снижать, ускорять или задерживать достижение целей организации.

Наряду с идентификацией необходимо рассмотреть возможные сценарии, которые показывают, какие могут наступить последствия. Все существующие причины и следствия должны быть рассмотрены.

3.2. Анализ рисков

Анализ рисков включает в себя:

- рассмотрение причин и источников рисков;
- положительные и отрицательные последствия рисков;
- возможность того, что эти последствия могут произойти.

В процессе анализа рисков необходимо провести оценку по двум показателям:

- 1) вероятность риска;
- 2) значимость последствий при реализации рисков (ущерб).

Вероятность риска является экспертной метрикой и определяется по шкале (таблица 4).

Таблица 4

Шкала вероятности риска

Оценка вероятности риска	Интерпретация
Низкая	событие скорее всего будет происходить не чаще 1 раза в 2–5 лет
Средняя	событие скорее всего будет происходить в ближайшие год–два
Высокая	событие скорее всего произойдет в ближайший год

Значимость последствий при реализации рисков определяется по следующей шкале (таблица 5).

Шкала значимости последствий при реализации рисков

Оценка значимости последствий	Интерпретация
Низкая	реализация риска не приводит к отклонениям от требований НТД, не влияет на функции процесса, легко и быстроустраняемые последствия
Средняя	реализация риска приводит к частичной неработоспособности процесса, но не влияет на основные функции
Высокая	реализация риска приводит к частичной неработоспособности процесса и потере основных функций

3.3. Оценивание рисков

Цель оценивания заключается в том, чтобы способствовать принятию решений относительно необходимости воздействия на риск и установления приоритета воздействия на риск.

Оценивание риска включает сравнение уровня риска, выявленного в ходе идентификации и анализа, с установленными критериями. Рассмотрение необходимости воздействия на риск должно основываться именно на этом сравнении.

При некоторых обстоятельствах оценивание риска может привести к решению провести дальнейший анализ.

Оценивание также может привести к решению не воздействовать на риск каким-либо иным образом, кроме поддержания существующих средств управления.

Для предоставления результатов оценивания рисков используется матрица рисков, которая представляет собой таблицу сочетания вероятности возникновения события и тяжести его последствий, и позволяет в наглядной форме проинформировать лица, принимающие решения, о необходимости принятия мер по снижению рисков, рисков для рассматриваемого события [11].

Матрица риска строится следующим образом: по вертикальной оси отсчитываются вероятности возникновения риска, по гори-

зонтальной оси – размеры последствий возникновения события в соответствии с принятыми шкалами.

После проводится определение и ранжирование уровня риска для каждой ячейки матрицы с учетом критериев приемлемости риска. Типовая форма матрицы рисков, содержащей 3 уровня частот и 3 уровня значимости последствий, представлена в таблице 6.

Таблица 6

Матрица рисков

Вероятность риска	Уровень значимости последствий		
	Пренебрежительно мала	Средняя	Высокая
Очень вероятно			
Вероятно			
Маловероятно			

Для каждого идентифицированного риска необходимо принять решение о необходимости уменьшения риска. Для этого используются допустимые/недопустимые комбинаций вероятности риска и тяжести его последствий. В матрице эти комбинации выделяются цветом:

- **серый цвет ячейки** – высокий риск, необходимы меры по снижению риска;
- **белый цвет ячейки** – допустимый риск, достаточно поддержания уровня риска (управление риском).

3.4. Разработка и выполнение мероприятий по снижению высокого риска

Для снижения уровня риска должны быть разработаны мероприятия, которые должны включать в себя:

- ответственное лицо за выполнение мероприятий;
- срок выполнения и/или периодичность мероприятий;
- требуемые ресурсы.

Для управления рисками должны быть разработаны мероприятия, которые должны включать в себя:

- ответственное лицо за выполнение мероприятий;
- срок выполнения и/или периодичность мероприятий;

– требуемые ресурсы.

Мониторинг рисков заключается в контроле над уровнем риска. Это достигается путем актуализации информации о рисках, мероприятий по их управлению, статуса выполнения мероприятий, а также отслеживание изменения уровня риска.

В реестре указывается вся информация, полученная при идентификации, анализе риска и выборе мероприятий по его минимизации. Или мероприятий по управлению риском.

Результаты мероприятий по снижению и управлению рисками за отчетный период оформляются ОПР в виде отчета, который затем используется при проведении анализа СМК организации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Максименко А.Н.* Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин / А.Н. Максименко, Г.Л. Антипенко, Г.С. Лигуше. СПб: БХВ-Петербург, 2008.
2. *Курбатова О.А.* Монтаж и ремонт горных машин и оборудования: В 3-х томах / О.А. Курбатова, В.М. Павлюченко. 5-е изд. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004.
3. *Квагинидзе В.С.* Эксплуатация карьерного горного и транспортного оборудования в условиях севера / В.С. Квагинидзе. М.: МГУ, 2002.
4. *Зайков В.И.* Эксплуатация горных машин и оборудования / В.И. Зайков, Г.П. Бериявский. М.: МГУ, 2002.
5. *Попова А.А.* Производственная безопасность / А.А. Попова. СПб: Лань, 2013.
6. *Резчиков Е.А.* Безопасность производственных систем / Е.А. Резчиков. М.: МГИУ, 2006
7. *Ковалевский В.Ф.* Справочник по гидроприводам горных машин / В.Ф. Ковалевский, И.Т. Железняков, Ю.Е. Бейлин. М.: Недра, 1974.
8. *Савельев И.В.* Производственная безопасность. Учебное пособие / И.В. Савельев. СПб: Лань, 2013.
9. *Дьяков В.А.* Транспортные машины и комплексы открытых разработок, учебник / В.А. Дьяков. М.: Недра, 1986.
10. *Свешников В.К.* Станочные гидроприводы. Справочник / В.К. Свешников. М.: Машиностроение. 1995.
11. *Кантович Л.И.* Горные машины: Учебник / Л.И. Кантович, В.Н. Гетопанов. М.: Недра, 1986.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Техническая диагностика.....	4
1.1. Система диагностирования, диагностические признаки и методы диагностирования.....	5
1.2. Общая характеристика технических средств диагностики. Анализ диагностического сигнала.....	9
1.3. Методы анализа диагностирования	13
2. Обеспечение безопасности в процессе эксплуатации горного оборудования	15
2.1. Основные меры безопасности при эксплуатации подземного оборудования	16
2.2. Основные факторы и причины производственного травматизма, их анализ и меры по устранению	20
3. Риски	24
3.1. Процесс управления рисками. Идентификация рисков	24
3.2. Анализ рисков	25
3.3. Оценивание рисков	26
3.4. Разработка и выполнение мероприятий по снижению высокого риска.....	27
Библиографический список	28

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 15.03.02*

Сост. *С.Ю. Авксентьев*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
транспортно-технологических процессов и машин

Ответственный за выпуск *С.Ю. Авксентьев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 26.10.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,7. Усл.кр.-отг. 1,7. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 75 экз. Заказ 747.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2