**Основы горного дела**

|  |  |
| --- | --- |
| ОГЛАВЛЕНИЕ  |    |
| 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  |  |
| 1.1. Основные понятия о полезном ископаемом, руде и породе  |  |
| 1.2. Формы и элементы залегания месторождений  |  |
| 1.3. Запасы месторождения  |  |
| 1.4. Типы месторождений для открытых работ  |  |
| 1.5. Классификации месторождений для открытой разработки  |  |
| 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ И ГРАНИЦАХ КАРЬЕРА.  |  |
| 2.1 Способы разработки месторождений  |  |
| 2.2. Основные понятия и терминология открытой разработки  |  |
| 2.3 Основные элементы уступа  |  |
| 2.4. Коэффициент вскрыши  |  |
| 2.5. Преимущества и недостатки открытого способа разработки  |  |
| 3. ЭТАПЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ  |  |
| 3.1. Основные производственные процессы открытых работ  |  |
| 3.2. Способы подготовки горных пород к выемке  |  |
| 3.2.1. Предохранение от промерзания и оттаивание пород  |  |
| 3.2.2. Механическое рыхление  |  |
| 3.2.3. Рыхление пород взрывами  |  |
| 3.2.3.1. Методы взрывных работ  |  |
| 3.2.3.2. Основные параметры взрывных скважин  |  |
| 3.2.3.3. Способы бурения скважин  |  |
| 3.2.3.4. Станки для бурения скважин  |  |
| 3.2.3.5. Буровой инструмент  |  |
| 3.2.4. Взрывание скважинных зарядов  |  |
| 3.2.5. Взрывчатые вещества и конструкции их зарядов  |  |
| 3.2.6. Способы инициирования зарядов ВВ  |  |
| 4. ВЫЕМОЧНО - ПОГРУЗОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ В КАРЬЕРАХ  |  |
| 4.1. Разработка горных пород одноковшовыми экскаваторами  |  |
| 4.1.1. Механическая лопата  |  |
| 4.1.2. Драглайн  |  |
| 4.2. Технология выемки пород и параметры забоев мехлопат  |  |
| 4.3. Технология выемки пород и параметры забоев драглайнов  |  |
| 4.4. Гидравлические экскаваторы  |  |
| 4.5. Одноковшовые погрузчики  |  |
| 4.6.Многоковшовые экскаваторы  |  |
| 4.6.1. Цепные многоковшовые экскаваторы  |  |
| 4.6.2. Роторные экскаваторы  |  |
| 4.7. Выемка пород скреперами  |  |
| 4.8. Выемка пород бульдозерами  |  |
| 5. КАРЬЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ  |  |
| 5.1. Железно дорожный транспорт  |  |
| 5.2. Автомобильный транспорт  |  |
| 5.3. Конвейерный транспорт.  |  |
| 5.4. Комбинированный транспорт  |  |
| 6. ВСКРЫТИЕ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ  |  |
| 6.1. Общие сведения о вскрытии карьерных полей  |  |
| 6.2. Классификация способов вскрытия  |  |
| 6.3. Проведение траншей  |  |
| 7. СИСТЕМЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕТОРОЖДЕНИЙ  |  |
| 7.1. Классификации систем открытой разработки  |  |
| 7.2. Характеристики основных систем открытой разработки  |  |
| 8. ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕ И СКЛАДИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД  |  |
| 8.1 Классификация отвалов  |  |
| 8.2. Строительство отвалов  |  |
| 8.3. Плужные отвалы.  |  |
| 8.4. Экскаваторные отвалы  |  |
| 8.5. Бульдозерные отвалы  |  |
| 8.4. Отвальное оборудование непрерывного действия  |  |
| 9. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ  |  |
| 10. ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ  |  |
| 10.1. Осушение карьерных полей и карьеров  |  |
| 10.2. Проветривание карьеров  |  |
| 10.3. Борьба с пылью  |  |

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПОЛЕЗНОМ ИСКОПАЕМОМ, РУДЕ И ПОРОДЕ

**Месторождение полезного ископаемого** - естественное скопление полезного ископаемого в земной коре.

Месторождение является промышленным, если его разработка экономически целесообразна. Главными показателями промышленной ценности месторождений являются: запасы, качество, горно-геологические условия залегания полезного ископаемого, его географическое положение.

**Полезные ископаемые** — природные минеральные вещества, которые при современном уровне техники и экономики пригодны для промышленного использования. Полезные ископаемые бывают твердые (различные руды, уголь, алмазы и др.); жидкие (нефть, рассолы, вода) и газообразные (природные газы).

**Пустая порода** — горные породы, окружающие полезное ископаемое (вмещающие) или включенные в него, не являющиеся объектом извлечения полезных компонентов.

Горные породы в которых залегает месторождение называют *вмещающими породами.*

Породы залегающие выше залежи (пласта) п.и. называют *покрывающими породами*, залегающие ниже залежи – *подстилающими породами*. Покрывающие породы делят на *коренные* – образовавшиеся в местах их теперешнего залегания, и *наносы* – принесенные на место их теперешнего залегания с других участков земной поверхности.

В зависимости от сферы использования полезные ископаемые делятся на группы : - рудные, горючие, химическое сырьё, строительные материалы, огнеупорное сырьё и др.

Руды после их добычи, как правило, перерабатывают, а горючие - используют в их природном состоянии или после некоторого улучшения их свойств путем отделения пустых пород - обогащения.

Руды разделяют на металлические, в которых полезные компоненты представлены металлами, и неметаллические, в которых полезные компоненты представлены различными минералами, не содержащими металлов (апатит, слюда, графит и др.).

Металлические руды делятся на руды черных, цветных, редких и радиоактивных металлов. По числу полезных компонентов, содержащихся в руде руды делят на простые (монометаллические) и сложные (полиметаллические).

По характеру агрегатного нахождения полезного компонента в массиве руды подразделяют на *сплошные и вкрапленные*. Сплошные руды имеют четко выраженные границы с вмещающими породами. Вкрапленные руды это руды у которых полезный компонент входит в состав вмещающих пород в виде вкраплений, прожилков, точек, гранул, кристаллов. Вкрапленные руды не имеют четких границ распространения и контуры их выемки устанавливают по данным геолого-промышленного опробывания месторождения. При этом, границы выемки вкрапленных руд устанавливают по минимальному промышленному содержанию п.к. во вмещающих породах.

*Минимальным промышленным содержанием* (промминимум) называют – среднее минимальное содержание п.к. при котором ценность п.к. в некотором объеме руды равна затратам на её добычу и переработку. Промышленный минимум зависит от ценности полезного ископаемого и изменятся от долей грамма на тонну добытой горной массы для благородных и драгоценных материалов (0.00001 г/т - алмазы, 0.75 – 4.0 г/т – золото) до десятков процентов у руд железа, хрома, марганца, для серы, апатита, калийных солей и пр.

**Горная масса** — смесь полезного ископаемого с породой, получаемая в результате разработки месторождения, как в смешанном виде, так и раздельно.

**Рудная масса**—смесь руды с породой, которая попадает в руду в процессе выемки.

*Ископаемый уголь* – осадочная горная порода представленная смесью продуктов глубокого физико-химического изменения исходного углеобразующего фитогенеза Земли и негорючих компонентов, извлекаемая из недр для энергетических или технологических нужд. При содержании в угле негорючих компонентов более 55-60% уголь относят к углистым породам.

Ценность ископаемых углей при энергетическом потреблении оценивается по теплотворной способности при его сжигании, а при технологческом потреблении – способностью образовывать угольный кокс, т.е. спекаться с одновременным повышением теплотворной способности.

1.2. ФОРМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

По морфологическому признаку месторождения разделяют на пластовые, пластообразные, столбообразные, линзообразные, жильные, штокообразные и гнездообразные, (рис.1.1)

Основной формой залегания осадочных месторождений (уголь, горючие сланцы, калийные и каменные соли, марганец и т.п.) является пласт.

*Пласт* – форма залегания геологического тела в виде плиты одного литологического состава ограниченной приблизительно параллельными поверхностями и имеющей значительное распространение по площади. Слои пород, находящиеся непосредственно над пластом называются кровлей пласта, а подстилающие пласт – почвой пласта.

Пластовые месторождения имеют стабильную мощность и четкие контакты с вмещающими породами. Они обычно осадочного происхождения.

*Пластообразные месторож­дения* характеризуются нестабиль­ной формой, мощностью и различ­ными углами падения. Обычно осадочного пли осадочно-метамор­фического происхождения.

*Линзообразные месторождения* имеют форму линзы, различные размеры и углы падения.

*Жильные месторождения* могут быть простыми и сложными (с невыдержанными элементами залегания и нечеткими контактами с вмещающими породами) или состоящими из ряда тонких жил и множества прожилков.

*Штокообразные месторождения* представляют собой рудное тело неправильной формы и большого размера.

*Штокверковое месторождение* — месторождение неправильной формы, представляющее собой густую сеть различно ориентированных рудных прожилков, прорезывающих массу породы.

*Гнездообразные месторождения* состоят из мелких по размерам рудных тел (гнезд) неправильной формы. Промышленное значение имеют месторождения с большим количеством гнезд.

Месторождения полезных ископаемых характеризуются обычно мощностью, углом падения, длиной по простиранию, глубиной и площадью распространения.

Пространственное положение геологических тел в земной коре (Рис.1.2) характеризуются понятиями: глубина залегания, простирание, азимут простирания, падение, азимут падения, угол падения, геологическая мощность.

*Глубина залегания*.– расстояние от поверхности земли до почвы пласта (рудного тела) измеренное в метрах. Глубину залегания обычно обозначают буквой - *Н*. При неизвестной конечной глубине залегания обычно указывают глубину до которой месторождение разведано.

Для эксплуатируемых негоризонтальных месторождений чаще указывают глубину ведения горных работ (глубину разработки).

*Линия простирания* – линия пересечения залежи горизонтальной плоскостью (линия АБ, рис. 1.2).

*Линия падения* – линия образованная пересечением залежи вертикальной плоскостью, перпендикулярной линии простирания (линия ВГ, рис. 1.2).

