

Конспект лекций

Тема 5. Назначение, виды, конструктивные особенности, основные узлы горных машин

Цель изучения темы

Сформировать у студентов целостное представление о назначении и разнообразии горных машин, типовых конструктивных схемах и функциях основных узлов. Научиться связывать устройство машины с выполняемой технологической операцией, свойствами массива и условиями эксплуатации.

Планируемые результаты обучения

После изучения темы студент должен уметь:

- классифицировать горные машины по назначению, режиму работы, мобильности и виду привода;
- объяснять назначение несущей конструкции, ходовой части, силовой установки, трансмиссии, рабочего оборудования, органов управления и вспомогательных систем;
- на примерах описывать конструктивные особенности буровой установки, экскаватора, погрузочно-доставочной машины, комбайна, карьерного транспорта и дробильного оборудования;
- проследить передачу энергии и рабочего усилия от источника к рабочему органу;
- оценивать влияние условий горного производства на компоновку, надёжность, ремонтпригодность и безопасность машины.

1. Горная машина как элемент технологического комплекса

Горная машина — техническое средство, предназначенное для выполнения одной или нескольких операций при разведке месторождения, подготовке горных выработок, добыче и перемещении горной массы, а также при её первичной переработке. К горным машинам относят, например, буровые установки, выемочные комбайны, экскаваторы, погрузчики, транспортные машины, дробилки и грохоты.

Машина не существует изолированно от технологии. Её назначение определяется местом в производственной цепи и материалом, с которым она работает. Буровой станок создаёт скважины или шпуры. Экскаватор отделяет и загружает породу. Самосвал перемещает её между пунктами. Дробилка уменьшает крупность кусков перед последующими операциями. Вспомогательные машины обеспечивают доступ, поддержание выработки, удаление воды и пыли, вентиляцию, техническое обслуживание и ремонт. В учебной классификации операции, непосредственно связанные с добычей и удалением полезного ископаемого, рассматриваются как основные, а операции, поддерживающие добычу, — как вспомогательные [1](#).

Производственный результат определяется не только паспортными параметрами отдельной машины, но и её согласованием с соседними звеньями. Если производительный экскаватор ожидает самосвалы, а дробильная установка не принимает материал в нужном темпе, локальная мощность машины не превращается в соответствующую производительность всего комплекса. Поэтому при изучении горного оборудования важно различать:

- **техническую производительность отдельной машины** — возможный объём работы при заданных условиях и режиме;

- **производительность комплекса** — результат взаимодействия нескольких машин и инфраструктуры;
- **техническую готовность** — способность машины выполнять работу, когда она требуется, с учётом отказов и технического обслуживания.

Конкретный парк оборудования зависит от способа разработки. Открытые горные работы требуют большого числа мобильных машин для бурения, выемки, перевозки и содержания дорог. Подземные работы предъявляют повышенные требования к габаритам, манёвренности, вентиляции и отводу тепла. Производители карьерной техники предлагают разные сочетания самосвалов, канатных лопат, колесных погрузчиков, буровых станков, гидравлических экскаваторов и бульдозеров [10](#).

2. Классификация горных машин

Единственный признак не позволяет описать всё многообразие горных машин. Одну и ту же машину классифицируют одновременно по выполняемой операции, характеру рабочего процесса, мобильности, источнику энергии и месту применения.

2.1. По технологическому назначению

Группа машин	Основное назначение	Типичные представители
Разведочные и буровые	Создание скважин и шпуров для разведки, взрывания или установки крепи	Буровые станки, проходческие буровые установки, анкероустановщики
Выемочные и проходческие	Разрушение и отделение породы или полезного ископаемого от массива	Очистные и проходческие комбайны, непрерывные комбайны, дорожные фрезерные машины
Выемочно-погрузочные	Захват, отделение, перемещение и погрузка материала	Гидравлические экскаваторы, канатные лопаты, фронтальные погрузчики, ПДМ
Транспортные	Перемещение горной массы, материалов и оборудования	Карьерные самосвалы, конвейеры, шахтные локомотивы, думпкары, подъёмные установки
Дробильно-сортировочные	Уменьшение крупности и разделение материала по размеру	Щековые, конусные и роторные дробилки, грохоты, питатели
Машины крепления и поддержания выработок	Установка анкеров и иных элементов крепи; поддержание кровли и бортов	Анкероустановщики, крепеустановщики, буровые машины под крепь
Вспомогательные и сервисные	Создание условий безопасной работы и поддержание готовности парка	Бульдозеры, грейдеры, насосы, вентиляторы, компрессоры, сервисные машины, ремонтные комплексы

Классификация показывает, **какую задачу** решает машина, но не полностью раскрывает её конструкцию. Например, две машины одного назначения могут различаться по рабочему органу, источнику энергии и способу перемещения.

