

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# ГОРНЫЕ МАШИНЫ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности  
1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 622.232.7  
ББК 39.335.4  
Г69

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «24» марта 2020 г., протокол № 7

Составитель д-р техн. наук, проф. Л. А. Сиваченко

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов специальности 1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении».

Учебно-методическое издание

## ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	Е. А. Галковская
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2020

## Содержание

Введение.....	4
1 Практическое занятие № 1. Классификация горных машин.....	5
2 Практическое занятие № 2. Машины и оборудование для карьерных работ.....	7
3 Практическое занятие № 3. Оборудование и машины для горно- проходческих работ.....	11
4 Практическое занятие № 4. Оборудование для измельчения материалов.....	14
5 Практическое занятие № 5. Оборудование для разделения материалов по крупности.....	18
6 Практическое занятие № 6. Оборудование для обогащения материалов.....	21
7 Практическое занятие № 7. Основы проектирования технологических комплексов для горных работ.....	24
8 Практическое занятие № 8. Горные машины и оборудование специального назначения.....	27
9 Практическое занятие № 9. Автоматизация работы горных машин.....	30
Список литературы.....	32

## Введение

Горные машины являются важной составной частью технологических комплексов по добыче и последующей переработке твердых полезных ископаемых для последующего получения из них необходимых для жизнедеятельности человека материалов: горно-химического сырья, различных удобрений, топлива, нерудных строительных материалов, металлов, компонентов для минеральных вяжущих и т. д.

От уровня техники, эффективности работы оборудования и совершенства технологических процессов горных машин в огромной степени зависит использование природных ресурсов и охрана окружающей среды.

Целями практических занятий по курсу «Горные машины» являются получение студентами знаний в области основных видов горных машин и комплексов, изучение базовых технологических процессов, определяющих их эффективную работу, формирование навыков критического анализа базовых конструкций с учетом свойств перерабатываемой среды, умения самостоятельно ставить новые задачи в области проектирования горных машин и грамотно подходить к их решению.

В процессе проведения практических занятий студент осваивает:

– назначение, область применения и конструкцию горных машин и комплексов:

– свойства перерабатываемых материалов и особенности взаимодействия с ними рабочего оборудования горных машин;

– закономерности протекания основных технологических процессов с учетом современных достижений и передового опыта;

– основные показатели и режимы работы, определяющие эффективность горных машин и комплексов;

– основные подходы и методы, позволяющие определять рациональные параметры горных машин и комплексов.

При этом студент научится:

– правильно оценивать технический уровень горного оборудования на основе системного анализа, его конструктивного исполнения и технических характеристик;

– выбирать наиболее эффективные из имеющихся технических исполнений конструкции оборудования или предлагать принципиально новые;

– проектировать различные конструкции горных машин и комплексов на основе поставленных технических заданий или самостоятельных технических решений.

## 1 Практическое занятие № 1. Классификация горных машин

**Цель работы:** изучение основных сведений о горных породах и извлекаемых из них полезных ископаемых, ознакомление с номенклатурой, назначением, выполняемыми функциями и классификацией по различным признакам горных машин. Получение навыков номенклатурного анализа к выбору требуемых видов машин для заданных условий производства.

### **Общие положения.**

Полезные ископаемые, располагающиеся в земной коре, образуют минерально – сырьевую базу, которая в значительной степени определяет обеспеченность ресурсами и эффективность производства во всех других отраслях, потребляющих продукцию горных предприятий.

Обогащение полезных ископаемых является замыкающим звеном в общей технологии из переработки и обеспечивает получение товарной продукции, соответствующей кондициям на сырьё для различных отраслей промышленности. От уровня техники, эффективности работы оборудования и технологий этого процесса все в большей степени зависит рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. На основе унифицированного и стандартизированного нового оборудования созданы и создаются технологические комплексы механизированных и автоматизированных технологических линий различной мощности для разработки, добычи, транспортировки и обогащения различных видов полезных ископаемых.

Для успешного освоения дисциплины «Горные машины» студенту необходимо усвоить сведения по назначению, устройству и принципу действия оборудования, входящего в технологические комплексы горных предприятий. Это должно базироваться на знании свойств ископаемых материалов, особенностях их переработки и других факторов, влияющих на эффективность технологических процессов и качество получаемых продуктов. Для этого требуется знания общетехнических дисциплин, материаловедения, деталей машин, машин для земляных работ, подъёмно-транспортных машин, оборудования для производства строительных материалов. Студенты также должны уметь выполнять необходимые расчёты этого оборудования.

Исходной задачей дисциплины является правильный выбор соответствующего технологическим условиям оборудования. Для этого требуется феноменологический анализ как рабочих процессов горного производства, так и применяемого для этих целей оборудования. Основопологающим условием при этом являются не только знания общей классификации горных машин, но и классификация отдельных их видов по различным признакам. Подобные классификации являются не только многоплановыми, но и требуют чёткой ориентации во всех стадиях горного производства.

В рамках изучаемой дисциплины студенты самостоятельно осваивают:

- общую классификацию горных машин;
- классификацию машин и оборудования для карьерных работ;

- классификацию оборудования и машин для горнопроходческих работ;
- классификацию оборудования для измельчения материалов;
- классификацию оборудования для разделения материалов по крупности;
- классификацию оборудования для обогащения материалов;
- классификацию горных машин и оборудования специального назначения.

Правильное использование классификационных признаков позволяет выбрать для соответствующих технологических задач наиболее эффективные тип, конструкцию и типоразмерный ряд горной машины.

### **Порядок выполнения работы.**

После изучения общих положений студенты, разбитые на бригады, по заданию преподавателя для выполнения конкретных горных и обогатительных работ составляют структурную схему производимых операций и на основе классификационных признаков производят подбор соответствующего оборудования.

### ***Контрольные вопросы***

1 Перечислите основные виды оборудования, которые необходимы для работы дробильно-сортировочного завода производительностью 2 млн т/год.

2 Подберите комплект оборудования для карьера цементного производства ОАО «Белорусский цементный завод».

3 Какой основной параметр самоходного скрепера и как он влияет на технологию выполняемых им работ?

4 Назовите основные требования, которые необходимы для выбора конструкции грохота для просеивания кварцевого песка с модулем крупности  $M = 0,8$  мм.

5 Какие виды дробильного оборудования можно использовать для переработки анизотропного сырья – известняка с прочностью на сжатие  $\sigma_{сж} = 120$  МПа?

6 Выберите базовые машины для селективного обогащения сильвинитовой руды ОАО «Беларуськалий».

## 2 Практическое занятие № 2. Машины и оборудование для карьерных работ

**Цель работы:** изучение устройства карьеров, организации и выполнения карьерных работ, состава и конструкции основных видов использованного оборудования, а также выполнения необходимых расчетов по выбору соответствующего набора технологических агрегатов.

### Общие положения.

**Карьер** в хозяйственном значении – горное предприятие, осуществляющее открытую разработку месторождения, а в техническом значении – это совокупность открытых горных выработок, служащих для разработки месторождений. Угольные карьеры обычно называют **разрезами**.

Подготовка горных пород к выемке заключается в разрушении массива различными способами на куски, удобные для последующей выемки, погрузки и транспортирования. **Рыхлые и мягкие породы** могут разрабатываться непосредственно из массива экскаваторами или другими выемочными машинами. **Подготовка полускальных пород** ведется обычно навесными рыхлителями на тракторах тяжелого типа.

**Подготовка к выемке скальных пород** осуществляется посредством буровзрывных работ, при этом кусковатость взорванных пород должна быть оптимальной.

Размеры максимально допустимого куска во взорванной горной массе определяются параметрами транспортных средств, дробилок и других приемных устройств, а также условиями работы оборудования.

