

Конспект лекций

Тема 3. Назначение, виды, конструктивные особенности, основные узлы горных машин

Цель изучения темы

Сформировать целостное представление о назначении и классификации горных машин, их конструктивных схемах и функциях основных узлов; научиться соотносить устройство машины с выполняемой технологической операцией, условиями эксплуатации и требованиями надёжности и безопасности.

Планируемые результаты обучения

Студент должен уметь:

- различать горные машины по назначению, характеру рабочего процесса и типу перемещения;
- называть основные сборочные единицы буровых машин, экскаваторов, погрузчиков, транспортных машин и дробильного оборудования;
- объяснять передачу мощности от источника энергии к исполнительному органу;
- описывать взаимодействие рабочего органа, ходовой части, несущих конструкций и систем управления;
- распознавать типовые эксплуатационные факторы, влияющие на выбор конструкции и техническое обслуживание машин.

1. Понятие, назначение и место горных машин в производстве

Горная машина — техническое средство, предназначенное для выполнения одной или нескольких производственных операций при разведке, подготовке и разработке месторождения, перемещении горной массы либо переработке минерального сырья. Машины используются для бурения скважин и шпуров, отделения породы от массива, погрузки, транспортирования, дробления, сортировки, подъёма полезного ископаемого и выполнения вспомогательных работ.

Каждая машина создаётся для определённого технологического назначения. Например, буровой станок формирует скважины заданного диаметра и глубины; экскаватор отделяет и перемещает породу ковшем; самосвал перевозит горную массу; дробилка уменьшает размер кусков. Машины непосредственно добычного цикла называют основными. Оборудование для поддержания рабочих условий и работоспособности, например насосы водоотлива, вентиляторы, компрессоры и машины технического обслуживания, относится к вспомогательному. Разделение зависит от принятой технологии: отдельные установки могут в одном процессе быть основными, а в другом — обеспечивающими [1](#).

Производительность предприятия зависит не только от отдельных машин, но и от согласования их режимов. Если одна машина систематически простаивает из-за ожидания транспортной единицы или не может передать материал дальше, её номинальная мощность не превращается в соответствующий объём выпуска. Поэтому горные машины рассматривают как отдельные технические объекты и как звенья технологического комплекса [1](#).

2. Классификация горных машин

Единственной классификации, достаточной для всех задач проектирования и эксплуатации, нет. Одну и ту же машину можно классифицировать сразу по нескольким признакам: по

технологическому назначению, способу воздействия на материал, степени мобильности и виду привода.

2.1. По технологическому назначению

Класс машин	Основная операция	Типичные представители
Разведочные и буровые	Бурение шпуров и скважин	Геологоразведочные станки, карьерные станки шарошечного бурения и установки с погружным пневмударником
Выемочные и проходческие	Разрушение массива и отделение полезного ископаемого	Очистные и проходческие комбайны, непрерывные комбайны, фрезерные машины
Выемочно-погрузочные	Отделение, зачерпывание и погрузка материала	Гидравлические экскаваторы, электрические канатные лопаты, фронтальные погрузчики, погрузочно-доставочные машины
Транспортные	Перемещение горной массы и материалов	Карьерные самосвалы, конвейеры, локомотивы с думпкарами, шахтные машины, подъёмные установки
Дробильно-сортировочные	Уменьшение крупности и разделение по размеру	Щековые, конусные и роторные дробилки, грохоты, мобильные дробильные установки
Вспомогательные	Обеспечение производства и обслуживания	Бульдозеры, автогрейдеры, буровые вспомогательные установки, насосы, вентиляторы, компрессоры и ремонтные машины

Перечень отражает типовые классы, а не исчерпывающую номенклатуру. Производители, например, выделяют для открытых горных работ карьерные самосвалы, электрические и гибридные канатные лопаты, колесные погрузчики, буровые станки, гидравлические экскаваторы, бульдозеры и драглайны [2](#).