2.2. По характеру рабочего процесса

- **Машины циклического действия** работают повторяющимися циклами: рабочий ход, возврат или разгрузка, подготовка к следующему циклу. Одноковшовый экскаватор набирает ковш, поворачивается, разгружает материал и возвращается к забою. Самосвал загружается, перемещается, разгружается и возвращается.

- **Машины непрерывного действия** обрабатывают или перемещают поток без остановки на завершение отдельной единицы цикла. Примеры — ленточный конвейер, непрерывный проходческий комбайн, непрерывная дробильно-сортировочная линия.

- **Комбинированные машины** совмещают несколько функций в одном агрегате. Например, проходческий комбайн может разрушать породу вращающимся режущим органом, собирать её и передавать на встроенный конвейер.

Различие между циклической и непрерывной работой важно для расчёта производительности. Непрерывное оборудование обычно требует равномерной подачи и согласования с транспортом. Циклическое — сокращения времени поворота, загрузки, разгрузки и ожидания. В реальном комплексе даже непрерывная машина может простаивать из-за смены транспортной единицы или остановки последующего звена [1](#) [3](#).

2.3. По мобильности и месту установки

- **Стационарные машины** работают на фиксированном основании: например, крупные дробилки, насосные станции и подъёмные установки.

- **Передвижные машины** имеют ходовую часть и могут перемещаться по рабочей площадке: экскаваторы, буровые станки, самосвалы, погрузчики.

- **Мобильные технологические комплексы** объединяют рабочие агрегаты с самоходной платформой. Пример — передвижная дробильная установка, перемещаемая вслед за зоной добычи.

2.4. По источнику энергии и способу передачи мощности

На горных машинах применяются дизельные, электрические и аккумуляторные источники энергии, а также комбинации этих решений. Мощность к рабочему органу может передаваться механической трансмиссией, электрическим приводом или гидравлической системой. В одной машине разные узлы могут иметь разные типы приводов: например, дизельный двигатель обеспечивает тягу, а гидросистема — движения рабочего оборудования.

Выбор привода связан с режимом работы и средой. Электрический привод может быть выгоден при наличии надёжного электроснабжения, а дизельный даёт автономность перемещения. В подземных условиях отдельно оценивают тепловыделение и состав выхлопа. Аккумуляторные машины позволяют избежать выхлопных газов при движении, но требуют инфраструктуры зарядки и решения вопросов энергозапаса. Конкретный выбор определяется проектом, правилами безопасности и доступной инфраструктурой, а не только видом привода.

3. Типовая конструктивная схема горной машины

Несмотря на различия в назначении, у многих машин можно выделить несколько общих функциональных подсистем. Их состав и компоновка зависят от класса оборудования: у буровой установки есть мачта или стрела с податчиком, у самосвала — кузов, у дробилки — камера дробления и опорная рама.