*Угол падения пласта* - угол между линией падения залежи и её проекцией на горизонтальную плоскость (градусы). Угол падения обозначают буквой α. Угол падения рудных залежей может изменяться от 0 до 900, в частных случаях, например, у жильных месторождений могут наблюдаться обратные углы падения т.е. почва залежи может стать её кровлей, а кровля почвой.

*Мощность пласта или рудного тела* – расстояние от почвы до кровли пласта (залежи), измеренное по нормали к подстилающим породам (м.). У негоризонтальных залежей различают, нормальную, горизонтальную и вертикальную мощность. В этом случае обязательно указывают направление измерения мощности – *горизонтальная мощность, вертикальная мощность*.

*mг = m/sinα ; mв = mг \*tgα , м*.

Горные породы в недрах литосферы находятся под воздействием гравитационных и тектонических сил, создающих нарушения первоначальных форм залегания геологических тел и различия в напряженно-деформируемом состоянии различных участков и частей массива. Горные породы и горные массивы, как правило, трещиноваты и содержат не менее 3-х систем трещин, которые могут быть заполнены природными флюидами, содержать напорные и безнапорные воды, карстовые полости, подземные реки, моря, озера.

Осложнения в залегании месторождений. Основными видами осложнений в залегании месторождений являются дизъюнктивные и пликативные геологические нарушения, проявляющиеся в виде *сбросов, взбросов, надвигов, сдвигов и складок* различного направления и амплитуд.

По условиям залегания месторождения делят на 4 группы сложности:

1-я группа - месторождения (участки) простого геологического строения – преобладающая часть запасов содержится в рудных телах с ненарушенным и или слабонарушенным залеганием, выдержанными мощностью, строением и качеством полезного ископаемого.

2-я группа - месторождения (участки) сложного геологического строения – изменчива мощность и внутреннее строение рудного тела, невыдержанно качество п.и.

3-я группа - месторождения (участки) очень сложного геологического строения – резкие изменения мощности и внутреннего строения, или интенсивные нарушения залегания и невыдержанное качество п.и.

4-я группа - месторождения (участки) весьма сложного геологического строения – резкие изменения мощности и внутреннего строения, интенсивная геологическая нарушенность, неравномерное распределение полезного компонента. Уточнение элементов залегания и строения возможно лишь совместно со вскрытием и подготовкой месторождения к разработке.

1.3. ЗАПАСЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Массовое или весовое количество п.и. и его компонентов, заключенное в недрах и установленное по данным геологоразведочных работ или в процессе разработки месторождения называется ***геологическими запасами месторождения.*** Геологические запасы подсчитывают: - для газообразных п.и. и строительных материалов – в м3; - для нефти, угля и руды – в т; - для благородных металлов и редких элементов – в кг; - для алмазов – в каратах.

**По экономической целесообразности извлечения** запасы месторождения разделяют на – *балансовые*, *забалансовые* и *промышленные*.

**Балансовые запасы**— часть геологических запасов, которые по своему качеству и количеству удовлетворяют промышленным кондициям и экономической целесообразности добычи при данном уровне развития техники и технологии добычи .

**Забалансовые запасы** – часть геологических запасов месторождения с содержанием полезного компонента ниже минимального промышленного уровня для данного вида полезного ископаемого, или не отвечающая требованиям установленных кондиций по нарушенности участка, мощности, и качеству полезного ископаемого, извлечение которых при данном уровне развития техники и технологии добычи и переработки является экономически не целесообразным.

**Промышленные запасы** – часть балансовых запасов, подлежащие извлечению в процессе разработки месторождения.

**Классификация промышленных запасов месторождений по степени их подготовленности к добыче**

**Классификация запасов месторождений по степени их геологической изученности**

**По степени геологической изученности** запасы месторождений подразделяют на четыре категорий: ***А, В, С*1**и***С*2.**

**Категория А** – запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей полное выявление условий залегания, формы и строения тел полезного ископаемого, а также его качества и технологических свойств.

**Категория В** - запасы разведанные и изучены с детальностью, обеспечивающей выяснение основных особенностей условий залегания, формы и характера строения тел полезного ископаемого, а также качества и основных технологических свойств.

**Категория С1** - запасы разведанные и изучены с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания, формы и характера строения тел полезного ископаемого, а также качества и основных технологических свойств.

**Категория С2** - запасы предварительно оцененные; качество полезного ископаемого определено по единичным пробам и образцам.

Разработка проектов горных предприятий и финансирование их строительства могут производиться только на основе подсчета балансовых запасов категорий А+В+С1, в ряде случаев для сложных месторождений - на основе категорий В+С1.

По степени подготовленности к добыче промышленные запасы месторождения подразделяются на - ***вскрытые***, ***подготовленные*** и ***готовые*** к выемке.

При открытой разработке к ***вскрытым запасам*** относят запасы для выемки которых пройдены все необходимые вскрывающие выработки, пройдены дренажные выработки, траншеи или съезды, нарезаны уступы для укладки транспортных путей, удалены вскрывающие породы.

**Подготовленные запасы** п.и. – часть вскрытых запасов, оставшиеся незачищенными от породы, оставшейся после экскавации вскрыши.

**Готовые к выемке запасы** п.и. – часть вскрытых запасов полностью зачищенные от породы, оставшиеся от экскавации вскрыши.

**Потери** - часть балансовых запасов вынужденно оставляемая в недрах при разработке месторождения или добытая и направленная в породные отвалы, оставленная в местах складирования, погрузки и транспортирования. вместе с породой

Потери подразделяют на *общекарьерные* (в охранных целиках) и *эксплуатационные* (имеющие место непосредственно в процессе разработки и зависящие от принятой системы, техники и технологии добычи).

Потери в объеме 2÷3% разведанных запасов неизбежны при любом способе разработки. Обычно потери полезного ископаемого в процессе разработки составляют до 10% от балансовых запасов месторождения. Потери ведут к росту затрат на разведку, подготовку и очистную выемку, а также к недополучению прибыли от потерянной части полезного ископаемого и к сокращению срока существования гонного предприятия.

При разработке месторождений неизбежно извлекают пустые породы. Часть пустых пород выдается на поверхность отдельно, а часть, смешивается с полезных ископаемых в процессе выемки и выдаются на поверхность – совместно с п.и. в виде ***горной массы***.

**Разубоживание** *-* - снижение качества добытого полезного ископаемого вследствие примешивания к нему вмещающих пород.

Разубоживание оценивают *коэффициеном разубоживания Р*, который равен отношению количества примешанной породы *В* к общему количеству добытой рудной массы *Д*

.

Величина *Д* включает добытое из недр полезное ископаемое, примешанные к нему при добыче забалансовые запасы и породу

,

где *Б*п - количество потерянных балансовых запасов;

*В* - количество примешанных вмещающих пород.

Определить количество примешанной породы можно не всегда, поэтому величину разубоживания обычно выражают через снижение содержания полезного компонента в добытом полезном ископаемом по сравнению с его содержанием в балансовых запасах. Тогда коэффициент разубоживания определяют по формуле

,

где ***с*** и ***а*** - содержание полезного компонента соответственно в балансовых запасах месторождения и в добытом полезном ископаемом.

Величину потерь полезного ископаемого при добыче определяют ***косвенным*** и ***прямым методам*:**

- ***косвенный метод***, основанный на определении потерь расчетным путем - по разности между величиной погашенных (отработанных) балансовых запасов и количеством извлеченного полезного ископаемого;

- ***прямой метод***, основанный на непосредственных измерениях величины потерь по видам их образования (в процессе добычи, переработки).

Косвенный метод по сравнению с прямым имеет более низкую достоверность и позволяет определять только суммарные потери за сравнительно большие промежутки времени. Относительные ошибки косвенных методов в определении величины потерь могут достигать 50 %.

**Ценность полезного ископаемого**это его потребительская стоимость. Определяется свойствами и содержанием в нем полезных компонентов, наличием вредных примесей, обогатимостью и др.

Различают валовую и извлекаемую (промышленную) ценности руды. *Валовая ценность* определяется стоимостью полезных компонентов, содержащихся в 1 т руды.

*Извлекаемая ценность* определяется стоимостью полезных компонентов, извлеченных из 1 т руды в результате добычи и переработки.

Ценность руды — понятие относительное и меняется со временем.

1.4. ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ РАБОТ

Месторождений для открытых работ подразделяют:

· по рельефу местности - равнинные и нагорные;

· по положению залежи относительно земной поверхности: - поверхностные (мощность покрывающих пород до 20 – 30 м), - глубинные (мощность покрывающих пород более 40 м), - высотные (выше господствующего уровня местности), - глубинно-высотные (могут разрабатываться подземным и открытым способами (одновременно или последовательно).

1.5. КЛАССИФИКАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ

Месторождения для открытой разработки принято классифицировать по мощности и углу падения.

Классификация по углу падения

*По углу падения* различают залежи *пологие, наклонные* и *крутые*.

**Пологими** - называются залежи с углом падения 0—10°. При разработке

таких залежей имеется возможность использования выработанного пространства для складирования вскрышных пород (рис. 1.4, *а*).**

**Наклонными** называются залежи с углом падения 8—30°. При разработке таких залежей после выемки полезного ископаемого борт карьера со стороны лежачего бока сохраняет устойчивое равновесие без выполаживания (разрабатываются только породы висячего бока). Выработанное пространство, как правило, не используется для складирования вскрышных пород из-за их неустойчивого положения на наклонной поверхности (рис. 1.4, *б*).

**Крутыми** называются залежи с углом падения более 30°. При разработке таких залежей разрабатываются породы лежачего и висячего боков с целью придания бортам карьера устойчивого угла наклона. Выработанное пространство для складирования вскрышных пород, как правило, не используется (рис. 1.4, *в*).

***Классификация по мощности***

*Мощностью залежи* определяется способ ее выемки. Различают залежи *большой, средней, малой и весьма малой мощности*. Пологие залежи характеризуются вертикальной мощностью, а наклонные и крутые - горизонтальной мощностью.