2.2. По характеру рабочего процесса

- **Машины циклического действия** повторяют последовательность отдельных рабочих и холостых ходов. К ним относятся одноковшовый экскаватор, карьерный самосвал и буровой станок с циклом установки, бурения и извлечения инструмента.
- **Машины непрерывного действия** перемещают или обрабатывают материал без остановки на завершение отдельного рабочего цикла. Примеры — ленточный конвейер, некоторые проходческие комбайны, непрерывные дробильные и сортировочные линии.
- **Комбинированные машины и комплексы** совмещают несколько операций. Проходческий комбайн может разрушать породу и передавать её на встроенный конвейер; буровой станок может автоматически выполнять ряд операций позиционирования и бурения.

Циклический режим требует согласования продолжительности загрузки, перемещения и разгрузки. Непрерывная схема требует равномерного потока материала и устойчивой работы сопряжённых машин. Поэтому «непрерывная» машина сама по себе не гарантирует непрерывность всего предприятия.

2.3. По мобильности и месту установки

- **Стационарные** машины устанавливают на постоянном основании или фундаменте. Их преимущество — устойчивое положение и возможность включения в длительно работающую технологическую линию.

- **Передвижные** машины имеют собственную ходовую часть и могут перемещаться между рабочими позициями. К этой группе относятся экскаваторы, буровые станки и карьерные самосвалы.
- **Мобильные технологические комплексы** могут перемещаться вместе с рабочей площадкой или между участками. Например, мобильная дробилка на гусеничном ходу совмещает дробильный модуль с ходовой платформой; производитель указывает применение таких установок в горных и карьерных операциях [6](#).

3. Общая конструктивная схема горной машины

Несмотря на большое разнообразие конструкций, большинство горных машин включает несколько функциональных систем: несущую конструкцию, ходовую часть или основание, рабочее оборудование, привод, передачу мощности, системы управления и контроля, а также вспомогательные и защитные устройства.