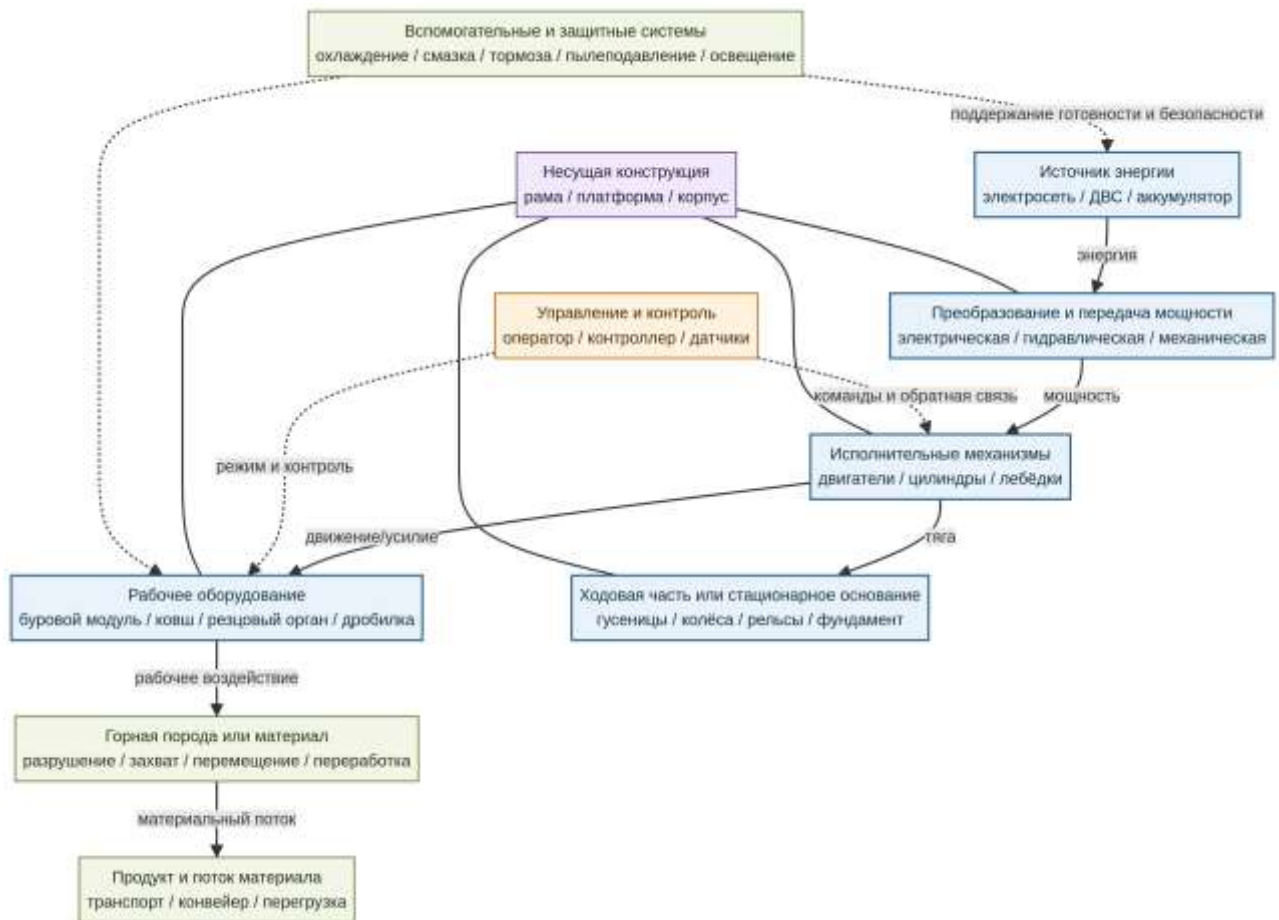


Рисунок 1. Типовая функциональная структура. Схема обобщённая: конкретная модель может не иметь отдельных показанных узлов или объединять несколько функций в одном агрегате.

3.1. Несущая конструкция

Рама, платформа, станина или корпус образуют силовую основу машины. Они удерживают узлы в заданном взаимном положении и воспринимают статические и динамические нагрузки. Через несущую конструкцию передаются усилия от рабочего оборудования к ходовой части или фундаменту.

Для тяжёлого горного оборудования особенно важны прочность, жёсткость и сопротивление усталости. Рама экскаватора воспринимает усилия от стрелы и поворотной платформы. Станина дробилки передаёт вибрационные и ударные нагрузки на опоры. Несущая часть самосвала работает под действием массы груза, неровностей дороги и динамических нагрузок при разгрузке.

3.2. Ходовая часть или стационарное основание

Ходовая часть обеспечивает перемещение и передачу нагрузки на грунт или рельсы. Применяются гусеничные, колёсные, рельсовые и шагающие движители. Стационарное оборудование устанавливается на опоры или фундамент.

- **Гусеничный движитель** распределяет нагрузку по большей площади и обеспечивает движение по неровной площадке на небольшой скорости.

- **Колёсная ходовая часть** даёт возможность быстрее перемещаться по подготовленным дорогам и распространена у самосвалов и колесных погрузчиков.

- **Рельсовый ход** фиксирует направление перемещения, но требует рельсового пути и соответствующей инфраструктуры.

- **Шагающий механизм** используется у некоторых крупных машин, где важны устойчивость и движение по рабочей площадке, а не высокая транспортная скорость.

Ходовая система влияет на проходимость, устойчивость, скорость, радиус поворота и допустимое давление на основание. Неподходящий тип движителя ограничивает машину даже в том случае, если её рабочий орган соответствует породе.