Максимально допустимый линейный размер допустимой породы, м, равен:

$$- \text{для одноковшовых экскаваторов} - l_{\max} \leq 0,8(q)^{1/3};$$

$$- \text{для транспортных средств} - l_{\max} \leq 0,5(Q)^{1/3};$$

$$- \text{для конвейерного транспорта} - l_{\max} \leq 0,5B_n - 0,1;$$

$$- \text{для дробилок} - l_{\max} \leq 0,75B_o;$$

где  $q$  – вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;

$Q$  – вместимость кузова автосамосвала или думпкара, м<sup>3</sup>;

$B_n$  – ширина конвейерной ленты, м;

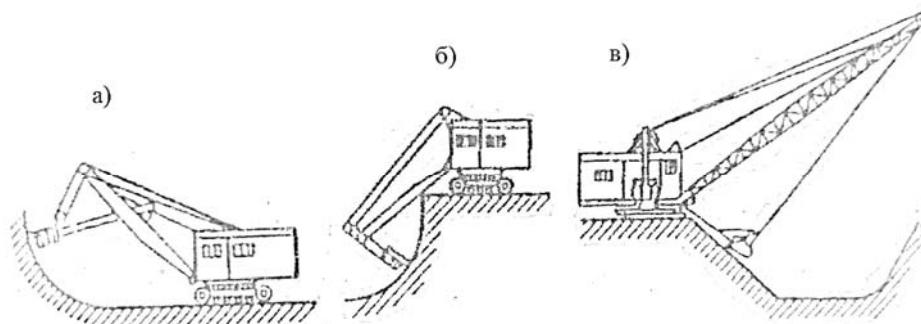
$B_o$  – ширина приемного отверстия дробилки, м.

Выемка и погрузка горных пород – отделение от массива мягкой или предварительно разрыхленной крепкой породы с последующей погрузкой в средства транспорта или непосредственно в отвал. В качестве основных средств механизации используются экскаваторы, в этом случае выемка и погрузка соединяются в один процесс – **выемочно-погрузочные работы**.

Экскаватор – самоходная машина циклического или непрерывного действия. Они могут быть одноковшовые или многоковшовые. Экскаваторы циклического действия (одноковшовые) последовательно выполняют операции копания и перемещения горной массы в ковше, поворачиваясь вокруг своей оси.

Многоковшовые экскаваторы непрерывного действия (цепные, роторные) производят выемку и погрузку горной массы в результате перемещения ковшей по круговой траектории.

Важнейшие типы одноковшовых экскаваторов – **прямая и обратная механические лопаты и драглайн**, приведены на рисунке 2.1.



а – прямая лопата; б – обратная лопата; в – драглайн

Рисунок 2.1 – Основные типы одноковшовых экскаваторов

**Карьерный транспорт** – комплекс средств перемещения горной массы (вскрыши и полезного ископаемого) от забоев до пунктов разгрузки. Он является связующим звеном в общем технологическом процессе и одним из наиболее трудоемких и дорогих. Затраты на транспортирование и связанные с ним вспомогательные работы составляют 45...50 %, а в отдельных случаях – 65...70 % от общих затрат на добычу полезного ископаемого. Существуют понятия «грузооборот» и «грузопоток».

**Грузооборотом** называется количество полезного ископаемого (в тоннах или метрах кубических), перемещаемого в единицу времени.

Под **грузопотоком** понимается поток грузов, характеризующийся направлением относительно контуров карьера.

На открытых горных породах используются почти все известные виды и технические средства перемещения грузов. Наибольшее распространение получил железнодорожный, автомобильный и конвейерный транспорт, а также комбинированный. В ограниченных условиях эффективно применение скиповых подъемников, канатно-подвесных дорог, гидравлического трубопроводного транспорта, конвейерных поездов, вертолетов и др.

**Железнодорожный транспорт** рекомендуется применять на карьерах с большим годовым грузооборотом при длине транспортирования 4 км и более. Для железнодорожного транспорта необходима большая протяженность фронта работ на уступах (не менее 300...500 м), кривые большого радиуса (не менее 100...120 м), небольшие подъемы и уклоны путей. При использовании новейших тяговых агрегатов глубина применения железнодорожного транспорта увеличивается до 300...350 м.

Эффективность использования автотранспорта на карьерах в значительной степени зависит от схемы подъезда автосамосвала к забою и установки его у экскаватора. В зависимости от способов вскрытия рабочих горизонтов,



размеров рабочих площадок, условий работы экскаваторов и числа автосамосвалов, находящихся одновременно в забое, применяют одиночную или спаренную установку их под погрузку. Автосамосвалы следует устанавливать так, чтобы обеспечить минимальный угол поворота экскаватора при погрузке. Спаренная установка автосамосвалов обеспечивает более высокую производительность экскаваторов. Рациональное отношение емкости кузова автосамосвала  $V_a$  к емкости ковша экскаватора  $V_3$  должно находиться в пределах 4...10.

Основными параметрами карьерных самосвалов являются грузоподъемность, мощность двигателя, емкость кузова, колесная формула, минимальный радиус поворота. Колесная формула (например, 4...2) показывает, что всего колес четыре, из них два ведущих. Срок службы шин 25...40 тыс. км. Срок службы автосамосвала – 5...6 лет, их пробег за это время составляет 220...300 тыс. км. При увеличении грузоподъемности автосамосвалов показатели их работы улучшаются.

**Конвейерный транспорт** применяется преимущественно для перемещения мягких пород и угля, а также мелкораздробленных скальных пород. Достоинства: непрерывность и ритмичность перемещения грузов, использование на пересеченной местности, возможность полной автоматизации. Наибольшее применение получили ленточные конвейеры типа КЛШ-500, КЛШ-800, С-160 с шириной ленты от 1000 до 3600 мм и скоростью движения от 2 до 6 м/с.

Допустимый угол наклона конвейера зависит от физико-механических свойств транспортируемых пород и составляет 20...22, 16...18 и 13...15 град соответственно для разрыхленных, скальных пород и гравия. Размеры кусков не должны превышать 500 мм. Длина става конвейера с одним приводом составляет 400...1500 м.

Наибольшее распространение получила комбинация автомобильного и железнодорожного транспорта, при которой горная масса доставляется из забоев автотранспортом до перегрузочных пунктов, а затем железнодорожным на поверхность до отвалов. Комбинация автомобильного транспорта с конвейерным или скиповыми подъемниками применяется для глубоких горизонтов карьера, расположенных ниже 120...150 м от поверхности. Здесь горная масса выдается на поверхность по кратчайшему пути.

На высокогорных карьерах, где спуск горной массы при перепаде высот 200...800 м другими средствами затруднен, небезопасен и требует больших затрат, применяется комбинация автомобильного транспорта с рудоспусками или подвесными канатными дорогами.

Технологический процесс размещения пустых пород, удаляемых при разработке месторождений открытым способом, называется **отвалообразованием**. Отвалообразование вскрышных пород производится на специально отведенных для этих целей площадках, называемых отвалами. Отвалы в комплексе с техническими устройствами и средствами механизации составляют отвальное хозяйство карьеров.

**Отвалы** бывают **внутренние и внешние**. Внутренние отвалы располагаются в выработанном пространстве карьера, внешние – за его пределами. Внутренние отвалы возможны при разработке месторождения с углом падения не более 12 градусов. Для перемещения породы во внутренние отвалы применяют мощные драглайны с вместимостью ковша 25...80 м<sup>3</sup> и длиной стрелы до 100 м, механические лопаты с вместимостью ковша 35 м<sup>3</sup> и длиной стрелы до 65 м.

Внешние отвалообразования применяются при разработке наклонных и крутонаклонных месторождений. Для складирования пород при транспортировании их на внешние отвалы используются механические лопаты, драглайны, отвальные плуги, абзетцеры и бульдозеры. При транспортировании пород железнодорожным транспортом наиболее распространено отвалообразование экскаваторами ЭКГ-8 и ЭКГ-12,5.

После вывода карьеров из эксплуатации их территории подлежат рекультивации. Под **рекультивацией** понимается восстановление нарушенных земель с целью их использования в других отраслях народного хозяйства. Однако приведение нарушенных земель в первоначальное состояние не всегда оказывается возможным и экономически целесообразным.