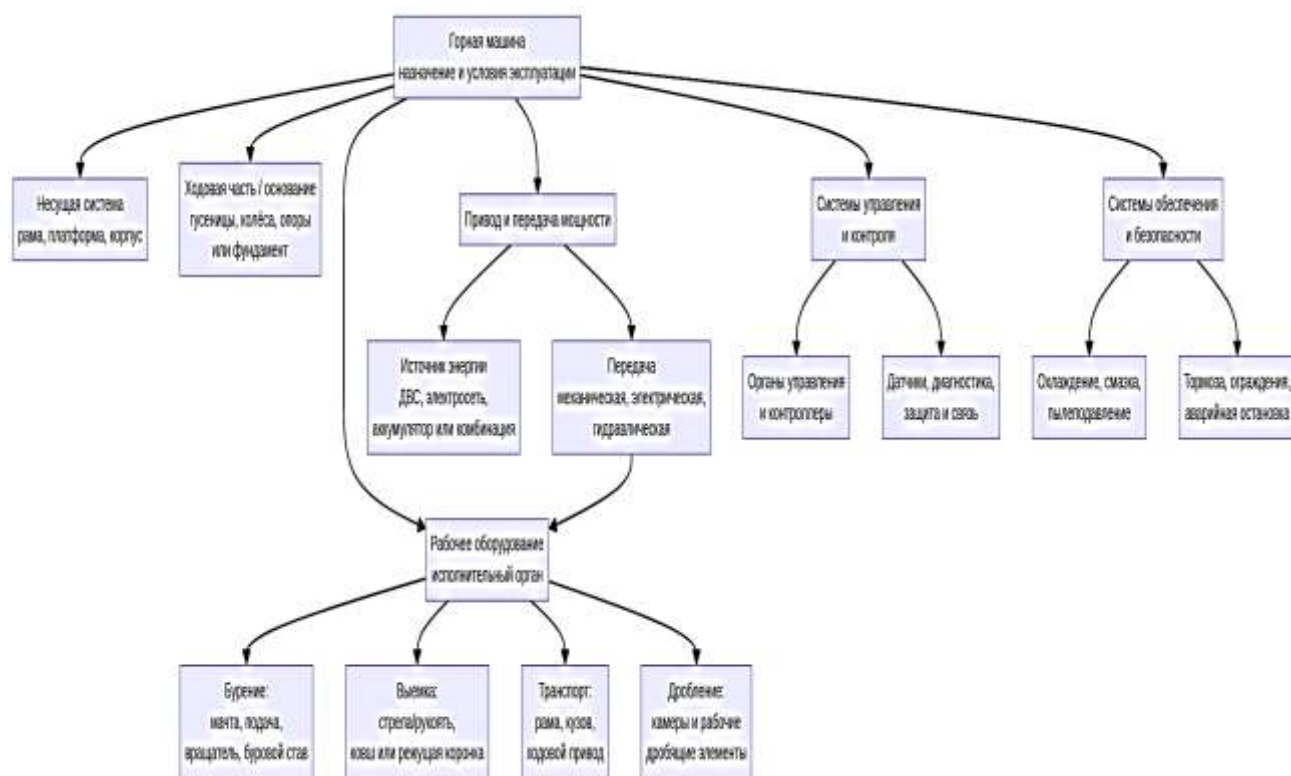


Рисунок 1. Обобщённая структура горной машины. Реальный состав узлов определяется её назначением: например, карьерный самосвал имеет кузов и тормозную систему, а буровой станок — мачту, буровой став и механизмы подачи.

3.1. Несущая конструкция

Рама, платформа, корпус или станина воспринимают силы от рабочего органа, собственного веса, полезной нагрузки и динамических воздействий. Конструкция должна обеспечивать необходимую прочность и жёсткость при допустимой массе, а также передавать нагрузки к ходовой части или основанию. Узлы соединения стрелы, мачты, кузова и силовых цилиндров часто испытывают переменные нагрузки, поэтому в них важны качество сварных или болтовых соединений, состояние пальцев, втулок и опорных поверхностей.

У стационарных дробильных установок нагрузка передаётся на раму и фундамент. У карьерного самосвала основные эксплуатационные усилия воспринимает рама, на которой закреплены двигатель, кабина, кузов, элементы подвески и ходовой системы. У экскаватора

нагрузки от ковша передаются через рукоять и стрелу на поворотную платформу и гусеничное шасси.

3.2. Ходовая часть и опорная система

Ходовая часть перемещает машину и передаёт её нагрузку на грунт. В зависимости от назначения применяют:

- **гусеничный движитель** — обеспечивает большую площадь контакта с грунтом и манёвренность при низких скоростях; используется у экскаваторов, бульдозеров и ряда буровых станков;
- **колёсную ходовую часть** — обеспечивает быстрое перемещение по подготовленным дорогам; распространена у самосвалов, колесных погрузчиков и части вспомогательных машин;
- **шагающий механизм** — применяется у отдельных крупногабаритных машин, которым не требуется высокая скорость передвижения, но необходимо перемещаться по рабочей площадке;
- **рельсовый ход** — применяется при заданной трассе перемещения, например у локомотивного транспорта или некоторых перегружателей;
- **стационарное основание** — используется, если машина или агрегат работает на постоянном месте.

Основные элементы гусеничного движителя — гусеничная цепь с башмаками, ведущая звёздочка, направляющее колесо, опорные и поддерживающие ролики, механизм натяжения. В колёсной ходовой части важны шины, колёса, оси, подвеска, рулевое управление и тормоза. Тип ходовой системы влияет на проходимость, устойчивость, скорость, удельное давление на грунт и требования к дороге.

3.3. Рабочее оборудование и исполнительный орган

Рабочее оборудование — совокупность узлов, которые взаимодействуют с породой или материалом. **Исполнительный орган** — его активная часть, непосредственно разрушающая, захватывающая, перемещающая или обрабатывающая материал. Это может быть буровое долото, ковш, режущая коронка, отвал, дробящий конус или лента конвейера.