3.3. Источник энергии, привод и передача мощности

Привод создаёт движение и усилие. Источник энергии подводит первичную мощность, а система передачи направляет её к исполнительным механизмам.

- В **механическом приводе** мощность передаётся валами, муфтами, редукторами, цепными или зубчатыми передачами.

- В **электрическом приводе** электрическая энергия преобразуется электродвигателем в механическое вращение; система может включать силовую электронику, преобразователи и защитные аппараты.

- В **гидравлическом приводе** насос создаёт поток рабочей жидкости, распределитель направляет его, а гидромотор или цилиндр преобразует энергию потока в вращение или поступательное усилие. Простой пример — гидроцилиндр, который поднимает стрелу экскаватора.

- В **пневматическом приводе** сжатый воздух приводит в действие перфоратор или иной пневматический механизм.

На практике применяются комбинированные схемы. Например, электрический двигатель может вращать насос гидросистемы; гидроцилиндры перемещают стрелу; отдельный электропривод обеспечивает ход или вращение бурового инструмента. Наличие источника энергии ещё не объясняет работу узла: необходимо проследить всю цепочку «источник → передача → исполнительный механизм → рабочее движение».

3.4. Рабочее оборудование и рабочий орган

Рабочее оборудование — узлы, обеспечивающие позиционирование и перемещение исполнительной части машины. **Рабочий орган** — элемент, непосредственно воздействующий на массив или материал.

Примеры различия:

- у экскаватора рабочим оборудованием являются стрела, рукоять, гидроцилиндры и ковшовая система; зубья ковша непосредственно внедряются в породу;

- у бурового станка к рабочему оборудованию относятся подачник и буровой механизм; долото или коронка разрушают породу;

- у комбайна рабочий орган — режущая коронка или барабан с резцами; стрела/манипулятор позиционирует его;

- у дробилки рабочий орган — поверхности или элементы, создающие сжатие, удар либо истирание материала.

Рабочий орган определяет способ воздействия на породу: резание, скалывание, удар, сжатие, раздавливание или захват. Его форма, материал и режим работы выбираются с учётом прочности и абразивности массива, размера кусков и требуемой производительности.

3.5. Системы управления и контроля

Органы управления позволяют оператору задавать команды движения и рабочие режимы. Контроллеры и датчики собирают сведения о состоянии агрегатов и могут ограничивать опасные режимы. На современных машинах применяются системы контроля параметров, автоматизации операций и помощи оператору.

У проходческой буровой установки Sandvik DD422i изготовитель указывает два буровых модуля, систему управления SICA, варианты автоматизированных функций, а также систему предотвращения столкновения стрел. Эти решения помогают контролировать буровой цикл и движение манипуляторов, но не заменяют соблюдение производственной инструкции и оценку условий забоя [2](#).

3.6. Вспомогательные, защитные и обслуживающие системы

К вспомогательным системам относят смазку, охлаждение, фильтрацию, торможение, освещение, связь, вентиляцию, пылеподавление, пожарную защиту и диагностику. Их роль нередко недооценивают, хотя отказ вспомогательной системы может остановить основную работу.

- Охлаждение отводит теплоту от двигателя, гидравлического масла, электропривода и других нагруженных узлов.
- Смазка снижает трение и износ в подшипниках, шарнирах и передачах.
- Пылеподавление и вентиляция уменьшают запылённость рабочей зоны; для горных работ NIOSH описывает инженерные методы контроля минеральной пыли на разных типах оборудования и участках [8](#).
- Тормозные системы обеспечивают остановку и удержание машины, а аварийные устройства помогают безопасно прекратить движение.
- Защитные кабины и обзорность снижают воздействие опасных факторов, но зоны ограниченной видимости всё равно требуют организации движения и согласования манёвров [7](#).

4. Конструктивные особенности основных классов машин

4.1. Буровые машины

Назначение буровой машины — формирование скважин и шпуров требуемой глубины и направления. В зависимости от технологии и породы применяется вращательное бурение, ударно-вращательное бурение либо сочетание методов.

Типовая буровая установка может включать:

- ходовую базу или раму;
- мачту, стрелу или манипулятор;
- механизм подачи бурового инструмента;
- вращатель или перфоратор;
- буровую штангу, коронку или долото;
- гидравлическую, электрическую либо пневматическую систему;
- промывку водой или продувку воздухом для удаления буровой мелочи;
- опорные устройства, кабину, органы управления и средства защиты.