В результате рекультивации могут создаваться земли, пригодные для сельского и лесного хозяйства, организации отдыха, устройства водоемов, жилищного и промышленного строительства. Однако необходимо ориентироваться на создание наиболее ценных и продуктивных угодий.

### **Порядок выполнения работы.**

После изучения общих положений студенты, разбитые на бригады, по заданию преподавателя разрабатывают технологию и производят подбор соответствующего оборудования для карьерных работ и рассчитывают основные показатели его работы.

### ***Контрольные вопросы***

1 Назовите основные элементы карьера, порядок и последовательность их выполнения.

2 Опишите достоинства и недостатки открытой разработки полезных ископаемых.

3 Как осуществляется подготовка горных пород к выемке?

4 Перечислите и дайте общую оценку основных видов оборудования для выемочно-погрузочных работ.

5 Какие задачи решает карьерный транспорт и какие виды карьерного транспорта используются на горных предприятиях Беларуси?

6 Приведите примеры комбинированного карьерного транспорта. В каких случаях он обладает наибольшей эффективностью.

### 3 Практическое занятие № 3. Оборудование и машины для горнопроходческих работ

**Цель работы:** изучение способов организации и выполнения горно-технических работ и приобретение навыков оценки уровня существующего оборудования и подбора необходимых агрегатов для выполнения соответствующих видов горнопроходческих работ.

#### **Общие положения.**

Перевод шахт и рудников на прогрессивные системы разработки концентративная горных работ, использование механизированных очистных комплексов, повышение нагрузки на очистной забой и ускорение темпов его подвигания требуют интенсивного проведения подготовительных выработок и снижения стоимости проходки.

В свою очередь, проведение выработок высокими темпами позволяет за счет сокращения числа одновременно действующих подготовительных забоев улучшить использование горнопроходческой техники, снабжение забоев материалами и транспортными средствами.

За последние годы средние темпы проведения выработок повысились почти вдвое. Однако это не сопровождалось значительным увеличением производительности труда проходчиков. Одной из причин недостаточного роста производительности труда проходчиков являлось отсутствие комплексной механизации горнопроходческих процессов.

Механизация отдельно взятых операций, таких как разрушение забоя, бурение шпуров, погрузка породы, призабойный транспорт и возведение крепи, не дает должного эффекта, т. е. в целом существенно не увеличивает производительность труда по проведению выработок, не повышает значительно скорость проведения и существенно не снижает стоимости этого процесса. Только на основе *комплексной механизации и автоматизации* всех процессов возможно коренное улучшение указанных показателей.

Важным этапом в переходе к комплексной механизации проведения подготовительных выработок является создание проходческих комплексов, механизующих основные процессы проходческого оборудования. Бурильные установки, погрузочные и буропгрузочные машины, крепеустановщики и комбайны позволяют кроме индивидуального применения создавать на их базе проходческие комплексы. Применение последних позволяет механизировать основные процессы проходческого цикла, значительно повысить при этом скорости проведения выработок, существенно поднять уровень механизации и производительность труда.

Одним из эксплуатационных преимуществ комплексов является возможность их сборки из предварительно заготовленных и собранных, серийных машин и узлов, в результате чего цикл изготовления и монтажа значительно сокращается.

Комплексы обладают *свойством взаимозаменяемости*, т. е. свойством удовлетворять требования производственного процесса, построенного на базе независимого изготовления отдельных машин, входящих в состав комплекса. Поэтому главным и определяющим фактором комплексов является кинематическое и технологическое объединение готовых изделий в единую систему, обеспечивающую выполнение проходческого цикла.

В проходческих комплексах имеется основная машина – проходческая машина или проходческий комбайн, которая определяет главный технологический параметр – производительность комплекса, по которому создаются или выбираются из серийных агрегатов другие составляющие комплекс машины, обеспечивающие производительность по всей технологической цепочке. Эти машины должны иметь резерв по производительности на случай увеличения мощности основной машины комплекса.

Минимальные сечения выработок, возможные для работы комплексов, определяют исходя из габаритов применяемого оборудования и требуемых зазоров по правилам безопасности. Высоту и ширину минимального сечения принимают исходя из размещения в поперечном сечении входящего в комплекс оборудования.

Для комплексной механизации операций по проведению подготовительных выработок выделяют различные высокопроизводительные проходческие комплексы, которые классифицируют по следующим признакам:

- способу проведения выработок – для горизонтальных с углом наклона 8...10, 11...20 и до + 35 град для наклонной проходки;
- месту установки постоянной крепи – на некотором расстоянии от забоя и непосредственно у забоя;
- виду крепи – анкерная, арочная, металлическая, деревянная, тюбинговая, набрызг-бетон или монолитный бетон;
- форме выработки – с плоской и арочной кровлей;
- направлению выработок – для прямолинейных и криволинейных выработок с кривизной более 10 м;
- сечениям выработок – для конвейерных или одно- и двухпутных;
- механизации бурения шпуров – с бурильными установками и с навесным бурильным оборудованием;
- типу погрузочной машины – буропогрузочная машина, погрузочная машина с нагребными лапами, ковшовая погрузочная машина;
- типу комбайна – комбайны избирательного и бурового действия.

Из классификации видно, что по способу проведения работ комплексы разделяют на следующие основные группы: для проведения выработок буровзрывным способом и для проведения выработок комбайновым способом.

Весьма важными факторами в комплексах являются место установки постоянной крепи и вид крепления, применяемый при проходке. В настоящее время наметились два основных направления по созданию проходческих комплексов со средствами для механизированного возведения крепи при проведении горных выработок.

Первое из них предусматривает установку постоянной крепи на некотором удалении от забоя проводимой выработки вне зоны работы основного проходческого оборудования, второе – установку постоянной крепи непосредственно у забоя.

Установка постоянной крепи вне зоны работы основного проходческого оборудования может быть применена в выработках с относительно устойчивой кровлей, допускающей знакопеременные нагрузки и применение временной крепи призабойной части выработки. В качестве временной крепи применяют механизированные проходческие крепи поддерживающего или ограждающего типов либо отдельные временные рамы, переносимые вперед по мере подвигания забоя.

Использование механизированных проходческих крепей прогрессивно, так как они допускают совмещение проходческих операций по разрушению забоя и возведению постоянной крепи, в результате чего цикл проходческих операций сокращается. Кроме того, благодаря наличию перекрытия они обеспечивают безопасность проходчиков.

При установке постоянной крепи непосредственно у забоя в наибольшей степени соблюдаются горные условия по поддержанию проводимой выработки, т. к. постоянная крепь должна быть установлена до начала сдвига вышележащих горных пород, поэтому важно возвести ее в как можно более короткий срок.

Вопросы механизированной установки крепи в комплексе частично решаются либо с помощью приспособлений, устанавливаемых на проходческих комбайнах, например, таких как кронштейн на стреле или стреловые краны, либо с помощью крепеукладчиков подвесного, «наземного» или порталного типов. Элементы крепи предварительно подготавливают в нерабочей части выработки, а затем доставляют в забой для последующей их установки. Однако в этом случае необходимо периодически останавливать работу основного проходческого оборудования. Процесс непосредственного возведения крепи при этом не совмещается с разрушением горного массива и уборкой отбитой горной массы, в результате чего уменьшается время непосредственной работы забойных машин и удлиняется весь цикл проходческих работ.

### **Порядок выполнения работы.**

По заданию преподавателя студенты, разбитые на бригады, для заданных конкретных видов горнопроходческих работ разрабатывают технологию их проведения и осуществляют подбор необходимого оборудования.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какие основные способы бурения горных пород Вы знаете?
- 2 Что такое проходческий комбайн и из каких основных агрегатов он состоит?
- 3 В чем заключаются основные различия при выполнении горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок?

4 Как осуществляется пылеподавление при выполнении горнопроходческих работ?

5 Как влияют свойства горных пород на организацию горнопроходческих работ?

6 Какие рабочие органы используются в горнопроходческих машинах и комплексах?