Конструкция рабочего органа определяет способ воздействия на породу. При ударном бурении разрушение формируется повторными ударами инструмента; при вращательном — нагрузкой и вращением долота; у ковшового экскаватора материал отделяется зубьями и режущей кромкой ковша; у дробилки — сжатием, ударом или сочетанием воздействий. Рабочий орган выбирают с учётом крепости, абразивности, крупности и влажности материала. Изнашиваемые элементы, такие как зубья ковша, буровые коронки и футеровка дробилки, требуют контроля и плановой замены.

3.4. Привод и передача мощности

Привод создаёт движение или усилие, необходимые для выполнения операции. Источником энергии может служить дизельный двигатель, электродвигатель, аккумуляторная система или комбинация источников. Передача мощности от источника к рабочему органу выполняется механической, электрической, гидравлической или комбинированной трансмиссией.

- **Механическая передача** передаёт вращение или усилие через редукторы, валы, зубчатые передачи, цепи и муфты.
- **Электрическая передача** преобразует энергию генератора или внешней сети в движение тяговых и рабочих электродвигателей. Такие приводы широко используются в крупной горной технике и стационарном оборудовании.

- **Гидравлический привод** передаёт усилие потоком рабочей жидкости под давлением. Насос подаёт жидкость, распределители направляют её, а гидроцилиндры или гидромоторы создают движение. Он позволяет гибко управлять усилиями и скоростями рабочих органов экскаватора.
- **Комбинированный привод** сочетает несколько способов, например дизельный двигатель с электрической передачей или электрическую систему с гидравлическим исполнительным оборудованием.

Необходимо различать источник энергии, привод и рабочую трансмиссию. Например, дизельный двигатель карьерного самосвала является источником энергии; генераторно-электрическая цепь может быть способом преобразования; тяговые электродвигатели создают момент на колёсах.

3.5. Системы управления, контроля и диагностики

Система управления передаёт команды оператора исполнительным механизмам. Она может включать механические рычаги, гидравлические распределители, электрические панели, электронные контроллеры и программное обеспечение. Датчики измеряют параметры, например давление, температуру, скорость, положение рабочего органа, нагрузку или вибрацию.

На современных машинах оператор может получать подсказки о положении оборудования, загрузке, маршруте и состоянии узлов. Системы управления карьерной загрузкой и перевозкой способны показывать циклы, полезную нагрузку, местоположение машин и движение материала [7](#). Это облегчает контроль процесса, но не исключает необходимость технического осмотра и профессионального решения оператора или инженера.

3.6. Вспомогательные, защитные и эргономические устройства

К вспомогательным системам относятся смазка, охлаждение, фильтрация, гидробак, электроснабжение, освещение, отопление или кондиционирование кабины и средства связи. Защитные элементы включают тормоза, блокировки, ограждения опасных зон, аварийную остановку, звуковую сигнализацию, камеры, датчики препятствий, противопожарную защиту и средства ограничения доступа.

У крупной мобильной техники существенный риск связан с ограниченной видимостью и слепыми зонами. MSHA рекомендует обучать работников распознаванию этих зон, организовывать движение, согласовывать перемещение машин в рабочей зоне и применять системы предупреждения столкновений как дополнительное средство контроля [8](#). Инженерная оценка конструкции поэтому включает не только способность машины выполнять производственную операцию, но и видимость, доступ для обслуживания и безопасность людей.

4. Конструктивные особенности основных видов горных машин

4.1. Буровые станки

Буровые станки предназначены для бурения скважин и шпуров при геологоразведке, подготовке массива к взрыванию, креплении выработок или иных технологических операциях. По способу воздействия на породу широко различают вращательное бурение и ударно-вращательное бурение. Карьерный станок Epiroc Pit Viper 271 — пример машины для бурения взрывных скважин; производитель указывает возможность однопроходного бурения до 18 м и диаметром до 270 мм, при этом параметры зависят от конфигурации [3](#).