Подземный проходческий буровой станок должен маневрировать в ограниченном пространстве и располагать стрелы так, чтобы последовательно бурить несколько шпуров в забое. Например, Sandvik DD422i предлагается с двумя стрелами, различными типами подачи и функциями для бурения забоя, отверстий под крепь и установки крепи; приведённые изготовителем параметры относятся к конкретной модели и её комплектации [2](#).

4.2. Экскаваторы и погрузчики

Экскаватор предназначен для отделения породы, её захвата и погрузки. В гидравлическом экскаваторе основной рабочий комплекс обычно включает гусеничное или колёсное шасси, поворотную платформу, стрелу, рукоять, ковш и гидропривод. Гидравлические цилиндры перемещают стрелу и рукоять, а ковш внедряется в породу и заполняется материалом.

Канатная электрическая лопата устроена иначе: характерные узлы включают поворотную платформу, стрелу, рукоять с ковшом, подъёмные и напорные механизмы и электрические приводы. Точные компоновки зависят от класса и модели. Открытые горные работы используют оба типа экскаваторного оборудования наряду с колесными погрузчиками и другими машинами [10](#).

Погрузочно-доставочная машина (ПДМ, англ. LHD — load-haul-dump) объединяет погрузку и перевозку на небольшое расстояние. Для подземных выработок важны низкий габарит, шарнирно-сочленённая рама, манёвренность и обзорность. В конструкции обычно присутствуют ковш, стрела или подъёмные рычаги, гидросистема, тяговая трансмиссия, шарнирное сочленение, кабина и тормозная система. Например, Epiroc Scooptram ST14 S предназначена для подземных работ; изготовитель выделяет мощность и усилие копания, удобство управления, подвеску стрелы и элементы безопасной кабины [4](#).

4.3. Проходческие и выемочные комбайны

Непрерывный комбайн разрушает пласт или породу рабочим органом, собирает отбитый материал и передаёт его на транспорт. В описании Penn State указывается цепочка: режущий барабан с резцами разрушает уголь, собирающие руки направляют его на цепной конвейер, а хвостовая секция подаёт материал в транспортную машину [3](#). Так совмещаются несколько операций, но устойчивость работы по-прежнему зависит от транспорта и вспомогательных условий.

Типовые узлы комбайна:

- гусеничная или иная самоходная база;
- резцовый барабан, коронка или фрезерная головка;
- стрела или механизм позиционирования рабочего органа;
- погрузочные лопасти/собирающие органы;
- встроенный скребковый или цепной конвейер;
- электропривод и система управления;
- системы орошения и пылеподавления;
- элементы защиты и, для подземных работ, сопряжение с вентиляцией и креплением выработки.

Подземное продвижение ограничено не только возможностями резания, но и необходимостью обеспечить вентиляцию и своевременно закреплять кровлю. Поэтому механизация одной операции не отменяет потребности в остальных звеньях технологического процесса [3](#).

4.4. Транспортные машины

Карьерный самосвал предназначен для перевозки горной массы по технологическим дорогам. К основным функциональным узлам относятся рама, силовая установка, трансмиссия или электрический тяговый привод, ходовая часть, подвеска, рулевое управление, тормоза, кузов и механизм его подъёма.

Выбор самосвала согласуют с вместимостью ковша экскаватора, дальностью перевозки, уклонами и состоянием дорог. Недостаточная согласованность вызывает ожидание в погрузочном пункте, неполную загрузку или лишние циклы. У крупной

мобильной техники есть зоны ограниченной видимости; MSHA подчёркивает необходимость управления движением, обучения персонала, коммуникации между операторами и использования систем предупреждения столкновений [7](#).

Ленточный конвейер — транспортирующая машина непрерывного действия. В общую схему входят лента, приводная и натяжная станции, роlikоопоры, загрузочные и разгрузочные устройства, рама, очистители и ограждения. Для устойчивой работы важны центровка ленты, равномерная подача, натяжение, исправность роликoв и защита от просыпей. Конвейер отличается от самосвала не только устройством, но и характером движения материала: поток перемещается по постоянной трассе, а не отдельными циклическими рейсами.