#### **4 Практическое занятие № 4. Оборудование для измельчения материалов**

**Цель работы:** изучение процессов измельчения материалов, ознакомление с устройством, принципом действия и функциональными возможностями дробильно-размольного оборудования, а также приобретение навыков разработки технологических схем ДСУ и подбор соответствующего по техническим требованиям оборудования.

##### **Общие положения.**

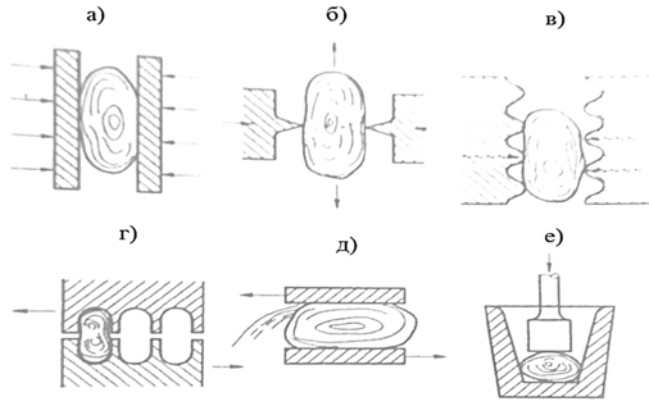
Дроблением и измельчением называют процессы разрушения кусков (зёрен) полезных ископаемых под действием внешних сил до заданной крупности, требуемого гранулометрического состава или необходимой степени раскрытия минералов.

Процессы дробления и измельчения относят к подготовительным операциям обогащения. Между ними нет принципиальной разницы. Условно принято считать дроблением такой процесс разрушения, в результате которого получают продукты крупнее 5 мм, а измельчением – продукты мельче 5 мм. Машины, с помощью которых осуществляют дробление и измельчение, называют соответственно дробилками и мельницами.

При дроблении и измельчении любого полезного ископаемого необходимо «не дробить ничего лишнего». Переизмельчение приводит к перерасходу электроэнергии, повышенному износу рабочих органов дробилок и мельниц, уменьшению их производительности, а также ухудшению показателей последующего обогащения.

Дробление и измельчение основано на следующих способах разрушения: раздавливании, раскалывании, изломе, срезании, истирании и ударе (рисунок 4.1). Способ разрушения выбирают в зависимости от физико-механических свойств дробимого материала и крупности его кусков.

При оценке процессов разрушения учитывают такие характеристики горных пород, как прочность (крепость), дробимость, измельчаемость и абразивность. Прочностью горных пород называют способность твёрдого тела сопротивляться разрушению от действия внешних сил. Она характеризуется пределами прочности на сжатие, растяжение и сдвиг, а также коэффициентом крепости (по шкале проф. М. М. Протодяконова).



а – раздавливание; б – раскалывание; в – излом; г – срезание; д – истирание; е – удар

Рисунок 4.1 – Способы разрушения

Дробимость является обобщающим параметром многих механических свойств горных пород (упругих, прочных, пластических и др.) и выражает энергоёмкость процесса дробления пород.

Измельчаемость оценивают удельной производительностью лабораторной мельницы по вновь образованному расчётному классу. В качестве критерия измельчаемости принято отношение производительностей мельницы по вновь образованному классу при измельчении исследуемой породы и породы, принятой для сравнения. В обоих случаях крупность исходного материала, содержание расчётного класса в измельчённом продукте и все условия измельчения должны быть одинаковыми.

Абразивность характеризует способность горной породы изнашивать рабочие органы в процессе её дробления и измельчения. Абразивность оценивают по износу материала, контактирующего с горной породой.

Результаты дробления и измельчения оценивают по степени дробления (измельчения) и эффективности работы дробилок (мельниц); степенью дробления (измельчения) называют отношение размеров зёрен исходного материала к размерам зёрен дроблёного (измельченного) продукта.

Степень дробления (измельчения)  $i$  вычисляют по формуле

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}}, \quad (4.1)$$

где  $D$  и  $d$  – средневзвешенный диаметр зёрен соответственно исходного материала и дроблёного продукта.

Иногда степень дробления вычисляют по формуле

$$i = \frac{Dt}{dt}, \quad (4.2)$$

где  $Dt$  и  $dt$  – размер квадратных отверстий сит, через которые проходят  $t$ , %, дробимого и дроблёного продукта соответственно для процесса дробления  $t = 80$  %.

Формула (4.2) так же, как и формула (4.1), учитывает характеристику крупности исходного и дроблёного (измельченного) материала, поэтому вычисленная по этим формулам величина характеризует процессы дробления и измельчения с достаточной точностью.

На обогатительных фабриках дробление и измельчение руд обычно проводят в несколько стадий, т. к. получить необходимую степень дробления в одной машине обычно невозможно. При дроблении (измельчении) в несколько последовательных стадий общая степень дробления (измельчения) определяется произведением степеней дробления (измельчения) всех стадий:

$$i = i_1 i_2 i_3 \dots i_n. \quad (4.3)$$

В зависимости от номинальной крупности питания  $D$  и конечного продукта  $d$  различают крупное, среднее и мелкое дробление, а также грубое, тонкое и сверхтонкое измельчение.

Эффективность  $\mathcal{E}$  работы дробилок и мельниц оценивают массой дроблёного (измельчённого) продукта, полученной при расходовании 1 кВт·ч энергии:

$$\mathcal{E} = \frac{Q}{E}, \quad (4.4)$$

где  $Q$  – масса дроблёного (измельчённого) продукта;

$E$  – энергия, затраченная на дробление (измельчение).

Величина, обратная  $\mathcal{E}$ , называется удельным расходом энергии  $E_{уд}$ :

$$E_{уд} = \frac{E}{Q}. \quad (4.5)$$

Классификация процессов дробления и измельчения представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Классификация процессов дробления и измельчения

Процесс	$D_{\max}$ , мм	$d_{\max}$ , мм	Процесс	$D_{\max}$ , мм	$d_{\max}$ , мм
Дробление			Измельчение		
Крупное	1500...500	350...100	Грубое	30...10	6...2
Среднее	350...100	100..40	Тонкое	6...2	1...0,5
Мелкое	100...40	30...10(5)	Сверхтонкое	1...0,5	0,1...0,005

Каменные материалы перерабатывают на специализированных дробильно-сортировочных установках и заводах, которые по степени подвижности разделяют на стационарные, полустационарные, передвижные и плавучие. При



этом материал измельчается в несколько стадий с применением различных дробильных машин, которые выбирают в зависимости от свойств исходного материала. Число стадий дробления назначают исходя из требуемой степени дробления. Для получения заданного по крупности продукта в цепочку измельчительных машин включены просеивающие аппараты – грохоты, а для обеспечения непрерывности процесса такие комплексы оборудуются дополнительным оборудованием – бункерами, питателями, конвейерами и т. д.

В процессах горного производства измельчительные машины широко применяются для переработки широкой гаммы различных материалов, а их видовой и типоразмерный состав характеризуется чрезвычайно широким многообразием. Эксплуатация дробильно-размольного оборудования связано с огромными энергетическими затратами и издержками на обслуживание и ремонт, а правильный выбор соответствующих конструкций во многом определяет эффективность работы горно-обогатительных предприятий.

### **Порядок выполнения работ.**

После изучения общих положений студенты, разбитые на бригады, по заданию преподавателя составляют технологические схемы конкретных комплексов по измельчению определенного вида сырьевого материала, производят подбор базового оборудования и расчет его основных параметров и режимов работы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Приведите примеры конструкций дробилок раздавливающе-сдвигового действия.
- 2 Как влияет механизм разрушения горных пород на грансостав и форму зерен получаемого продукта?
- 3 Какие факторы ограничивают степень измельчения для различных типов измельчительных машин?
- 4 Почему удельная энергоемкость измельчения материалов возрастает по мере уменьшения крупности подвергаемого измельчению материала?
- 5 Что такое избирательное измельчение и на каком оборудовании его лучше всего производить?
- 6 Как влияет стадийность процесса измельчения на технико-экономические показатели работы дезинтеграторного оборудования?
- 7 Составьте технологическую схему дробильно-сортировочного завода по производству щебня из гранитных пород.