Основные узлы типичного карьерного бурового станка:

- ходовая рама и гусеничный движитель;

- поворотная платформа и кабина оператора;
- мачта с направляющими;
- механизм подачи бурового инструмента;
- вращатель или ударно-вращательный механизм;
- буровой став и долото;
- система очистки скважины от буровой мелочи — например, продувка сжатым воздухом или промывка;
- энергетическая установка, гидросистема, электрическая система и приборы контроля.

Важная особенность буровой машины — точное взаимное положение станка, мачты и скважины. Неустойчивая установка или отклонение инструмента может привести к нарушению геометрии скважины. Следовательно, при оценке бурового станка учитывают не только его максимальную скорость проходки, но и устойчивость, точность позиционирования, автоматизацию операций, рабочий диапазон и систему удаления буровой мелочи.

4.2. Экскаваторы и карьерные лопаты

Гидравлический экскаватор включает гусеничное или колёсное шасси, поворотную платформу, силовую установку, стрелу, рукоять, ковш, гидроцилиндры, насосы, гидромоторы, распределительную аппаратуру и кабину. Гидравлическая система передаёт усилие от двигателя к цилиндрам стрелы, рукояти и ковша, а также приводит в действие механизмы поворота и перемещения.

У электрической канатной лопаты основные элементы — ходовая база, поворотная платформа, стрела, ковш с рукоятью, подъёмный механизм, механизм напора и поворота, электропривод и канатная система. В отличие от гидравлического экскаватора, движения рабочего оборудования такой лопаты создаются прежде всего электромеханическими механизмами и канатами. Выбор между гидравлической лопатой и канатным экскаватором зависит от условий забоя, требуемого усилия, цикла погрузки, инфраструктуры питания, мобильности и принятого транспортного парка. Производители описывают Cat 6060 как гидравлическую карьерную лопату, разработанную в том числе для согласования с крупными карьерными самосвалами [4](#).

Фронтальный погрузчик состоит из колёсного шасси, двигателя, трансмиссии, шарнирно-сочленённой рамы или рулевого механизма, стрелы, рабочего ковша и гидравлического привода. Он часто отличается высокой мобильностью между точками загрузки, но его эффективность зависит от дальности перемещения, характеристик площадки и необходимости регулярных манёвров.

4.3. Проходческие и очистные комбайны

Проходческий или очистной комбайн механически разрушает массив режущим органом. В качестве примера, непрерывный комбайн в угольной выработке включает режущую коронку с резцами, механизм подачи, собирающие рукава или погрузочные элементы, внутренний цепной конвейер, хвостовую часть для передачи материала на транспорт и ходовую базу. Penn State описывает, как режущий барабан разрушает уголь, собирающие элементы подают его на цепной конвейер, а затем материал передаётся на транспортную машину; дальнейшее продвижение забоя связано с креплением кровли и вентиляцией [5](#).

Данный пример показывает, что узлы машины должны проектироваться и эксплуатироваться с учётом сопряжённого оборудования. Работа режущего органа ограничена пропускной способностью конвейера, возможностью отвода материала, креплением массива, вентиляцией и доступностью безопасного пространства.

4.4. Карьерные самосвалы и транспортные машины

Карьерный самосвал предназначен для перевозки горной массы между пунктом погрузки и местом разгрузки. Основные узлы самосвала:

- несущая рама;
- двигатель и системы его охлаждения, смазки и очистки воздуха;
- трансмиссия — механическая или электрическая, в зависимости от конструкции;
- колёса и карьерные шины;
- подвеска и элементы осей;
- кузов и его опорные механизмы;
- рулевое управление, рабочая и стояночная тормозные системы;
- кабина и средства контроля нагрузки;
- системы безопасности, диагностики и связи.

Важная конструктивная особенность — машина должна работать на технологических дорогах с тяжёлыми нагрузками, пылью, вибрацией и перепадами температур. Это требует прочной рамы, эффективного торможения и замедления на спусках, доступности агрегатов для обслуживания и контроля состояния шин. Система диспетчеризации может регистрировать цикл и полезную нагрузку, но не изменяет механических ограничений самосвала и дорожной сети [7](#).