4.5. Дробильно-сортировочное оборудование

Дробилка уменьшает размер кусков горной массы, подготавливая материал к транспортированию, сортировке или последующей переработке. По принципу разрушения различают, в частности, дробление сжатием, ударом и истиранием. Грохот разделяет материал по крупности при его движении по ситовой поверхности. В дробильно-сортировочном комплексе применяются также питатели, бункеры, конвейеры, защитные ограждения и системы пылеподавления.

Для примера, щековая дробилка в общем случае использует подвижную и неподвижную щеки, между которыми материал дробится при сближении; конусные машины воздействуют на материал в камере между конусными поверхностями. Конкретный выбор типа зависит от стадии дробления, прочности и крупности сырья, желаемой фракции и производительности. Руководство Metso рассматривает оборудование и технологические факторы дробления и грохочения; производитель отдельно предупреждает, что актуальные паспортные данные необходимо сверять по конкретной модели [6](#).

4.6. Машины крепления и вспомогательное оборудование

Механизированная установка крепления бурит отверстие, подаёт крепёжный элемент и помогает закрепить кровлю или стенки выработки. В её составе могут быть ходовая база, буровой модуль, магазин или податчик анкеров, манипулятор, рабочая площадка/защитный козырёк, гидросистема и органы управления. Epiroc Boltec SL — пример низкопрофильной машины механизированной установки анкеров для низких выработок; производитель указывает полностью механизированную установку одного анкера и применение в низкопрофильных условиях [9](#).

К вспомогательным машинам также относят бульдозеры и автогрейдеры для содержания дорог и площадок, водоотливные насосы, вентиляционные установки, компрессоры, зарядные и ремонтные машины. Они не всегда непосредственно отделяют руду от массива, однако обеспечивают возможность безопасно и бесперебойно вести основные операции [1](#).

Таблица 2. Сопоставление машин по основным узлам

Машина	Рабочий орган	Узлы позиционирования/перемещения	Характерные вспомогательные системы
Буровая установка	Долото, коронка или перфоратор	Мачта/стрела, податчик, ходовая база	Промывка или продувка, пылеудаление, стабилизация, управление бурением

Машина	Рабочий орган	Узлы позиционирования/перемещения	Характерные вспомогательные системы
Гидравлический экскаватор	Ковш и его зубья	Стрела, рукоять, поворотная платформа, ходовая часть	Гидросистема, охлаждение, фильтрация, торможение, контроль нагрузки
Погрузочно-доставочная машина	Ковш	Шарнирная рама, стрела/рычаги, колёсная база	Тормоза, освещение, обзорность/камеры, охлаждение и контроль состояния
Непрерывный комбайн	Резцовый барабан или коронка	Стрела, гусеничная база, манипулятор	Сборочные органы, конвейер, орошение, вентиляция и пылеподавление
Карьерный самосвал	Кузов как грузоприёмное устройство	Рама, ходовая часть, подвеска, рулевое управление	Тормоза, замедлитель, освещение, связь и предупреждение столкновений
Дробилка	Дробильные элементы/поверхности	Рама, привод, опоры и система подачи	Ограждения, смазка, охлаждение, пылеподавление, аварийная остановка
Анкероустановщик	Буровой инструмент и механизм установки анкера	Стрела/каровка, податчик, самоходная база	Подача крепежа, защита рабочего места, гидропривод, контроль операций

Таблица обобщает функциональные узлы и не заменяет руководство конкретного изготовителя. В одной модели некоторые функции могут быть объединены, а состав систем зависит от выбранной комплектации.

5. Конструктивные требования, обусловленные условиями горных работ

Горное оборудование работает при значительных механических нагрузках, вибрациях, абразивном износе и изменяющихся свойствах материала. Подземные и карьерные условия различаются, но в обоих случаях конструкция должна удовлетворять требованиям надёжности и безопасности.

5.1. Прочность, износостойкость и надёжность

- Несущие конструкции должны воспринимать рабочие, транспортные и ударные нагрузки без опасного разрушения или недопустимой деформации.
- Рабочие органы и сменный инструмент должны выдерживать абразивное воздействие породы и сохранять возможность замены изнашиваемых частей.
- Подшипники, шарниры, редукторы, гидроцилиндры и соединения нуждаются в смазке, защите от пыли и плановом осмотре.
- Отказ критического узла может остановить всю машину и вызвать простой сопряжённого оборудования.

5.2. Ремонтпригодность и эксплуатационная доступность

Ремонтпригодная компоновка обеспечивает доступ к узлам обслуживания, фильтрам, точкам смазки, соединениям и сменным элементам. При выборе машины учитывают не только цену и производительность, но и доступность запасных частей, сервисной поддержки, диагностических средств и подготовленного персонала.