## 5 Практическое занятие № 5. Оборудование для разделения материалов по крупности

**Цель работы:** изучение процессов разделения материалов по крупности, ознакомление с устройством, принципом действия и функциональными возможностями различных видов классифицирующих машин, а также приобретение навыков выбора конкретных видов аппарата с учётом технических требований и технологий выполняемых работ.

### **Общие положения.**

Технология комплексной переработки природных ископаемых требует на всех стадиях производственных циклов разделения их по крупности. Для этих целей широко применяются различные устройства, которые отличаются принципом действия, средой, в которой производится разделение (сухая, жидкая, воздушная), величиной границы разделения, технологическими особенностями рабочих процессов и т. д. К таким аппаратам предъявляются жёсткие требования, которые необходимо учитывать как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации.

Измельчение руды всегда сопровождается его классификацией по крупности – разделением исходного материала на два или несколько классов крупности. Такое разделение может осуществляться двумя основными способами: грохочением и классификацией в водной или воздушной среде. Грохочением называют процесс разделения полезного ископаемого на классы крупности путем просеивания через одно или несколько сит (решёт). Грохочение осуществляют на грохотах. Просеивающие поверхности грохотов установлены в одном или нескольких коробах.

Различают грохочение: вспомогательное, подготовительное, самостоятельное, с целью обезвоживания и избирательное.

*Подготовительное грохочение* применяют для разделения материала на несколько классов, предназначенных для последующей раздельной обработки.

*Вспомогательное грохочение* используют для отделения готового по крупности материала от исходного, поступающего для дробления, или же для контроля крупности дроблёного продукта. В первом случае грохочение называют предварительным, а во втором – контрольным.

*Самостоятельным* называют такое грохочение, в результате которого получают товарные продукты. Эту операцию называют также механической сортировкой.

*Обезвоживающее грохочение* применяют для удаления основной массы воды, содержащейся в руде после её промывки, или отделения суспензии от конечных продуктов (при сепарации в тяжелой среде и аналогичных операциях).

*Избирательное грохочение* применяют для обогащения полезных ископаемых в тех случаях, когда зёрна ценного компонента и пустой породы

различаются по твёрдости, крепости или форме. В результате такого грохочения получают продукты, различающиеся не только по крупности, но и по содержанию в них ценных компонентов.

Виды грохочения, различаемые в зависимости от крупности исходных материалов (питания)  $d_n$  и размера отверстий просеивающей поверхности  $d_0$ , представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Вид грохочения

Вид грохочения	Крупное	Среднее	Мелкое	Тонкое	Особо тонкое
$d_n$ , мм	0...1200	0...350	0...75	0...10	0...1
$d_0$ , мм	100...300	25...60	6...25	0,5...5	<0,05

На процесс грохочения влияют следующие факторы: форма и размер зёрен материала, влажность материала, содержание глинистых примесей, форма отверстий просеивающей поверхности, способ подачи питания, скорость движения материала по сити, угол наклона просеивающей поверхности.

Форма и размер зёрен. Легче всего грохотятся зёрна округлой формы. Для большинства руд и продуктов их дробление характерна многогранная, в частности, кубообразная, форма зёрен, при которой грохочение протекает менее интенсивно, но удовлетворительно. Труднее осуществлять грохочения материала, состоящего из зёрен продолговатой или пластинчатой формы.

В зависимости от относительной крупности зёрен (в долях размера отверстий  $l$ ) их подразделяют на лёгкогрохотимые ( $d < 0,75l$ ), трудногрохотимые ( $0,75l < d < l$ ) и затрудняющие грохочение ( $l < d < 1,5l$ ). Зёрна крупностью более  $1,5l$  не оказывают значительного влияния на перемещение легко-и трудногрохотимых зёрен по поверхности сита.

Влажность материала весьма существенна при расसेве на ситах с мелкими отверстиями. Внешняя влага в виде пленок на поверхности частиц вызывает их слипание и замазывание отверстий сит. Содержание глинистых примесей оказывает влияние на выбор способа грохочения (сухое или мокрое), причём чем оно выше, тем труднее осуществить разделение материала.

Отверстия сита могут быть круглыми, квадратными и щелевидными. Установлено, что в меньшей степени забиваются сита с квадратными отверстиями. Для крупного и среднего грохочения, где не требуется большой точности рассева, применяют преимущественно щелевые колосниковые решётки. Одинаковый по крупности подрешетный продукт можно получить при просеве на ситах с круглыми и квадратными отверстиями при условии, что размер последних составляет 65...70 % диаметра круглого отверстия.

*Подача питания и скорость движения материала.* Для эффективного грохочения необходимо обеспечить стабильную подачу питания и его равномерное распределение по всей просеивающей поверхности. Этим

поддерживается постоянство средней скорости движения материала по сити и стабильность толщины его слоя. Чем больше скорость движения материала по сити, тем меньше вероятность его просева и выше производительность по питанию.

*Угол наклона короба* также оказывает существенное влияние на эффективность грохочения. На практике его принимают в пределах  $15...26^\circ$  для инерционных наклонных грохотов и  $0...5^\circ$  – для самобалансных. Оптимальный угол наклона определяют экспериментально.

Для количественной оценки полноты отделения мелкого материала от крупного введено понятие эффективности (точности) грохочения. *Эффективностью грохочения  $E$ , %*; доли ед., называют отношение массы подрешетного продукта к массе нижнего класса в исходном материале. Нижним классом называется материал мельче размера отверстия сита. Это отношение равно разности между извлечением нижнего класса в подрешетный продукт  $\varepsilon_n$ , и извлечением в него верхнего класса  $\varepsilon_v$ , %.

Извлечение нижнего и верхнего классов в подрешетный продукт определяют по формулам:

$$\varepsilon_n = \frac{100\gamma\beta}{100\alpha} = \frac{\gamma\beta}{\alpha}; \quad (5.1)$$

$$\varepsilon_v = \frac{\gamma(100-\beta)}{100-\alpha}, \quad (5.2)$$

где  $\gamma$  – выход подрешетного продукта, %;

$\alpha$  и  $\beta$  – содержание нижнего класса соответственно в исходном материале и промпродукте, %.

Тогда эффективность процесса грохочения

$$E = \frac{10000(\beta - \alpha)(\alpha - \theta)}{\alpha(100 - \alpha)(\beta - \theta)}, \quad (5.3)$$

где  $\theta$  – содержание нижнего класса в надрешетном продукте, %.

### **Порядок выполнения работы.**

После изучения общих положений студенты, разбитые на бригады, по заданию преподавателя, составляют технологические схемы конкретных комплексов по переработке требуемого вида сырья с использованием соответствующего вида оборудования для фракционирования, производят подбор базового типа аппарата и расчёт его основных параметров и режимов работы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Чем вызвана необходимость разделения материалов по крупности?
- 2 Какие типы механических грохотов обеспечивают максимальную эффективность процесса?
- 3 Как влияют влажность и крупность исходного продукта на эффективность грохочения?
- 4 Каким способом можно повысить эффективность грохочения?
- 5 Перечислите основные достоинства и недостатки гирационных и виброинерционных грохотов.
- 6 Как влияет вид просеивающих отверстий на разделение материала с различной формой зёрен?

## **6 Практическое занятие № 6. Оборудование для обогащения материалов**

**Цель работы:** изучение способов обогащения материалов и приобретение навыков разработки технологических схем комплексной переработки сырья и материалов к комплектации их необходимых механическим оборудованием.

### **Общие положения.**

В зависимости от состава и физико-механических свойств минеральные полезные ископаемые обогащаются различными способами: гравитационными, флотационными, магнитными, электрическими, специальными.

Гравитационными процессами обогащения называют такие, в которых разделение минеральных частиц по плотности, размерам или форме обусловлено различием в характере и скорости их движения в среде под действием сил тяжести и сопротивления. Средой, в которой осуществляется гравитационное обогащение, могут быть вода, тяжёлая суспензия или растворы и воздух.