Ленточный конвейер состоит из бесконечной ленты, приводного и натяжного устройств, приводного барабана, роlikоопор, загрузочного и разгрузочного узлов, рамы и защитных устройств. Лента несёт материал вдоль заданного маршрута. Для устойчивой работы необходимы правильное натяжение и центровка ленты, очистка, защита от просыпей и контроль аварийных ситуаций.

4.5. Дробильные машины

Дробилки уменьшают размер кусков горной массы. Наиболее характерные конструктивные принципы:

- **щечковая дробилка:** материал разрушается между неподвижной и подвижной щеками; привод создаёт периодическое сближение щёк;
- **конусная дробилка:** материал разрушается сжатием между неподвижной чашей и подвижным дробящим конусом;
- **роторная дробилка:** материал разрушается ударом элементов ротора о материал и/или отражательные плиты;
- **молотковая дробилка:** ударные элементы воздействуют на подаваемое сырьё.

Грохот разделяет материал по крупности. Его основные узлы — рама, один или несколько ситовых настилов, привод колебаний, пружинные опоры и устройства подачи и отвода материала. Мобильные дробильные установки объединяют дробящий агрегат, питатель, конвейер и ходовую платформу; ассортимент таких установок включает щековые, конусные и роторные варианты [6](#). Выбор дробилки связан с крупностью питания, требуемым размером продукта, прочностью материала и производительностью линии.

4.6. Вспомогательные машины и оборудование

Бульдозеры и автогрейдеры готовят площадки и поддерживают технологические дороги. Насосные агрегаты перемещают воду для водоотлива, водоснабжения или технологических нужд. Вентиляторы обеспечивают движение воздуха в подземных выработках. Компрессоры подают сжатый воздух к пневматическому оборудованию. Сервисные и ремонтные машины обеспечивают смазку, замену изношенных частей, доставку материалов и устранение неисправностей.

Часть оборудования не контактирует с полезным ископаемым непосредственно, но влияет на безопасность и производительность предприятия. Например, содержание дорог влияет на скорость и надёжность транспортных циклов, а вентиляция и водоотлив в подземных условиях обеспечивают возможность работы машин и людей. Поэтому вспомогательное оборудование следует рассматривать как обязательную часть технологического комплекса [1](#).

5. Требования к конструкции горных машин

Конструкцию горной машины оценивают с учётом условий, в которых она будет работать. Для отрасли характерны тяжёлые нагрузки, абразивный износ, пыль, вибрация, влага, ударные воздействия и переменные режимы работы.

При проектировании, выборе и эксплуатации рассматривают следующие требования:

- 1 **Производительность.** Машина должна обеспечить требуемый объём операции с учётом материала, режима работы и сопряжённого оборудования.
- 2 **Прочность и долговечность.** Несущие конструкции, рабочие органы и соединения должны выдерживать статические и динамические нагрузки.
- 3 **Износостойкость.** Рабочие поверхности и режущие элементы должны сохранять работоспособность при контакте с абразивным материалом.
- 4 **Надёжность и ремонтпригодность.** Узлы должны быть доступны для осмотра, диагностики и замены; время простоя должно быть учтено в планировании производства.
- 5 **Энергоэффективность.** Привод выбирают с учётом рабочих режимов, а не только максимальной мощности.
- 6 **Безопасность.** Конструкция должна учитывать торможение, устойчивость, видимость, ограждение опасных зон, аварийное отключение и доступ при обслуживании.
- 7 **Условия рабочей среды.** Учитывают температуру, влажность, пыль, высоту над уровнем моря, состояние грунтов и дорожной инфраструктуры.
- 8 **Экологические и санитарные требования.** Предусматривают контроль пыли, шума, утечек топлива и рабочих жидкостей, а также безопасное обращение с материалами и отходами. NIOSH рассматривает меры контроля пыли для этапов бурения, дробления, грохочения, конвейерного транспортирования и погрузки [9](#).
- 9 **Совместимость.** Размеры и производительность машины должны соответствовать забою, транспортным средствам, перегрузочным пунктам и дальнейшей переработке.