Пологие залежи весьма малой мощности (2-З м) целесообразно разрабатывать погрузчиками, шнекобуровыми машинами и др. Пологие залежи малой мощности (4-20 м) разрабатываются одним уступом, залежи средней мощности (15-40 м) - двумя уступами и залежи большой мощности (более 40 м) - тремя уступами и более.



При разработке наклонных и крутых залежей весьма малой (10-20 м) и малой мощности (20-70 м) начинать выемку очередного слоя залежи возможно только после полной выемки лежащего выше слоя (рис. 1.5). Для залежей средней мощности (60- 100 м) начинать выемку очередного слоя возможно и при неполной выемке лежащего выше слоя. При большой мощности залежи (100-150 м) одновременно можно вынимать несколько слоев.

(Способы разработки месторождений**.**Понятия карьер, разрез прииск. Основные элементы карьера и уступа. Коэффициент вскрыши. Преимущества и недостатки открытого способа разработки).

**2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ И ГРАНИЦАХ КАРЬЕРА**

**2.1. СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Основными способами разработки месторождений являются: *открытый*, *подземный* (в вариантах шахтный и скважинный) и *подводный*.

*Открытые горные работы* – комплекс работ, осуществляемых для добычи полезных ископаемых непосредственно с поверхности земли с использованием открытых горных выработок.

Открытые горные работы наиболее древняя область деятельности человека по извлечению полезных ископаемых из недр Земли.

**Исторически этапами открытых горных работ можно считать:**

- собирательство полезных минералов и каменного сырья с поверхности земли (ранний неолит, 2,5 млн. – 35 тыс. лет назад);

- целенаправленное выкапывание минералов и каменного полуфабриката с поверхности земли;

- выемка их из недр с помощью ям, канав и траншей,

- уступная разработка месторождений котлованами значительных размеров с оставлением между ними участков массива пород.

Древние открытые разработки котлованами типа карьеров достигали длины до 100 м и более и глубины 20-30 м. Древнейший медный карьер в урочище Кенгазган (Центральный Казахстан) имел длину около 500 м, ширину до 100 м и глубину до 18 м. На Синайском полуострове (долина Карич) древний медный карьер представлял собой котлован длиной около 100м, шириной 10 м и глубиной 9 м.

Отбойку руды от массива выполняли вручную, силой воды, пожегом, замораживанием воды, клиньями и др.

Для измельчения медных и серебряных руд использовали специальные устройства (орастры). В кольцевой каменной яме с выпускными отверстиями для измельченной руды дробление осуществляли перекатыванием огромных отесанных камней, прикрепленными цепями к вращающейся крестовине.

Карьерным транспортом являлись ручные тележки и повозки с конной тягой.

Первый буровой станок описал [Леонардо](https://studopedia.ru/../9_45852_psihologicheskie-idei-leonardo-da-vinchi.html) Да-Винчи, (1500 г) На смену порохам пришел динамит. Появилась возможность предварительного рыхления скальных и полускальных пород.

В 1831 г В Отис (США) патентует одноковшовый паровой экскаватор на рельсовом ходу. Появляется возможность использования для вывоза из карьера горной массы железнодорожным транспортом.

В 1844 – 1849 г появляются буровые станки канатно-ударного и вращательного действия (Франция). В 1861 г появились - пневматические поршневые перфораторы. В 1884 г – электрические станки для бурения скальных пород.

В 1860 г француз инженер М. Кувре создает многоковшовый экскаватор. В 1863 г в Новой Зенландии началось использование драг для добычи золота.

Начиная с 40–х годов 20 века открытый способ разработки стал развиваться опережающими темпами. К этому времени завершается переход к механизированному производству, основанному на внедрении станков пневмоударного, шарошечного и огневого бурения, многорядного короткозамедленного взрывания, нового ассортимента ВВ, машин для заряжания и забойки скважин, мехлапат и драглайнов с большой вместимостью ковша, роторных комплексов, электровозов переменного тока, тепловозов и думпкаров высокой грузоподъемности, автомобильного и конвейерного транспорта и [гидромеханизации](https://studopedia.ru/../7_16151_gidromehanizatsiya-v-meliorativnom-stroitelstve.html).

В настоящее время на долю открытых горных работ приходится 40-70% добычи угля, руд черных и цветных металлов, горно-химического сырья и нерудных строительных материалов. Открытым способом также разрабатываются все уникальные месторождения алмазов (5 карьеров) и добывается около 20% урана.

Крупнейшие карьеры России и мира:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Карьер | Страна | Полезное ископаемое | Производительность,млн.т/год | Вскрыша, млн.т. |
| «Богатырь» | Казахстан, Экибастуз | Кам. уголь |   | 23,5\* |
| «Маунт-Райр» | Канада | Жел. руда. |   |   |
| «Фортуна» | Германия | Бур. уголь | 42,5 | 82,2\* |
| «Минтак» | США | Жел. руда |   | 9,1 |
| «Фриммерсдорф» | Германия | Бур. уголь | 35,9 | 108\* |
| «Ингулецкий» | Украина, Кривой рог | Жел. руда | 34,8 | 22,5 |
| «Южный» |   | Жел. руда | 33,9 | 31,6 |
| «Лебединский» | Россия | Жел. руда | 33,4 | 38,2 |
| «Баженовский» | Россия, Урал | Асбест |   |   |
| «Центральный» | Россия, Кольский п-ов | Апатит |   |   |
| «Березовский» №1 | Канско-Ачинский | Кам. уголь | 55 (проект) | Н.д. |
| «Сарбайский» | Казахстан | Жел. руда | 21,5 | 83,3 |

**2.2.ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ**.

**Карьер** – горное предприятие, ведущее разработку месторождения открытым способом.

**Карьер** – совокупность открытых горных выработок (траншей и заходок различного назначения), выработанного пространства, отвалов, транспортных и энергетических коммуникаций и средств механизации горных работ, обеспечивающих добычу полезного ископаемого заданной номенклатуры в заданных объемах и заданного качества..

Карьер, предназначенный для добычи угля, называется **– разрез,**для добычи россыпных полезных ископаемых – **прииск**.

Месторождение или его часть, разрабатываемом одним карьером, называется **карьерным поле.**



Участок земной поверхности, занимаемый карьером, его службами и цехами называется **земельным отводом** (Рис. 1)

Карьерные поля разрабатывают горизонтальными слоями. Слои вынимают сверху вниз, начиная с поверхности. Выемка верхних слоев всегда опережает выемку нижних. Поэтому в процессе разработки боковые стенки карьера (борта карьера) приобретает уступную форму, (Рис 2.2).

Сверху карьер ограничен земной поверхностью. Ступенчатая поверхность, ограничивающая карьер с боков называется ***бортами карьера***. Горизонтальная (реже наклонная) поверхность, ограничивающая карьер снизу, называется ***подошвой карьера***или***дном карьера****.*

Линия пересечения бортов карьера с земной поверхностью называют ***верхним контуром карьера***, а с дном карьера – ***нижним контуром карьера.***

**Откос борта карьера** - условная поверхность, проходящая через верхний и нижний контуры карьера.

**Угол откоса борта карьера** *-* угол, образуемый откосом борта карьера и горизонтальной плоскостью, проходящей через подошву карьера. Угол откоса рабочих бортов карьера зависит главным образом то ширины рабочих площадок и высоты уступов и составляет от 50 до 300, преимущественно 70 – 120, а нерабочих 150 - 55°.

Борт карьера, на котором производятся горные работы, называется ***рабочим бортом.*** В процессе ведения горных работ рабочий борт карьера перемещается в пространстве.

Борт карьера, на котором горные работы не производятся и он достиг конечных границ карьера называют ***нерабочим бортом***. На нерабочем борту располагаются предохранительные и транспортные бермы

**Глубиной карьера** - расстояние в метрах по вертикали между усредненной отметкой земной поверхности и дном карьера.

Положение верхнего и нижнего контура карьера, а также глубина карьера при разработке наклонных и крутых залежей постоянно изменяются. Контуры карьера, соответствующие моменту окончания работ в нем горных работ называются ***конечными***. Им соответствуют конечная глубина и конечные размеры карьера в плане.

Конечный контур карьера в плане на земной поверхности называют также ***техническими границами карьера***.

Участок недр переданный для разработки одному карьеру называют ***горным отводом***

**2.3 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ УСТУПА**

Как вскрышные работы, так и добыча полезных ископаемых (в том числе и угля) в карьерах производятся, как правило, горизонтальными слоями, называемыми уступами. При этом верхние уступы отрабатываются с опережением по отношению к нижним. Отработка уступами ведется с целью более удобной и безопасной работы в забоях.

К основным элементам уступа относятся Рис 2.3: - верхняя и нижняя площадки, верхняя и нижняя бровки, откос, угол откоса и высота уступа.



***Верхняя и нижняя площадки*** — горизонтальные плоскости, ограничивающие уступ сверху и снизу. ***Верхняя и нижняя бровки*** — линии пересечения откоса уступа соответственно с верхней и нижней площадками. ***Откос уступа***- наклонная поверхность уступа между нижней и верхней бровками уступа. ***Угол откоса*** - угол, образуемый откосом уступа с горизонтальной плоскостью.

Угол откоса уступа обычно 60-70° в породах средней крепости, 80 - 900 – скальных, 25-300 -в песчаных породах. Угол откоса взорванной породы составляет обычно 25-30°

**Высота уступа** — нормальное расстояние между верхней и нижней площадками.

Высота уступа устанавливается в зависимости от рабочих размеров применяемого оборудования, физико-механических свойств пород, параметров буровзрывных работ. При применении экскаваторов типа прямая механическая высота уступа принимается 10-30 м, драглайнов — 20-40 м, цепных многочерпаковых экскаваторов — 15-30 м и роторных экскаваторов — 12-50 м.

Уступ по высоте может быть разделен на два подуступа.

**Подуступ** - часть уступа по его высоте, разрабатываемая самостоятельными средствами выемки, но обслуживаемая транспортом, общим для всего уступа.