К гравитационным процессам относят отсадку, обогащение в тяжёлых средах, концентрацию на столах, обогащение в шлюзах, желобах, струйных концентраторах, конусных, винтовых и противоточных сепараторах, а также пневматическое обогащение.

Отсадкой называется процесс разделения смеси частиц по плотности в водной или воздушной среде, колеблющейся (пульсирующей) относительно разделяемой смеси в вертикальном направлении. В процессе отсадки материал, помещённый на решете, периодически разрыхляется и уплотняется.

Пульсацию среды, в которой осуществляют разделение, создают движением поршня, диафрагмы, периодической подачей в машину сжатого воздуха или колебаниями решета.

Концентрация на столах — процесс разделения рудных частиц по плотности в тонком слое воды, текущей по слабонаклонной плоской деке,

совершающей при помощи привода возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости.

Концентрацией на столах обогащают полезные ископаемые, измельчённые до крупности менее 3 мм. Обогащение в тяжёлых средах заключается в следующем: дроблёную руду, состоящую из лёгких и тяжёлых минералов, погружают в суспензию, плотность которой больше плотности лёгких минералов, но меньше плотности тяжёлых. В результате лёгкие зёрна всплывают на поверхность суспензии, а тяжёлые — тонут. Для получения тяжёлой суспензии к воде добавляют утяжелители, в качестве которых применяют естественные сыпучие тонкоизмельчённые вещества: кварцевый песок, пирит, барит, магнетит, ферросилиций, сильвинит и др.

Эффективность разделения в тяжёлых суспензиях выше эффективности отсадки. Она зависит от вещественного состава руды, физических свойств суспензии и крупности обогащаемого материала.

Пневматическое обогащение осуществляется в соответствии с законами гравитационного разделения частиц различной плотности в вертикальном восходящем или пульсирующем потоке воздуха.

Сущность пневматического обогащения заключается в следующем. На слой разделяемого материала, находящегося на наклонном решете, воздействует непрерывный или пульсирующий поток воздуха, нагнетаемый под решето вентилятором. Под действием воздушного потока происходит разрыхление обогащаемого материала и перемещение более тяжёлых частиц вниз, а более лёгких — вверх. При этом материал разделяется на слои различной плотности.

Пневматическим способом обогащают каменные и бурые угли, асбест и другие полезные ископаемые. Преимущества пневматического обогащения — низкие себестоимость и энергоёмкость процесса; недостатки — невысокая технологическая эффективность и невозможность применения при повышенной влажности материала.

Для обогащения тонковкрапленных руд, солей и цветных металлов наиболее широко применяют флотацию. Флотацией называют процесс разделения тонкоизмельчённых полезных ископаемых, осуществляемый в водной среде и основанный на избирательном прилипании частиц минералов к поверхности раздела двух фаз.

Если в камеру с водой поместить измельчённые зёрна различных минералов и пропустить через камеру воздух, то зёрна минералов, не смачиваемых водой, прилипают к поверхности воздушного пузырька и всплывают с ним на поверхность, а зёрна смачиваемых минералов не прилипают к воздушным пузырькам и остаются в воде.

Частицы минералов, не смачиваемые водой, называют гидрофобными, а частицы минералов, хорошо смачиваемые водой, гидрофильными. Для увеличения естественного различия в смачиваемости поверхности минералов или для искусственного создания такого различия минеральную поверхность обрабатывают особыми веществами — флотационными реагентами. Обработывая поверхность минералов различными флотационными реагентами

можно добиться того, что одни минералы будут, а другие не будут смачиваться водой.

Магнитные методы обогащения полезных ископаемых основаны на различии магнитных свойств разделяемых минералов. Сущность магнитного метода заключается в воздействии на частицы руды магнитной и механической сил, в результате которого частицы с различными магнитными свойствами перемещаются по разным траекториям и выводятся из магнитного поля в виде продуктов, отличающихся не только магнитными свойствами, но и вещественным составом.

Магнитное обогащение осуществляется в магнитных сепараторах, характерной особенностью которых является наличие в их рабочей зоне магнитного поля. Напряженность магнитного поля должна быть достаточной для разделения данного сырья. Сильномагнитные минералы извлекают в относительно слабых магнитных полях напряжённостью до 150 кВ/м. Извлечение слабомагнитных минералов осуществляют в сильных магнитных полях напряжённостью 800...1500 кА/м и выше. Немагнитные минералы не извлекаются даже в полях высокой напряжённости.

К специальным методам обогащения относятся ручная и механизированная рудоразборка, избирательное дробление и декрипитация, обогащение по трению, форме и упругости, радиометрические методы обогащения и химическое обогащение.

Рудосортировка основана на различии во внешнем виде разделяемых минералов (цвет, блеск, форма зёрен), а также на использовании специфических свойств некоторых минералов (радиоактивность, способность люминисцировать). Сортировка может осуществляться вручную или механизированным и автоматизированным способами.

Ручная сортировка – дорогостоящий и трудоёмкий процесс, применяется редко. Примером автоматизированного способа сортировки является радиометрическая сепарация, при которой разделение минералов осуществляется в зависимости от интенсивности различных видов их излучения или различной способности минералов ослаблять излучение внешних источников.

Радиометрическими методами обогащают руды чёрных, цветных, редких и благородных металлов, алмазосодержащие и многие другие неметаллические полезные ископаемые.

Избирательное дробление основано на различии в механической прочности рудообразующих компонентов. Одни минералы в процессе дробления легко разрушаются и быстро переходят в мелкие классы, а другие, более прочные, разрушаются медленнее и остаются в крупных классах. Избирательное дробление применяют при обогащении углей и сланцев, калийной руды, асбеста, фосфоритов и других полезных ископаемых.

Декрипитация основана на способности отдельных минералов растрескиваться при их нагревании и последующем быстром охлаждении. Разрушение руды при декрипитации обусловлено различием в теплопроводности и коэффициентах расширения при нагревании и охлаждении, вызывающих сильные напряжения, приводящие к растрескиванию минералов,

а также наличием в минералах кристаллической воды, которая при нагревании вызывает разрушение кристаллов.

Обогащение по трению и форме основано на использовании различий в коэффициентах трения и формы разделяемых частиц, влияющих на скорость их движения по наклонной плоскости под действием силы тяжести.

Обогащение по упругости основано на различии траекторий отскока частиц минералов, обладающих разной упругостью, после их падения на плоскость. Разделение по упругости применяют при обогащении строительных материалов и осуществляют в барабанных сепараторах или сепараторах с наклонной стальной плитой.

К химическим методам обогащения относят процессы, связанные с химическими превращениями минералов в химические соединения с другими свойствами или с переводом минералов из одного состояния в другое.

В результате обогащения руды получают следующие продукты: концентраты, промежуточные продукты (промпродукты) и отходы (хвосты).

Концентратом называют продукт обогащения, удовлетворяющий требованиям предприятий-потребителей по содержанию целевого компонента и другим показателям.

Промпродуктом называют материал, полученный в процессе обогащения, в котором содержание металла ниже, чем в концентрате, но выше, чем в хвостах. Как правило, промпродукт подвергают дальнейшему обогащению.

Отходами, или хвостами, называют продукты обогащения, не содержащие ценного компонента или с таким его содержанием, при котором дальнейшая переработка этих продуктов экономически нецелесообразна.

Технологические результаты обогащения нельзя оценить каким-либо одним показателем. Необходимо учитывать несколько основных показателей, характеризующих процесс обогащения в целом. К основным показателям относят: содержание компонента в исходном сырье и продуктах обогащения; выходы продуктов обогащения; извлечение компонентов в продукты обогащения; эффективность обогащения; степень концентрации полезного компонента и степень сокращения.

### **Порядок выполнения работы.**

По заданию преподавателя для конкретного процесса обогащения материалов бригада студентов разрабатывает технологическую схему и осуществляет подбор необходимого механического оборудования.

### ***Контрольные вопросы***

1 Что такое процесс обогащения материала и почему его необходимо развивать и совершенствовать?

2 Назовите механические способы обогащения материалов.