Пример. Если конструкция ковша позволяет быстро заменять зубья, восстановление рабочего органа может занимать меньше времени, чем ремонт детали, выполненной как единое целое. Поэтому износостойкость и ремонтпригодность рассматривают совместно.

5.3. Пыль, шум, тепло и обзорность

Разрушение, пересыпка и транспортирование сухого материала сопровождаются пылеобразованием. Инженерные меры включают орошение, укрытие мест пересыпки, локальное пылеулавливание и вентиляцию. NIOSH систематизирует практические способы снижения минеральной пыли на горных предприятиях и у различных видов оборудования [8](#).

Высокая температура, шум и вибрация влияют на ресурс узлов и условия труда. В подземной выработке учитывают воздухообмен и тепловыделение силовых установок. При эксплуатации крупногабаритных машин на поверхности важны обзорность, связь, разметка маршрутов и предотвращение столкновений; MSHA выделяет ограниченную видимость и необходимость согласовывать движение как важные факторы безопасности [7](#).

5.4. Управление и автоматизация

Автоматизация может выполнять повторяемые операции по программе, фиксировать режимы и предупреждать оператора о выходе параметров за установленные пределы. На буровых установках автоматизируются отдельные этапы бурового цикла и управление стрелами; на транспорте используются средства наблюдения и предупреждения столкновений [2 7](#).

Автоматизированная система не отменяет инженерного контроля. Её эффективность зависит от исправных датчиков, корректной настройки, качественных исходных данных и обучения операторов. При оценке автоматизации важно спрашивать не только «какие функции есть?», но и «какую задачу они решают, как сообщают об отказе и что должен делать человек?»

6. Принципы выбора машины и анализ её конструктивной схемы

Выбор машины начинается с технологической операции, а не с поиска самого мощного агрегата. Для учебного или проектного анализа последовательно устанавливают:

1 Операцию: что должна выполнять машина — бурить, разрушать, загружать, перевозить, дробить, сортировать или крепить.

2 Условия работы: открытые или подземные работы, габариты площадки/выработки, уклоны, расстояния, несущая способность основания и климат.

3 Свойства массива и материала: прочность, абразивность, трещиноватость, влажность, размер кусков и склонность к налипанию.

4 Требуемый режим: производительность, продолжительность смены, цикличность, точность или требуемая фракция.

5 Сопряжение: какая машина подаёт материал и какая его принимает; достаточно ли пропускной способности последующих звеньев.

6 Инфраструктуру: электроснабжение, топливо, вентиляция, дороги, конвейеры, пункты ремонта и зарядная инфраструктура.

7 Безопасность: обзорность, блокировки, торможение, защита от пыли, связь и возможность безопасного обслуживания.

8 Жизненный цикл: техническое обслуживание, износ сменных органов, доступность сервиса и ожидаемое время простоя.

При чтении конструктивной схемы удобно проследить три основные цепочки:

- **энергетическая:** источник энергии → привод и передача → исполнительный механизм;
- **рабочая:** исполнительный механизм → рабочий орган → воздействие на горную породу;
- **материальная:** забой/подача → машина → перегрузочный пункт или следующая стадия обработки.

К ним добавляют **цепь управления и контроля:** команда оператора или контроллера → механизм действия → обратная связь от датчиков и наблюдений. Такой подход помогает быстро определить, какой узел отвечает за движение, какой — за полезную операцию, и где искать причину остановки.

7. Основные выводы

- Горная машина создаётся для конкретной производственной операции и должна оцениваться как часть взаимосвязанного комплекса.
- Основные конструктивные группы — несущая система, ходовая часть или основание, источник энергии, привод и передача мощности, рабочее оборудование, управление, вспомогательные и защитные системы.
- Рабочий орган непосредственно взаимодействует с породой; рабочее оборудование включает также узлы, которые его позиционируют и перемещают.
- Буровые станки, экскаваторы, комбайны, транспортные машины, дробилки и установки крепления различаются прежде всего рабочим органом, способом передачи усилия и организацией потока материала.
- Прочность, износостойкость, ремонтпригодность, пылеподавление, обзорность и безопасность влияют на конструкцию не меньше, чем требуемая производительность.
- Паспортные показатели отдельной машины не гарантируют производительность всего предприятия: необходимо согласовывать режимы всех технологических звеньев.