Уступ, на котором производится выемка пород или добыча полезного ископаемого называется ***рабочим***. Площадка рабочего уступа, на которой размещается выемочно-погрузочное оборудование называется ***рабочей***. Свободная площадка называется ***нерабочей***. Ширину рабочей площадки принимают в 2-4 раза больше высоты уступа.

Нерабочие уступы разделяют горизонтальными площадками малой ширины называемые предохранительными бермами**.**



**Берма -**горизонтальная площадка на нерабочих участках бортов карьера, разделяющая смежные по высоте уступа. Различают бермы ***предохранителные*** и ***транспортные***.

Назначение предохранительных берм — повышать устойчивость борта карьера и предохранять рабочие горизонты карьера и дно карьера от случайного падения на них отдельных кусков породы с верхних уступов. При погашении уступов они оставляются шириной не менее 1/3 расстояния по вертикали между смежными бермами, но не более чем через каждые три уступа.

Предохранительные бермы обычно отстраиваются горизонтальными в поперечном и продольном сечении и их поверхность совпадает с отметками рабочих горизонтов. (наклонные в продольном направлении предохранительные бермы обычно обустраивают только в глубоких карьерах круглой формы, что позволяет снизить объём вынимаемых пород на 6-15%). В глубоких карьерах на нерабочем борту могут обустраиваться предохранительные бермы увеличенной ширины для механизированной зачистки осыпавшихся пород.

**Транспортные бермы** (Рис.2.4, *б*) предназначаются для размещения на них транспортных путей (дорог) для соединения рабочих горизонтов с капитальными траншеями их ширина выбирается в зависимости от вида транспорта, ширины колеи и числа путей или полос движения.

При открытой разработке месторождения выемка пород в уступе производиться последовательными параллельными полосами по направлению движения забоя или перпендикулярно к нему. Породная полоса в пределах определенного участка уступа, отрабатываемая за один проход выемочного оборудования (экскаватора, погрузчика) называется ***заходкой.*** По расположению относительно фронта работ уступа заходки подразделяются на - ***продольные*** – ориентированные вдоль фронта работ уступа и - ***поперечные*** – ориентированные перпендикулярно фронту. Тип заходки обуславливается применяемым видом транспорта: - продольные возможны при любых видах транспорта; - поперечные при автомобильном и конвейерном.

Часть заходки по длине, разрабатываемая самостоятельными средствами отбойки и выемки, называют ***блоком***. Часть заходки, на которой расположены действующие блоки, называют ***фронтом работ уступа***. Суммарная протяженность фронтов работы уступов называется ***фронтом работ карьера***.

Открытая горная выработка, имеющая значительную длину по сравнению с шириной и глубиной, называется *траншеей*. Сечение траншеи трапециевидное. Боковые поверхности траншеи называются бортами, а нижняя поверхность — дном.

Траншеи бывают *капитальные и разрезные*. Капитальной траншеей называется наклонная траншея, с помощью которой осуществляется связь рабочих уступов с земной поверхностью. Разрезной называется горизонтальная траншея, предназначенная для создания первоначального фронта работ на уступе.

**2.4.КОЭФФИЦИЕНТ ВСКРЫШИ**

Добыча полезных ископаемых открытым способом сопровождается удалением из контуров карьера определенного объема вскрышных пород. Количество вынимаемой пустой породы, приходящееся па единицу добываемого полезного ископаемого, называется коэффициентом вскрыши. В зависимости от единиц измерения различают коэффициенты вскрыши объемные ( м3 / м3 ) ; весовые ( т / т ); смешанные ( м3 / т ).

В практике проектирования и эксплуатации карьеров наиболее широко используют коэффициенты вскрыши: средний, эксплуатационный, текущий, контурный и граничный.

Средним коэффициентом вскрыши kср называется отношение общего объема пустых пород в конечных контурах карьера Vв к отрабатываемым запасам полезного ископаемого Vи в этих же контурах (Рис. 2.4):

, м3 / м3

Эксплуатационный коэффициент вскрыши выражает отношение объемов пустых пород Vвс к запасам полезного ископаемого Vис отрабатываемым за период эксплуатации карьера:

, м3 / м3

Текущий коэффициент вскрыши выражает отношение объема пустых пород Vтв к запасам полезного ископаемого Vти , отрабатываемым в определенный период времени (год, квартал, месяц)

, м3 / м3

Контурный коэффициент вскрыши определяет отношение объемов пустых пород SDVв к извлекаемым запасам полезного ископаемого SDVи , прирезаемым к карьеру при расширении его контуров в плане или при его углублении

, м3 / м3

Граничным коэффициентом вскрыши называется максимально допустимый коэффициент вскрыши по условиям экономичности открытых горных работ на данном месторождении. Он определяет максимально допустимый объем вскрыши, который может быть удален из карьера для добычи единицы полезного ископаемого. Величина граничного коэффициента вскрыши определяется па основании сравнения допустимой себестоимости полезного ископаемого Сд и полной себестоимости полезного ископаемого при открытом способе разработки месторождения Сп.

Себестоимость полезного ископаемого, добытого открытым способом, руб./ м3, где Зд — затраты на добычу полезного ископаемого (без учета затрат на вскрышные работы), руб./ м3 ; Зв — затраты на выемку пустых пород, руб./ м3; kв — коэффициент вскрыши, м3 / м3.

Экономичность открытого способа разработки месторождения обеспечивается, если Сп £ Сд . При Сп = Сд kв = kг . В этом случае граничный коэффициент вскрыши

При определении граничного коэффициента вскрыши в качестве допустимой себестоимости может приниматься прогнозируемая цена полезного ископаемого на рынках минерального сырья или полная себестоимость подземной разработки данного месторождения.

**2.5 ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ОТКРЫТОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ.**

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых имеет следующие преимущества перед подземной: более высокая безопасность труда; производительность труда значительно выше, а себестоимость добычи 1 т полезного ископаемого намного ниже, чем при подземных разработках; лучшие технико-экономические показатели: сроки строительства карьеров меньше сроков строительства подземных рудников равной производительности, более высокие качественные показатели разработки месторождений и более полное извлечение полезного ископаемого из недр, более благоприятные условия для ведении селективной добычи полезного ископаемого.

Основными недостатками открытых горных работ являются: наносимый ущерб окружающей среде, связанный с необходимостью отчуждения значительных земельных площадей: воздушного и водного бассейнов районов разрабатываемых месторождений; зависимость от климатических и метеорологических условий; необходимость вложения больших капитальных затрат и короткие сроки при строительстве глубоких ( свыше 800 м) карьеров.

**3. Этапы открытой разработки месторождений, их содержание и назначение**.

**3.1. Основные производственные процессы открытых горных работ**

Разработка МПИ открытым способом включает четыре этапа

**Первый этап** – подготовительный. Цель горных работ этого этапа – создать благоприятные условия для безаварийной и высокопроизводительной работы горного и транспортного оборудования.

Задачи этого периода:

– подготовка поверхности месторождения к горным работам;

– осушение месторождения и ограждение его от вод поверхностного стока.

Подготовка поверхности заключается в удалении естественных и искусственных препятствий, мешающих разработке месторождения. В этот период, обычно, требуется: - вырубить лес и кустарник, удалить торф и плодородный слой земли, отвести поверхностные воды, осушить водоемы, снести здания и сооружения на площади карьера, подготовить место для размещения отвалов пустых пород, подвести к карьеру железную и шоссейные дороги, линии электропередачи и водоснабжения, построить производственные, служебные и жилые помещения.

Осушение месторождения выполняют в целях придания большей устойчивости откосов уступов, предотвращения оползней пород в бортах карьера, создания благоприятных и безопасных условий для работы людей, машин и транспортных средств в карьере.

**Второй этап –** строительный. В этот период осуществляются работы по удалению покрывающих и вмещающих пород для обеспечения доступа к полезному ископаемому и систематического производства вскрышных и добычных работ. В этот период проводят капитальные и разрезные траншеи и создают устойчивый фронт добычных и вскрышных работ. Этот период иногда называют *горно-капитальным* так, как в этот период создаются основные фонды предприятия. Финансовые затраты этого периода носят название – первоначальные капитальные затраты. По окончании строительного периода карьер сдается в эксплуатацию и начинает функционировать как хозрасчетная производственная единица. При разработке крутопадающих месторождений, работы по подготовке новых горизонтов (проходка траншей, съездов), обеспечивающих транспортную связь вскрываемого горизонта с лежащими выше, также относятся к горно-капитальным.

**Третий этап** – эксплуатационный. Горные работы этого периода заключаются в систематическом удалении вскрышных пород в объемах обеспечивающих требуемую длину фронта очистных, и ведении очистные работ в объемах, соответствующих требованиям плана добычи по объему и качеству полезного ископаемого.

**Четвертый этап** – период погашения горных работ. Характеризуется постепенным завершением горных работ на вскрышных и добычных горизонтах в связи с погашением запасов, демонтажем горного оборудования и транспортных коммуникаций. В этот же период выполняются работы по рекультивации земель, нарушенных горными работами.

Во всех периодах работы карьера основными работами являются горно-капитальные, вскрышные и добычные работы. **Целью** этих работ является выемка определенного объема пород из массива, а **содержание работ** по выемке пород - рядом характерных производственных процессов выполнение которых требует определенной технологии и специальных средств механизации.

3.1. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЕ ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ РАБОТ

Основными производственными процессами открытых горных работ являются:

- подготовка горных пород к выемке;

- выемочно-погрузочные операции;

- перемещение горной массы;

- отвалообразование вскрышных пород;

- складирование добытого полезного ископаемого.

**Процесс подготовки горных пород к выемке** включает широкий перечень мероприятий, направленных на изменение естественного состояния горных пород с целью обеспечения эффективной их выемки. В практике открытых горных работ при подготовке горных пород к выемке наибольшее распространение нашел буровзрывной способ, предназначенный для отделения полускальных и скальных пород от массива и дробления их до кусков заданных размеров.

**Выемочно-погрузочные операции** предназначены для извлечения горной массы непосредственно из массива или из навала и погрузки их в транспортные средства. Выемка и погрузка обеспечивается одной машиной.