3 Перечислите основные операции в технологии обогащения при производстве калийных удобрений.



4 Каким образом измельчение может обеспечивать улучшение качества природных строительных материалов?

5 Назовите основные способы обогащения природных строительных материалов и дайте им критическую оценку.

6 Какие способы обогащения наиболее эффективно применять для получения высококачественного природного песка?

## **7 Практическое занятие № 7. Основы проектирования технологических комплексов для горных работ**

**Цель работы:** изучение основных сведений о методах проектирования технологических комплексов, включающих оценки балансовых запасов сырьевых материалов, разработку технологической схемы производства, выбор базовых агрегатов, составление технологического регламента и материально-энергетического баланса, а также технико-экономическое обоснование создаваемого комплекса.

### **Общие положения.**

Месторождения полезных ископаемых характеризуется рядом показателей: запасами целевых компонентов, характером их залегания и мощностью продуктивной толщи, физическими, химическими и механическими свойствами сырья и т. д.

Запасы полезных ископаемых подразделяются на две группы: балансовые и забалансовые. Балансовые запасы полностью удовлетворяют требованиям ГОСТа, а также технологическим условиям на поставку готовой продукции. Забалансовые запасы характеризуется низким качеством сырья и сложностью его добычи и переработки, а поэтому рассматриваются как резервные.

Схема, содержащая данные о количестве и качестве перерабатываемой среды, называется качественно-количественной или технологической схемой производства. Технологические схемы определяются характеристикой исходного сырья, используемыми видами энергии, номенклатурой готовой продукции и оборудования, техническими, энергетическими и экономическими требованиями. Эти схемы должны быть гибкими и обеспечивать устойчивую работу всей системы при изменении характеристик сырья, переход на выпуск других видов продукции или при модернизировании ее отдельных частей.

Расчет технологических схем производится на основании производительности по готовой или исходной продукции, характеристик сырья и материалов, необходимых технологических переделов, наличия соответствующего оборудования и ряда других факторов.

Приведем в качестве примера технологическую схему производства товарного щебня фракции 20...40 мм и мытого песка фракций 0...3 мм, которая представлена на рисунке 7.1. На схеме в операции I производится предварительное грохочение, в операции II – первая стадия дробления, в опера-

ции III – контрольное грохочение, в операции IV – вторая стадия дробления, в операции V – контрольное грохочение, в операции VI – третья стадия дробления, в операции VII – грохочение (сортировка), в операции VIII сортировка с сезонной промывкой. Выбор оборудования производится в соответствии с принятой схемой производства и техническими характеристиками машин и агрегатов.

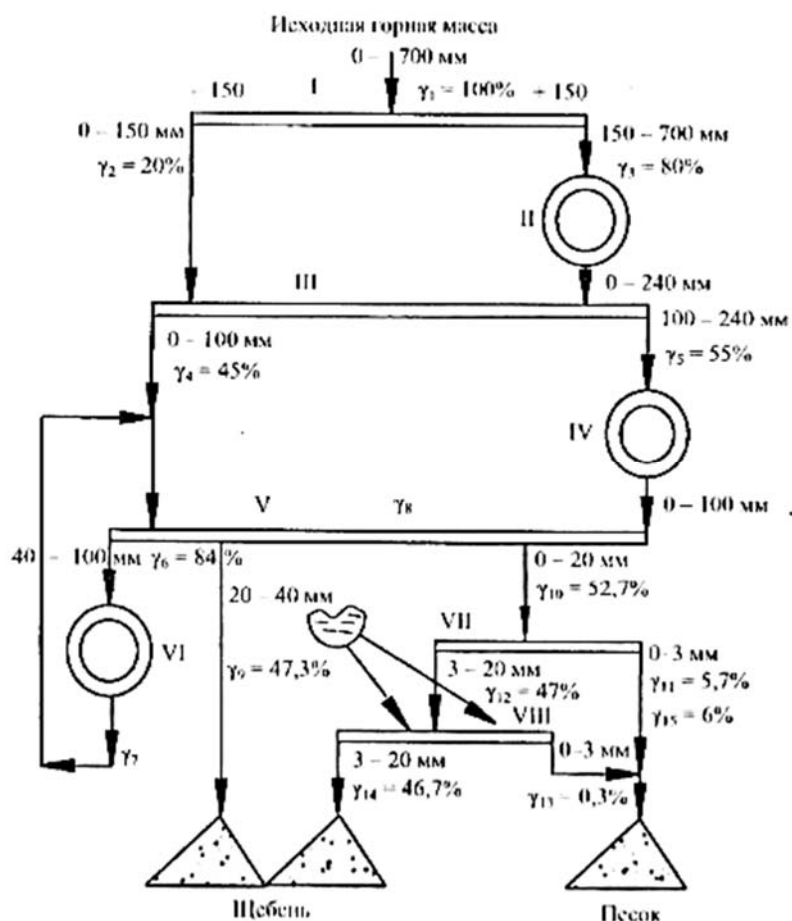


Рисунок 7.1 – Технологическая схема завода по производству товарного щебня и мытого песка

Технологический регламент является одним из основных документов, определяющих организацию, контроль и проведение процессов производства того или иного строительного материала. Технологические регламенты отличаются значительным многообразием, но с достаточной полнотой их структура может быть охарактеризована следующим примерным содержанием: общая характеристика производства; номенклатура производства; характеристика исходного сырья; материально энергетический баланс; схема технологическая производства; характеристика технологического оборудования; описание технологических процессов; контроль готовой продукции; правила безопасного ведения процесса; перечень нормативных документов.

### **Порядок выполнения работы.**

По указанию преподавателя студенты группируются в бригады по 3...4 человека и после изучения теоретической части работы им выдается индивидуальное задание на разработку технологической схемы, выбор базовых агрегатов и составление технологического регламента на производство определенного вида материала.

### ***Контрольные вопросы***

1 Для чего необходимо производить расчёт балансовых запасов сырьевых материалов?

2 С какой целью составляются технологические схемы производства и как они используются при проектировании технологических комплексов?

3 Какие основные факторы определяют производительность технологических комплексов?

4 Приведите основные удельные показатели работы технологических комплексов.

5 Назовите основные организационные мероприятия повышения эффективности технологических комплексов.

6 Какие исходные данные необходимы для расчета материальных и энергетических балансов работы технологических комплексов?

## **8 Практическое занятие № 8. Горные машины и оборудование специального назначения**

**Цель работы:** изучение области использования, конструктивного исполнения, особенностей проектирования и тенденций развития горных машин и оборудования специального назначения.

### **Общие положения.**

В производственных процессах, осуществляемых предприятиями горной отрасли, существует целый ряд технологических переделов, реализация которых требует использования специального оборудования. Необходимость их создания обусловлена тем, что базовые машины, которые ориентированы на охват основной части выполняемых технологических функций, во многих случаях не способны делать это в полном объеме, а зачастую их просто нет. Для заполнения данной технологической ниши находят применение горные машины и оборудование специального назначения.

С целью понимания всей важности охвата производственной структуры с участием горных машин целесообразно оценить те сферы их применения, где возникают особые условия и технологические задачи, которые требуют специфических организационных, технических и производственных решений. Эти задачи стоят перед инженерами на всех этапах горного производства и их

доля с каждым годом все более возрастает. Объясняется это увеличением объема добавляемых твердых природных ископаемых, усложнением горно-геологических условий, обеднением месторождений и рядом других факторов.

Горные машины и оборудование специального назначения могут быть использованы на многих технологических стадиях горного производства. Выделим некоторые из них:

- подготовка и проведение буровзрывных работ в карьерах и в горных выработках закрытого типа;
- проведение горно-разведочных выработок механизированным способом;
- выполнение работ по вскрытию и подготовке карьеров к промышленной эксплуатации;
- проведение выемочно-погрузочных работ в карьерах;
- использование карьерного транспорта;
- отвалообразование на карьерных выработках, удаление пустой породы и создание хвостохранилищ;
- проведение подземных выработок с помощью проходческого оборудования;
- подземный транспорт материалов и его выдача на горе;
- механизированное устройство крепи для горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок;
- подготовка горного сырья к обогащению, рудоподготовка;
- обогащение горного сырья;
- инженерные и коммуникационные сети горных предприятий и их обслуживание;
- технические средства обеспечения безаварийной работы, обеспыливания, водоудаления и ликвидации аварийных ситуаций;
- инженерная техника для выполнения строительных и ремонтных работ на различных объектах горных предприятий.