6. Взаимодействие узлов и причины отказов

Отказ редко ограничивается одним повреждённым элементом. Например, износ зубьев ковша может увеличить время черпания и нагрузку на гидравлическую систему; утечка рабочей жидкости приводит к потере давления и снижению усилий; неисправность датчика температуры может задержать обнаружение перегрева; нарушение натяжения конвейерной ленты вызывает проскальзывание и остановку передачи материала.

Для анализа машины полезно рассматривать причинную цепочку:

условия эксплуатации → нагрузка на узел → изменение параметра → влияние на рабочий процесс → техническое обслуживание или ремонт.

Примеры:

Наблюдаемый признак	Возможная причина	Какой узел проверяют в первую очередь
Снижается скорость рабочего органа	Недостаточная мощность, перегрузка, утечка или засорение гидросистемы	Насосы, фильтры, клапаны, гидромоторы, цилиндры
Повышается температура двигателя	Нарушение охлаждения, загрязнение радиатора, чрезмерная нагрузка	Радиатор, вентиляторы, насос охлаждения, датчики
Увеличивается вибрация дробилки	Износ, неправильная подача, ослабление креплений или повреждение опор	Рабочие элементы, подшипники, фундамент, крепёж
Машина плохо движется по грунту	Несоответствие ходовой части условиям, повреждение шин или гусениц	Шины, гусеничная цепь, ролики, трансмиссия
Лента смещается в сторону	Ошибки центровки, натяжения или распределения материала	Роликоопоры, барабаны, натяжное устройство, загрузочный узел

Это таблица для первичного учебного анализа, а не руководство по ремонту. При диагностике, техническом обслуживании и ремонте необходимо следовать документации изготовителя и действующим требованиям предприятия.

7. Принципы выбора горной машины

Выбор начинается с формулировки технологической задачи, а не с выбора известной модели. Для сравнительного анализа следует установить:

- 1 какую операцию должна выполнять машина;
- 2 какие свойства имеет материал — крепость, абразивность, влажность, крупность и неоднородность;
- 3 каковы требуемая производительность, рабочая зона и режим сменности;
- 4 какие машины будут принимать или передавать материал до и после рассматриваемой машины;
- 5 какой источник энергии и инфраструктура доступны на объекте;
- 6 насколько доступна техника для ремонта, технического обслуживания и поставки запасных частей;
- 7 какие требования предъявляются к безопасности, видимости и контролю пыли;
- 8 каковы ограничения площадки: ширина выработки, уклон, несущая способность грунта, радиус поворота и рабочие габариты.

Пример. При выборе ковшового погрузчика недостаточно сравнить только вместимость ковша. Нужно проверить, может ли машина работать на данном уклоне, помещается ли она в выработку, подходит ли её ковш к крупности породы, успевает ли транспорт принимать материал и доступно ли место для безопасного маневрирования.

8. Краткие выводы

- Горная машина — элемент конкретного технологического процесса, поэтому её назначение определяется выполняемой операцией.
- Основу конструкции составляют несущая система, ходовая часть или основание, рабочее оборудование, привод и передача мощности, управление и вспомогательные системы.

- Рабочий орган определяет способ взаимодействия с породой; привод и трансмиссия обеспечивают необходимые усилия и скорости.
- Конструктивная схема зависит от условий эксплуатации: мобильности, крепости и абразивности породы, дальности перемещения, требуемой производительности и доступной инфраструктуры.
- Надёжность всего комплекса зависит от взаимодействия машин и вспомогательных систем. Неисправность одного критичного узла может вызвать снижение производительности соседних звеньев.
- Современные средства автоматизации и мониторинга помогают оператору и специалисту по техническому обслуживанию, но не отменяют инженерной оценки, осмотров и соблюдения требований безопасности.