**Процесс перемещения** горной массы состоит в организации четкой и бесперебойной работы транспортных средств обеспечивающих своевременную перевозку значительных объемов в пределах карьера и за его пределами.

**Отвалообразование вскрышных пород** и складирование добытого полезного ископаемого заключается в приеме и размещении горной массы и полезного ископаемого на специально отведенных площадях при соблюдении безопасных условий труда и высокопроизводительной работы горного и транспортного оборудования.

**3.2. СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ**

Подготовка горных пород к выемке проводится с целью создания технической возможности и наилучших условий для выполнения последующих процессов выемки и погрузки горной массы, транспортирования, отвалообра зования и переработки.

В зависимости от типа и состояния пород подготовка их к выемке может осуществляться: - предохранением от промерзания, оттаиванием, гидравлическим ослаблением или разупрочнением, - механическим или взрывным рыхлением мерзлых мягких и плотных пород, - механическим рыхлением или взрывание на сотрясение плотных пород, - взрывнм рыхлением скальных и полускальных пород.

**3.2.1. ПРЕДОХРАНЕНИЕ ОТ ПРОМЕРЗАНИЯ И ОТТАИВАНИЕ ПОРОД**

Подготовка горных пород к выемке в зимних условиях включает комплекс мероприятий по предотвращению промерзания пород, рыхление мерзлых пород и приведение их в талое состояние. Обычно карьерные мехлопаты с ковшом емкостью 4 м3 могут разрабатывать без предварительного рыхления слой мерзлой породы мощностью 0,5-0,7. Бульдозерами, скреперами и цепными многоковшовыми экскаваторами в большинстве случаев невозможно или нерационально разрабатывать мерзлые породы без их предварительного рыхления.

Для **предохранения от промерзания**применяют: - вспашку; обычное (до 40-50 см) и глубокое (до 1- 1,3 м) рыхление; боронование на глубину до 20 см; утепление теплоизоляционными материалами, снеговым или искусственным ледовоздушним покровом; химическую обработку антикриогенами; специальные навесы и тепляки.

**Оттаивание пород**осуществляют паром, горячей водой или газами, глубинным или поверхностным электрообогревом, поверхностным пожогом и т.п. При глубинном электрообогреве электроды размещают в шпурах, пробуренных на глубину промерзания на расстоянии 0,5-0,7 друг от друга и пропускают электрический ток. Расход эл. энергии на оттаивание 1 м3 пород составляет от 8-10 до 20 кВт.ч. При поверхностном электрообогреве электроды в виде металлических полос или сетки располагают на поверхности оттаиваемого участка. Питание осуществляется от высокочастотного генератора.

При оттаивании применяют стальные трубы внутренним диаметром 19-22 мм и длиной 1,5-3 м, которые помешают в шпуры при расстоянии между ними 2-2,5 м или забивают в породу по мере её оттаивания. Продолжительность оттаивания 4-6 ч при расходе пара 24-27 кг на оттаивание 1 м3 породы. Аналогично осуществляется оттаивание горячей и холодной водой. Паро- и гидрооттаивание широко применяют при разработке многолетнемёрзлых пород.

Сущность оттаивания поверхностным пожегом заключается в сжигании слоя угля, торфа или дров на поверхности мерзлых пород. Примерный расход на оттаивание 1 м3 породы составляет: - уголь – 30-60 кг, торф – 120-140 кг, дрова – 0,14-0,17 м3. Применяют для оттайки глин в небольших объемах.

*Химическая обработка* хлористыми солями калия или натрия применяется для оттайки песчано-глинистых пород после их предварительной планировки и рыхления на глубину 20-30 см.

**3.2.2. МЕХАНИЧЕСКОЕ РЫХЛЕНИЕ.**

Предварительное механическое рыхление осуществляют прицепными или навесными рыхлителями, которые монтируются на мощном тракторе тягаче (Рис.4.1)

Рыхление массива производится параллельными смежными ходами рыхлителя. Расстояние *С* между смежными ходами определяется по условию обеспечения требуемой кусковатости и эффективной глубины *h*э рыхления, которая меньше величины заглубления зуба *h*з , так как между смежными ходами в нижней части сечения образуются зоны неразрыхленной породы.

Величина заглубления рыхлителя *h*з у мощных рыхлителей может достигать 2 ¸ 2,5 м. Рыхлители могут иметь до 5 зубьев. Для подготовки плускальных применяют однозубчатые рыхлители, в плотных породах – многозубчатые.

Величина *С* находится в пределах 110-160 см. Для увеличения глубины *h*э и обеспечения лучшей кусковатости горной массы применяют дополнительные перекрестные ходы. Расстояние между дополнительными ходами *С'* = (1,2 ¸ 1,5)*С*. Угол наклона стенок борозды 40 ¸ 60°.

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image040.gif |

Механическое рыхление эффективно при разработке пород с *f* = 1 ¸ 3 независимо от трещиноватости; с *f* = 4 ¸ 5 при сильной и средней трещиноватости, с *f* = 6 ¸ 8 при весьма сильной трещиноватости.

Часовая производительность рыхлителей в легкорыхлимых породах может достигать 1200 м3.

Рыхлители используют в комплексе со скреперами, бульдозерами и одноковшовыми погрузчиками, которые производят послойную выемку горной массы в слоистых горных массивах, например угольных пластов с удалением глинистых и слабых прослойков в отвал.

Рыхлители по мощности тягачей подразделяют на сверхмощные (мощность двигателя свыше 220 кВт), мощные (110 ¸ 220 кВт), средней мощности (58 ¸ 110 кВт), легкие (до 58 кВт) с тяговым усилием тракторов соответственно 300 и более, 200¸300, 130¸200 и до 130 кН (табл. 1 и 2)

Технические характеристики отечественных рыхлителей

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель  | Рыхлитель  |
| ДП-26С  | ДП-22С  | ДП-9ВХЛ  | ДП-10С  | ДП-29АХЛ  | ДЗ-141ХЛ  | ДП-35УХЛ  |
| Базовый трактор  | Т-130.1.Г-1  | Т-180КС  | ДЭТ-250М  | Т-330  | ТТ-330Р-1-01  | Т-500Р-1  | Т-50.01  |
| Мощность двигателя, кВт  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тяговый класс, кН  | (100)  | (150)  | (250)  | (350)  | (750)  |  |  |
| Число зубьев  |  | 1;3  |  | 1;3  |  |  |  |
| Расстояние между осями зубьев, мм  | -  |  | -  |  | -  | -  | -  |
| Ширина наконечника зуба, мм  |  |  |  |  | 120-125  | 125-130  |  |
| Глубина рыхления, мм  |  |  |  |  |  |  |  |
| Угол рыхления, градус  |  |  |  |  | 45-50  | 25-50  | 30-83  |
| Масса рыхлительного оборудования, т  | 1,4  | 3,1  | 3,9  | 5,4  | 6,6  | 7,0  | 12,7  |

Технические характеристики гусеничных бульдозеров с рыхлителем, фирма «Катерпиллер» США

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели  | Тип бульдозера  |
| D8L  | D9N  | D10N  | D11N  |
| Мощность двигателя, кВт  |  |  |  |  |
| Отвал:  |    |  |  |  |
| тип  | SU  | SU/U  | U/S  | SU/U  |
| длина, м  | 4,17  | 4,32/4,66  | 4,86/5,25  | 5,6/6,4  |
| высота, м  | 1,77  | 1,81  | 2,05  | 2,31  |
| вместимость, м3  | 11,0  | 11,9/14,4  | 17,2/20,9  | 25,6/32,4  |
| заглубление, м  | 0,61  | 0,62  | 0,67  | 0,77  |
| просвет, м  | 1,29  | 1,37  | 1,56  |  |
| Рыхлитель:  |    |  |  |  |
| сила заглубления, кН  |  |  |  |  |
| максимальное заглубление, м  | 1,16  | 1,23  | 1,37  | 1,61  |
| Масса с отвалом и рыхлителем, т  | 47,9  | 53,9  | 74,4  | 120,6  |
| Примечание: S – прямой отвал; U – универсальный; SU – полууниверсальный.  |  |  |  |  |

**3.2.3 РЫХЛЕНИЕ ПОРОД ВЗРЫВАМИ**

**3.2.3.1Методы взрывных работ**

Комплекс горных работ, выполняемый для подготовки горных пород к выемке с использованием взрывов, носит название *буровзрывных работ* (БВР).

Различают первичные и вторичные БВР. К первичным относят работы по отделению пород от массива и их дробление. Вторичные БВР – дробление негабарита, выравнивание подошвы уступа, отбойка козырьков, нависей – предназначены для устранения дефектов первичных. Процесс подготовки горных пород буровзрывным способом характеризуется качеством рыхления, формой развала пород, степенью обеспеченности экскаваторов взорванной массой и частотой взрывов.

К взрывным работам на карьерах предъявляются технологические требования: безопасности и экономичности; обеспечения достаточной степени дробления при сохранении сортности и качества полезного ископаемого; соответствия размеров и формы развала взорванной породы параметрам применяемого горно-выемочного и транспортного оборудования; обеспечения бесперебойной и производительной работы карьера.

Степень дробления пород и подготовленности забоя к экскавации характеризуются размерами кусков взорванной породы. На карьерах руководствуются следующими зависимостями между крупностью кусков пород и параметрами горного и транспортного оборудования:

- для одноковшовых экскаваторов и фронтальных погрузчиков



где *С* – максимально допустимый линейный размер взорванной породы, м;

*Е* – вместимость ковша экскаватора или погрузчика, м3;

- для автосамосвалов и ж.д. вагонов



где *V* – вместимость кузова транспортного средства, м3;

- для ленточных конвейеров



где *В*к – ширина ленты конвейера, мм;

- для бункеров и приемных отверстий дробилок



где *b*д минимальный размер приемного отверстия бункера или дробилки, мм.

При последовательном приеме горной массы различными машинами, работающими в едином выемочно-транспортном комплексе, например – экскаватор – автосамосвал – дробилка, максимальный размер кондиционного куска принимается по наименьшему значению *С* для данного набора машин.