В Республике Беларусь существует достаточно обширная сеть горных предприятий. Большая их часть осуществляет разработку природных выработок открытым способом. К ним следует, в первую очередь, отнести ОАО «Гранит» г. Микашевичи, производящее щебень различных фракций буровзрывным способом; цементные заводы в Кричеве, Костюковичах и Волковыске, осуществляющие добычу карбонатного сырья экскавационным способом; ОАО «Доломит» пос. Руба Витебской области, ведущее добычу сырья комбинированным способом; предприятия керамической и торфяной отраслей; а также большая группа организаций, связанных с разработкой песчаных и некоторых других видов карьеров.

Из предприятий, ведущих разработки подземным способом, стоит отметить только одно – ПО «Беларуськалий», которое является не только одним из крупнейших в мире, но и имеющим очень широкий фронт горно-обогатительных работ с большим набором самого разнообразного оборудования и технологий.

Для создания эффективного специального оборудования для выполнения горных и обогатительных работ требуется комплексный анализ технологии, особенностей геологических и производственных условий работы оборудования и сопоставления их с существующим уровнем техники и накопленным опытом работы в аналогичных условиях.

### **Порядок выполнения работы.**

По заданию преподавателя студенты, разбитые на бригады, производят анализ технологии работы горных машин на конкретной производственной стадии процесса, выбирают нужную горную машину или агрегат и дают им критическую технико-экономическую оценку.

### ***Контрольные вопросы***

1 Как осуществляется разрушение негабаритов в карьерах и какое оборудование используется для этого?

2 В каких случаях используется трубопроводный транспорт сырьевых материалов и какими преимуществами он обладает?

3 Какие виды внутришахтного транспорта Вы знаете и какие требования к нему предъявляются?

4 С какими трудностями связано освоение наклонных и крутых месторождений и какое оборудование для этого применяется?

5 Как устроены шахтные стволы и какое оборудование и машины используются для их проведения?

6 В чем заключается сущность восстающих выработок и какое оборудование используется для их проведения?

7 Назовите основные методы взрывных работ и перечислите применяемое для этих целей оборудование.

## **9 Практическое занятие № 9. Автоматизация работы горных машин**

**Цель работы:** изучение основных подходов в вопросах автоматизации горных машин и приобретения навыков в выборе реальных объектов автоматизации и разработки алгоритмов их практической реализации.

### **Общие положения.**

В горных производствах выполняют разнообразные технологические процессы: геологическую разведку: подготовку и устройство карьеров, проведение подземных выработок; проведение инженерных сетей и коммуникаций; технологическое транспортирование материалов; выполнение операций рудо-подготовки; укрепительные работы; отвалообразование и ряд других. Механизация этих работ требуют применения большого парка машин различного назначения, которые и являются объектами автоматизации.

Автоматизация горных машин и оборудования позволяет повысить производительность, снизить эксплуатационные затраты, сократить потери полезных компонентов, улучшить условия труда обслуживающего персонала, снизить травматизм и аварийность технологических агрегатов. При этом системы автоматики становятся органичной частью конструкции машины, без которых её рабочее оборудование не может быть рационально использовано.

Мощным стимулом для автоматизации горных машин является обеспечение их устойчивой работы в особых условиях: климатической сезонности, повышенной запыленности, эксплуатации в ночное время суток, агрессивной среде, динамических нагрузок, ветровых воздействий и т. д. Особо следует отметить, что некоторая часть горных машин относится к классу самых крупных машин, созданных человеком, что предъявляет к методам их управления и контроля особые требования, которые требуют от систем автоматизации повышенной надежности. Это предполагает разработку не только оригинальных, но и эффективных средств автоматизации. Создание же принципиально новых систем автоматического управления возможно лишь на базе микропроцессорных средств. К таким системам относится система программного управления координатами рабочего органа с целью реализации заданных траектории движения, а также следящие системы: система управления потоками мощности между потребителями энергии в машине; системы оптимального управления рабочим процессом; информационная система контроля и диагностики машин. И предпосылки для этого имеются - созданы микроЭВМ, которые пригодны не только для установки на стационарных установках и оборудовании, но и на мобильных строительно-дорожных машинах.

Системы автоматизации применительно к горным машинам базируется на общих положениях этого научно-технического направления. Например, для мобильных горных машин это хорошо согласуется с работами, относящимися к методам и средствам автоматизации строительных и дорожных машин, а для

стационарного оборудования аналогия-промышленность строительных материалов или технологические процессы химических производств.

В качестве объектов автоматизации непосредственно для горных предприятий Республики Беларусь следует считать следующие виды горных машин и оборудования: карьерная техника всех видов (экскаваторы, рыхлители, автосамосвалы, погрузчики); дробильно-размольное оборудование; проходческие комбайны для подземных работ; конвейерный транспорт, вертикальные грузоподъемники и ряд других.

Отечественные системы автоматизации горных машин и оборудования должны быть высокоэффективными и конкурентноспособными, что требует их сравнения с лучшими зарубежными аналогами с целью оценки реального уровня и перспектив дальнейшего развития.

### **Порядок выполнения работы.**

По заданию преподавателя студенты, разбитые на бригады, производят анализ рабочих процессов горных машин на конкретном технологическом переделе, определяют объект автоматизации и разрабатывают конкретную систему его реализации.

### ***Контрольные вопросы***

1 В чём состоят отличия автоматизации горных машин от автоматизации машин в других отраслях промышленности?

2 Какие базовые системы контроля и управления агрегатами мобильных горных машин Вы знаете?

3 Как осуществляются операции автоматизации процессов перемещения и дозирования технологических продуктов и за счёт чего обеспечивается эффект их применения?

4 Какие системы автоматизации используются для контроля гранулометрического состава продуктов в циклах рудоподготовки?

5 Перечислите процессы горного производства, в которых для контроля и управления рабочими процессами используется спутниковая навигационная система.

6 Составьте блок-схему системы автоматического управления работы щековой дробилки.

7 Назовите основные элементы автоматизированной системы контроля загазованности при выполнении горных работ в подземных выработках.

## Список литературы

- 1 **Богданов, В. С.** Технологические комплексы и оборудование предприятий промышленности строительных материалов / В. С. Богданов, С. Б. Булгаков, Г. Д. Федоров. – Белгород: Везелица, 2007. – 446 с.
- 2 **Дмитриенко, В. Г.** Основы горного дела / В. Г. Дмитриенко. – Белгород: БГТУ, 2011. – 186 с.
- 3 **Доценко, А. А.** Строительные машины и основы автоматизации / А. И. Доценко. – Москва: Высшая школа, 1995. – 400 с.
- 4 **Лукьянов, В. Г.** Горные работы и проведение горно-разведочных работ / В. Г. Лукьянов, В. Г. Курец. – Томск: ТПУ, 2010. – 342 с.
- 5 **Малевич, Н. А.** Горно-проходческие машины и комплексы / Н. А. Малевич. – Москва: Недра, 1980. – 384 с.
- 6 **Саблин, С. А.** Справочник по измельчению / С. А. Саблин. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 216 с.
- 7 **Спиваковский, А. О.** Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок / А. О. Спиваковский, М. Г. Потапов. – Москва: Недра, 1983. – 383 с.
- 8 **Чемеричко, Г. И.** Механическое оборудование и технологические комплексы по обогащению полезных ископаемых / Г. И. Чемеричко, В. Г. Дмитриенко. – Белгород: БГТУ, 2012. – 183 с.
- 9 **Троцкий, В. В.** Обогащение природных строительных материалов / В. В. Троцкий. – Ленинград: Стройиздат, 1986. – 192 с.