Выполнение требований по эффективному ведению БВР на карьерах достигается правильным выбором методов и параметров взрывных работ и рациональной их организацией.

Различают следующие методы взрывных работ: - *метод скважинных зарядов: метод котловых зарядов; метод шпуровых зарядов; метод камерных зарядов, метод накладных зарядов.*

**Метод скважинных зарядов** (Рис. 4.3,а.) заключается в размещении зарядов ВВ в скважинах диаметром 75¸560 мм и глубиной 5¸30 м ( иногда до 50 м).

**Метод котловых зарядов** (Рис. 4.3, *б*) заключается в размещении сосредоточенных зарядов ВВ массой 400-2000 кг в котлах, образуемых при бурении скважин с помощью специальных буровых расширителей или прострелов скважин взрывами небольших зарядов. Этот метод применяют при невозможности размещения в скважине требуемой массы ВВ, наличии в нижней части уступа крепких пород, обрушении высоких уступов полускальных пород и при проведении полутраншей на косогоре.

**Метод шпуровых зарядов** (Рис. 4.3, *в*) заключается в размещении зарядов ВВ в шпурах. Применим при малом объеме взрывных работ, раздельной выемке руд различного качества, добыче особо ценных п.и. с целью сохранения их структуры и исключения их переизмельчения, дроблении негабарита, ликвидации порогов на подошве уступов, заоткоске уступов и др.


**Метод камерных зарядов** (Рис. 4.3, *г* и *д*) предусматривает размещение сосредоточенных зарядов ВВ массой от нескольких до сотен тонн в специальных камерах. Применяют при организации взрывных работ на выброс и сброс (в гористых условиях), при создании траншей, котлованов, плотин, насыпей.

**Метод накладных зарядов** (Рис. 4.3, *г*) заключается в размещении зарядов ВВ на поверхности разрушаемых объектов. Применяется при дроблении негабаритов и на вспомогательных работах в труднодоступных местах.

3.2.3.2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН

Основными параметрами взрывных скважин является их диаметр *d*с глубина *L*с, перебур *l*п и угол наклона *b*с (Рис. 4.4.).

**Диаметр скважин** (от 75 до 600 мм) выбирается с учетом физико-технических характеристик пород, требуемой степени дробления и объема горных работ. Скважины малого диаметра применяются в крепких трудновзрываемых породах, а скважины большого диаметра - в породах легко и средневзрываемых при использовании мощного погрузочного оборудования.

**Глубина скважин** (м) зависит от высоты уступа *h*у, угла их наклона и определяется по формуле



*Перебур скважин* необходим для хорошей проработке подошвы уступа. Величина перебура устанавливается в зависимости от высоты уступа, линии сопротивления по подошве, диаметра скважин, свойств применяемого ВВ, физико-технических свойств пород, условий их залегания. Ориентировочно перебур определяется по формуле

, м

Меньшее значение для легковзрываемых пород (иногда, *l*п < 10*d*с), большее (иногда, *l*п > 15*d*с) - для трудновзрываемых пород при многорядном короткозамедленном взрывании.

**Угол наклона скважины**Наибольшее распространение на карьерах получили вертикальные скважины т.к. При их бурении отмечается наивысшая производительность буровых станков и средств заряжания скважин.

Наклонные скважины бурят под углом *β*с = 600-850. При *β*с = α ( α - угол откоса уступа) сопротивление пород взрыванию постоянно по высоте уступа. Обеспечивает равномернрое дробление и пород и хорошую проработку подошвы уступа.

**Бурение скважин и** [**шпуров**](https://studopedia.ru/15_115092_zaryazhanie-shpurov-skvazhin-i-kamer.html) – процесс образования в массиве горных пород искусственных цилиндрических полостей небольшого поперечного сечения с помощью бура или другого породоразрушающего инструмента.

Процесс бурения заключается в последовательном разрушении пород на поверхности забоя скважины (шпура) и извлечении продуктов разрушения на поверхность.

3.2.3.3 Способы бурения скважин

Различают механические и немеханические способы бурения. Механические разделяют на - ударное и вращательное бурение. К немеханическим относят - термическое, гидравлическое, электроимпульсное, ультразвуковое, электрогидравлическое, электромагнитное, взрывное и др. виды бурения.

При ударном бурении разрушение пород в скважине происходит в результате последовательных ударов по её забою инструмента (буровой коронки и штанг), совершающего возвратно-поступательное движение. Перед каждым следующим ударом инструмент поворачивается на некоторый угол, обеспечивая разрушение породы по всей площади забоя.

Ударное бурение в зависимости от преобладающего вида движения бурового инструмента делится на - ударно-поворотное, ударно-вращательное и вращательно-ударное.

При вращательном бурении разрушение пород на забое скважины производится путем среза, смятия, раздавливания, скалывания и в меньшей степени истирания вращающимся под постоянным осевым давлением буровым инструментом (коронками, долотом, дробью). К вращательным способам относят – бурение резцовыми коронками, шарошечное, дробовое, алмазное.

[Ударное бурение](https://studopedia.ru/2_26168_udarnoe-burenie.html) на карьерах осуществляется станками ударно-канатного бурения и станками с погружным пневмоударником. Станки ударно-канатного бурения широко применяли на карьерах для бурения взрывных скважин диаметром 200-300 мм до начала 60-х годов. В настоящее время они полностью заменены более производительными буровыми станками ударно-вращательного бурения..

[*Ударно-вращательное*](https://studopedia.ru/17_122079_udarno-vrashchatelnoe-burenie-pnevmoudarnikami.html) бурение в варианте с погружными пневмоударниками применяют для бурения скважин диаметром 100-200 мм и глубиной до 30 м на карьерах производственной мощностью до 4 млн. м3/год при бурении высокоабразивных весьма и исключительно труднобуримых пород с f = 20., а также при вспомогательных работах в варианте штангового бурения ручными и колонковыми перфоратами для заоткостка бортов крьера, выравнивание подошвы уступов и добыче высокоценных пород исключающих их переизмельчение. Производительность бурения составляет 10÷35 м/смену.

*Вращательное  бурение скважин* осуществляется станками шнекового, шарошечного и алмазного бурения.

Станки вращательного *шнекового* бурения широко применяют для бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром 120-200 мм и глубиной до 25 м в породах ниже средней крепости (*f* ≤ 4-6), главным образом на угольных разрезах (уголь, аргиллиты, мягкие известняки) и при разработке непрочных строительных пород (мергель, мягкий известняк и др.). Производительность их 15-120 м/смену.

Станки вращательного *шарошечного* бурения применяют для бурения вертикальных и наклонных скважин в породах средней крепости и крепким диаметром 145-660 мм глубиной до 60 м.

Станки вращательного *алмазного* бурения применяют в породах с *f* = 10-20; диаметром 36÷110 мм (чаще до 76 мм)

[**Термическое**](https://studopedia.ru/5_103460_vopros--termicheskie-sposobi-bureniya-gornih-porod.html)**(огневое) бурение** получило распространение при бурении скважин диаметром 250-360 мм и глубиной до 17-22 м, главным образом, в весьма и исключительно труднобуримых кварцсодержащих породах (f >10). Оно может успешно применяться в породах с f = 10-16. Хрупкое разрушение пород происходит в результате нагрева забоя скважины сверхзвуковыми раскаленными струями и появления термических напряжении, превышающих предел прочности минерального образования.

**3.2.3.4 СТАНКИ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

**Стандарт устанавливает три подгруппы станков для открытых горных работ:**

1. СБШ — станки вращательного бурения шарошечными долотами с очисткой скважины воздухом (шарошечного бурения) — пяти типоразмеров с условными диаметрами буримой скважины от 160 до 400 мм при крепости пород f = 6÷18;

2. СБУ — станки ударно-вращательного бурения погружными пневмоударниками с очисткой скважины воздухом (пневмо-ударного бурения) — трех типоразмеров с условными диаметрами скважины — 100, 125 и 160 мм при f = 10÷20;

3. СБР — станки вращательного бурения резцовыми коронками с очисткой скважины шнеком (шнекового бурения) — двух типоразмеров с условными диаметрами буримой скважины 160 и 200 мм при f = 4÷6.

Типоразмеры станков, определяемые главным параметром, — условным диаметром пробуриваемой скважины, базируются на десятом ряде предпочтительных чисел и предусматриваются для бурения скважин диаметрами 100, 125, 160, 200, 250, 320 и 400 мм.

**Техническая характеристика шарошечных буровых станков**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | 2СБШ-200-32 | СБШ-250МНА-32 | СБШ-320-36 |
| Диаметр долота, мм | 215,9; 244,5 | 244,5; 269,9 |   |
| Глубина скважины, м |   |   |   |
| Направление бурения к вертикали, град. | 0; 15; 30 | 0; 15; 30 |   |
| Длина штанги, м |   |   | 17,5 |
| Коэффициент крепости пород *f* | 5 - 14 | более 12 | более 18 |

***3.2.3.5 Буровой инструмент***

Долота для вращательного бурения выпускают двух основных типов – режущего и шарошечного типа.

**Режущие долота** имеют две основные разновидности со съемными и не съемными режущими элементами, армируемыми пластинами или зубками из твердого сплава или, в долотах специального назначения, искусственными монокристаллами и натуральными алмазами.

Основные типоразмеры долот режущего типа изготовляются в диапазоне 149,2 – 444,5 мм. Кратные 1/2², 3/4², 7/8² Основные фирмы производители «Сендвик» (Швеция), «Дженерал Электрик», «Секъюрити» (США) и др.

По конструктивному оформлению различают: лопастные, пикообразные и шнековые долота (см. Рис. 3.5.). Для повышения износостойкости долот лопасти армируют твердым сплавом



**Шарошечные долота**изготовляются фирмами: «Секъюрити», «Бэйкер-Хьюс» (США); «Сендвик Рок Тулз» (Швеция) и др. В бывшем СССР выпускалось 13 типов шарошечных долот сплошного бурения диаметром 46 – 508 мм (ГОСТ20692-75)



**Шарошка**(рис. 3.6) – инструмент свободно сидящий на своей оси и разрушающий забой скважины при качении по его поверхности. В зависимости от типа вооружения шарошки различают: зубчатые, штыревые, дисковые, комбинированные. По форме – конические и цилиндрические. По принципу воздействия на забой – дробящие дробящие-скалывающие.

**Шарошки дробящего действия** характеризуются минимальным скольжением зубьев при перекатывании по забою и отсутствием фрезерующего действия по стенкам скважины периферийными зубьями. Различают следующие их типы: Т- для бурения твердых пород; ТЗ – твердых абразивных пород; ТК - твердых пород с пропластками крепких ТКЗ – твердых крепких абразивных пород; К – крепких пород; ОК – очень крепких пород.

**Шарошки дробяще-скалывающего действия** характеризуются увеличением скольжения зубьев при перекатывании по забою и стенкам скважины. Различают следующие их типы: М – для бурения мягких пород; МЗ - мягких абразивных пород; МС - мягких пород с пропластками пород средней твердости; МСЗ - мягких абразивных пород с пропластками пород средней твердости; С – пород средней твердости; СЗ – абразивных пород средней твердости; СТ – абразивных пород средней твердости с пропластками твердых.

**3.2.4 ВЗРЫВАНИЕ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ**

Сущность метода скважинных зарядов заключается в размещении взрывчатого вещества в наклонных или вертикальных скважинах с забойкой верхней части инертными материалами из песка, буровой мелочи или забоечного материала специального состава.

Скважины в пределах *взрывного блока* располагаются в один или несколько рядов параллельно верхней бровке уступа и размещаются друг от друга на расчетном расстоянии по прямоугольной сетке или в шахматном порядке. Расстояние от первого ряда скважин до верхней бровки уступа с должно обеспечивать безопасность размещения станка на уступе и рабочих по заряжанию скважин. Расстояние между скважинами выбирается таким образом, чтобы разрушения в массиве от каждой скважины перекрывали друг друга, не образуя «порогов» в основании уступа .

Взрывной блок при однорядном расположении скважин взрывается мгновенно или с интервалом через скважину, при многорядном — с интервалом между сериями, которые конструируются в зависимости от выбираемого способа формирования развала (рис.). Объем одновременно взрываемого блока принимается в зависимости от режима взрывных работ на карьере (один раз в смену, сутки, неделю и месяц) и производительности экскаватора в забое.

Основными параметрами взрывных работ при скважинном методе разрушения массива являются: диаметр заряда *d*; линия сопротивления по подошве *W*, которая представляет собой расстояние от нижней бровки уступа до оси заряда; расстояние между зарядами в ряду *a* ; расстояние между рядами *b* ; расстояние между верхней бровкой уступа и первым рядом скважин *c*; глубина скважины *l*; глубина перебура *l*п ; длина забойки *l*з ; длина заряда *l*зар; величина заряда *P* кг; ширина *b*р и высота развала *h*р .

Наибольшее влияние на степень дробления пород оказывает удельный расход взрывчатого вещества.

Эмпирическая зависимость между удельным расходом и степенью дробления

.

Расстояние между рядами при многорядном расположении зарядов в шахматном порядке *b* = 0,85*a* и при квадратной сетке *b* = *a*.

Минимальное значение линии сопротивления по подошве определяется из геометрических параметров уступа

.

В зависимости от линии сопротивления по подошве рассчитывается расстояние между скважинами и рядами и масса зарядов.

[*Перебур*](https://studopedia.ru/15_115083_opredelenie-velichini-perebura-i-zaboyki.html)осуществляют с целью проработки подошвы. В настоящее время ее определяют по эмпирическим зависимостям с учетом линии сопротивления по подошве и удельного расхода взрывчатого вещества

.

В практике буровзрывных работ расстояние между зарядами рассчитывают на основании эмпирических данных, при которых за критерий действия взрыва принимают качественный показатель (плохое, удовлетворительное или хорошее дробление). Расчетные зависимости для определения расстояния между скважинами и рядами следующие: *а* = (0,8÷1,4)*W*; *b* = (0,91)*W* при короткозамедленном взрывании; *b* = 0,85*W* при мгновенном взрывании и шахматном расположении скважин. Цифра перед *W* есть коэффициент сближения скважин (относительное расстояние между зарядами), который обозначается *m* . Его величина зависит от свойств массива, требуемой степени дробления, последовательности взрывания зарядов и т. п. Меньшие значения *m* применяются для трудновзрываемых пород.

***3.2.5. Взрывчатые вещества и конструкции их зарядов***

На карьерах используются следующие виды взрывчатых веществ: порошкообразные ([аммониты](https://studopedia.ru/12_20276_ammoniti.html), аммоналы, детониты); гранулированные (гранулиты, граммониты); водонаполненные (акватолы, акваниты). Некоторые взрывчатые вещества изготовляют на месте их применения, т. е. на самих карьерах. Это дешевые взрывчатые вещества, состоящие из смеси гранулированной аммиачной селитры с жидким компонентом.

Для взрывания скважин на карьерах применяют ***сплошные*** и ***рассредоточенные*** заряды.



*Сплошные* заряды могут состоять из одного типа ВВ (днородный по взрывчатому веществу заряд (рис. 4.7, *а* и *б*) или из нескольких типов ВВ.

Сплошной однородный колонковый заряд является наиболее простым и наименее трудоемким по заряжанию и поддающимся полной механизации, (кроме размещения детонирующего шнура и патрона-боевика). Для лучшего дробления породы длина колонкового заряда должна быть не менее 2/3*L*скв (длины скважины) или 0,6÷0,8 *W*.

*Сплошной колонковый заряд из разных типов ВВ* состоит из двух частей - в нижней части заряда помещают более мощное водоустойчивое взрывчатое вещество типа гранитола и алюмотола для обеспечения качественной проработки подошвы, а в верхней части—более дешевое взрывчатое вещество типа игданита, гранулита или граммонита.

Рассредоточенные воздушным, или инертным промежутком заряды применяют для рыхлении разнопрочных пород по высоте уступа. Для равномерного рыхления заряды ВВ размещают в более прочных породах а воздушные промежутки в слабых. В качестве разделителя зарядов по глубине скважин используют пыжи из поролона, бумаги, деревянных чурок, засыпку из инертного материала и полиэтиленовые мешки, заполненные водой.

При рассредоточенных зарядах каждый участок заряда ВВ взрывают своим собственным патроном боевиком с детонирующим шнуром.

[*Патрон-боевик*](https://studopedia.ru/../15_115091_izgotovlenie-patronov-boevikov.html) в каждой скважине располагается, как правило, на уровне подошвы уступа (рис. 3.7). Это обеспечивает совпадение направления детонации заряда взрывчатого вещества и направления разрушения массива, а также лучшую проработку подошвы.

Длина забойки не зависит от конструкции заряда и принимается от 20*d*скв в трещиноватых породах до 35*d*скв в крепких породах.

**3.2.6.СПОСОБЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ**

Для взрывания скважинных зарядов на карьерах применяют: - *огневой*, *электрический* и *детонирующим шнуром* способы взрывания. При огневом способе используется огнепроводный шнур с капсюлями-детонаторами (Рис. 4.8, *а*), при электрическом — электродетонаторы (Рис. 4.8, *б* и *в*). Взрывание детонирующим шнуром заряда взрывчатого вещества производится при инициировании его самого капсюлем-детонатором от огнепроводного шнура или электродетонатора.



Электровзрывание применяют для инициирования зарядов при всех методах ведения взрывных работ, но при отсутствии опасности по блуждающим токам и электромагнитной индукции. Замедление при электровзрывании осуществляется специальными электродетонаторами промежуточного или замедленного действия.

При взрывании детонирующим шнуром осуществляется замедление в 10, 20, 35 и 50 мс специальными пиротехническими замедлителями типа КЗДШ. Для одновременного зажигания группы огнепроводных шнуров применяют зажигательные патрончики диаметром 18-41 мм, представляющие собой бумажную гильзу, на дне которой помещен зажигательный состав.

Для взрывания скважинных зарядов на карьерах применяют следующие способы: *огневой, электрический* и *детонирующим шнуром*. При огневом способе используется *огнепроводный шнур с капсюлями-детонаторами*, при электрическом — *электродетонаторы.* Взрывание детонирующим шнуром заряда взрывчатого вещества производится при инициировании его самого капсюлем-детонатором от огнепроводного шнура или электродетонатора.

При инициировании детонирующим шнуром сплошного или рассредоточенного воздушным промежутком заряда возникает практически мгновенно цилиндрическое поле напряжений, которое с одинаковой скоростью распространяется до поверхности обнажения. Такой способ инициирования рекомендуется для зарядов наклонных скважин и зарядов второго и последующего рядов скважин, при короткозамедленном взрывании многорядных блоков, в которых расстояние от заряда до поверхности обнажения близко к равномерному по всей высоте уступа. Для зарядов первого ряда скважин с целью лучшей проработки подошвы уступа применяют инициирование от детонатора, расположенного в нижней части заряда.

Инициирование гранулированных и водонаполненных взрывчатых веществ из-за их низкой чувствительности к возбуждениям детонации производится от патронов-боевиков в виде небольшого заряда аммонита или специальных тротиловых, тротилтетриловых или тротилгексогеновых шашек, взрываемых непосредственно детонирующим шнуром.

Электровзрывание применяют для инициирования зарядов при всех методах ведения взрывных работ, но при отсутствии опасности по блуждающим токам и электромагнитной индукции. Замедление при электровзрывании осуществляется специальными электродетонаторами промежуточного или замедленного действия.

При взрывании детонирующим шнуром осуществляется замедление в 10, 20, 35 и 50 мс специальными пиротехническими замедлителями типа КЗДШ. Для одновременного зажигания группы огнепроводных шнуров применяют зажигательные патрончики диаметром 18-41 мм, представляющие собой бумажную гильзу, на дне которой помещен зажигательный состав.

При взрывании массива уступа скважинными зарядами ширина развала *В*р (от линии скважин первого ряда) пропорциональна удельному расходу взрывчатого вещества *q* , линии сопротивления по подошве W и высоте уступа *h*

.

При коэффициенте разрыхления *k*р = 1,2-1,4 и однорядном расположении скважин высота развала *h*p = (0,5-0,6) *h*.

(Выемочно-погрузочных операций, средства механизации и параметры выемочно-погрузочных машин. Состав производственного цикла и технологические схемы ведения работ при применении мехлопат, [драглайнов](https://studopedia.ru/4377_draglayn.h_3tml), роторных и многочерпаковых цепных экскаваторов)

Выемка и погрузка горных пород является одним из основных процессов технологии добычи полезных ископаемых открытым способом.

На рудных карьерах для выемки и погрузки горных пород чаще всего применяют машины цикличного действия — одноковшовые экскаваторы и фронтальные погрузчики. При удалении из карьерного поля мягких вскрышных пород используют также технику непрерывного действия — многочерпаковые цепные и роторные экскаваторы. Землеройно-транспортные машины (бульдозеры, колесные скреперы и т. п.) применяют на вспомогательных работах (строительство автодорог, планирование рабочих и отвальных площадок и т. д.).

**4. Выемочно-погрузочные операции в карьерах**

**4.1 РАЗРАБОТКА ГОРНЫХ ПОРОД ОДНОКОВШОВЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ.**

Выемка горных пород - отделение мягких пород от массива уступа или черпанье разрыхленных скальных пород из развала горной массы рабочим органом машины.

Погрузка горных пород — процесс перемещения пород из забоя уступа в транспортные средства или непосредственно в отвал. Выемку и погрузку горных пород выполняют, как правило, одной машиной или комплексом машин.

Наибольшее распространение на современных рудных карьерах получили одноковшовые экскаваторы типа прямых механических лопат. Их применяют для выемки и погрузки плотных, мягких, сыпучих горных пород, а также для погрузки предварительно разрыхленных полускальных и скальных горных пород.

Прямые механические лопаты-экскаваторы верхнего черпания с нижней погрузкой. При установке на экскаваторах удлиненного рабочего оборудования они могут быть использованы для верхней погрузки

**В зависимости от назначения и конструктивных особенностей одноковшовые экскаваторы разделяются на пять типов:**

- ЭС - экскаваторы строительные гусеничные и пневмоколесные с ковшом вместимостью 0,16-2,5 м3;

- ЭКСГ - экскаваторы карьерно-строительные гусеничные с ковшом вместимостью 1,25-8 м3;

- ЭКГ - экскаваторы карьерные гусеничные с ковшом вместимостью 2-20 м3;

- ЭВГ - экскаваторы вскрышные гусеничные с ковшом вместимостью 4-100 м3;

- ЭШ - шагающие драглайны с ковшом вместимостью 4-120 м3.

*Строительные экскаваторы* характеризуются универсальностью оборудования и большой маневренностью. Они оборудованы дизельным или дизель-электрическим приводом и имеют гусеничный или пневмо-колесный ход. Используются преимущественно на земляных работах в строительстве. На открытых разработках строительные экскаваторы применяются на небольших карьерах по добыче глины, песка, гравия и других строительных горных пород (производительность до 2 млн. м3 горной массы в год. На крупных карьерах их иногда используют для раздельной выемки полезного ископаемого и вскрышных пород или полезного ископаемого различных сортов, а также для вспомогательных работ.

*Экскаваторы карьерно-строительного типа* являются промежуточными между строительными и карьерными. Применяют в строительстве при выполнении больших объемов земляных работ.

*Карьерные экскаваторы ЭКГ* являются основным одноковшовым погрузочным оборудованием на открытых разработках. Они имеют ковш вместимостью от 2 до 20 м3 , гусеничный ход, многомоторный электрический привод. Карьерные экскаваторы изготовляются из высокопрочных материалов, обеспечивающих их надежную работу в любых климатических условиях при разработке тяжелых скальных пород.

*Вскрышные экскаваторы* (ЭВГ) имеют стрелу и рукоять увеличенной длины. Они предназначены, в основном, для перемещения породы во внутренний отвал без применения транспортных средств. ЭВГ с ковшом вместимостью до 15 м3 иногда применяются для погрузки горной массы в транспортные средства, расположенные выше горизонта установки экскаватора.

*Шагающие экскаваторы* - драглайны (ЭШ) в нашей стране выпускаются с ковшом вместимостью 4-100 м3 и стрелой длиной до 125 м. Они предназначены для разработки забоев, расположенных как ниже, так и выше горизонта установки экскаватора и для перевалки породы в выработанное пространство. Шагающий ход обеспечвает перемещение драглайна по насыпной породе. Давление драглайна на основание при работе около 0,1 МПа, а при шагании около 0,2 МПа.

**4.1 МЕХАНИЧЕСКАЯ ЛОПАТА**

Конструктивно механическая лопата состоит (рис.5.1.) и следующих характерных частей: 1 ходовая часть; 2 – корпус; 3 – стрела; 4 – рукоять; 5 – ковш; 6 – напорный вал.

Если ковш мехлопаты установлен открытой строной в сторону от экскаватора экскаватор называют **прямая мехлопата**. Если ковш мехлопаты установлен открытой строной в сторону экскаватора, то экскаватор называют **обратная мехлопата.**

Основными технологическими параметрами одноковшовых экскаваторов являются рабочие параметры, вместимость ковша, габариты, масса, преодолеваемый уклон, давление на основание, продолжительность рабочего цикла.

****

Рабочими параметрами мехлопат являются *радиус и высота черпания и разгрузки,* зависящие от длины рукояти и стрелы, угла наклона стрелы и размеров экскаватора.

*Радиус черпания* - *R*ч - горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до режущей кромки ковша при черпании.

*Максимальный радиус черпания R*ч max – радиус черпания, соответствующий максимально выдвинутой в горизонтальном положении рукояти.

*Минимальный радиус черпания R*ч мin - радиус черпания, соответствующий максимально подтянутому к гусенице ковшу на горизонте установки экскаватора.

*Радиус черпания на горизонте установки экскаватора R*ч у - максимальный радиус черпания на горизонте установки экскаватора когда режущая кромка ковша касается подошвы уступа.

*Высота черпания Н*ч - вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до режущей кромки ковша при черпани.

*Максимальная высота черпания Н*ч max – высота черпания при максимально поднятой и выдвинутой рукояти.

*Максимальная глубина черпания Н*к - максимальная глубина копания ниже горизонта установки экскаватора .

*Радиус разгрузки R*р *-* горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до центра ковша при выгрузке из него горной массы.

*Максимальный радиус разгрузки R*max соответствует максимально выдвинутой горизонтельно расположенной рукояти при разгрузке.

*Высота разгрузки Н*р *-* вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до нижней кромки днища открытого ковша при разгрузке.

Максимальная высота разгрузки *Н*max соответствует максимально поднятому ковшу при разгрузке.

Радиус черпания и радиус разгрузки соответствуют определенным значения *R*ч и *Н*р . Максимальные значения радиусов черпания и разгрузки не совпадают с максимальными значениями высоты черпания и разгрузки.

Рабочие параметры экскаватора ограничивают сферу его действия и определяют размеры забоя.

Габариты экскаватора определяются радиусом вращения кузова *R*к и высотой экскаватора *Н*э (см. рис. 5.1). Радиус вращения кузова определяет возможное положение экскаватора в забое и ширину проводимых траншей.

Высота экскаватора соответствует вертикальному расстоянию от горизонта установки экскаватора до верхнего края наиболее выступающей вверх несъемной его части. Она определяет возможность прохода экскаватора под препятствием (перекрытие, эстакада, ЛЭП и др.) при снятом или опущенном в транспортное положение рабочем оборудовании.

Мехлопаты массой до 1000т преодолевают подъем до 12°, а мехлопаты с большей массой - до 7°.

Мехлопата устанавливается на рабочей площадке уступа и по мере отработки заходки перемещается вперед.

**Рабочий цикл мехлопаты**:

- черпание (наполнение ковша);

- поворот к месту разгрузки;

- разгрузку породы из ковша и поворот в забой.

Выдвижение и опускание ковша для разгрузки совмещаются с поворотом экскаватора. На повороты экскаватора затрачивается примерно 55-60% времени цикла. Поэтому при уменьшении угла поворота экскаватора продолжительность его цикла уменьшается, а техническая производительность возрастает.

**Технические характеристики некоторых мехлопат**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | ЭКГ-8И | ЭКГ-10 | ЭКГ-15 | ЭКГ-5А | ЭКГ-20А |
| Емкость ковша, м3 | 8; (10) | 10; (8; 12,5) |   | 5,2; (3,2; 7) | 20; (16; 30) |
| Макс. радиус черпания на уровне стояния, м | 12,2 | 12,6 | 15,6 | 9,0 | 14,2 |
| Макс. радиус черпания, м | 18,2 | 18,4 | 22,6 | 14,5 | 23,4 |
| Макс. радиус разгрузки, м | 16,3 | 16,3 |   | 12,6 | 20,9 |
| Макс. высота черпания, м | 12,5 | 13,5 | 16,4 | 10,3 |   |
| Время цикла, с |   |   |   |   |   |

**4.1.2 ДРАГЛАЙН**

Рабочими параметрами драглайна являются *радиус черпания R*ч*, глубина черпания Н*ч*, радиус разгрузки R*р*, высота разгрузки Н*р (рис. 5.2). Они зависят от длины стрелы и угла ее наклона. Различают радиус *R*ч черпания без заброса ковша и радиус черпания с забросом ковша *R*ч з. Дальность заброса ковша зависит от модели драглайна и квалификации машиниста и изменяется в пределах 2,5-15 м. Угол отклонения подъемного каната от вертикали при забросе ковша составляет 12-15°.

*Глубина* Нч *черпания -* вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до нижней площадки разрабатываемого уступа (дна выработки). Глубина черпания зависит от длины и угла наклона стрелы, установки драглайна в забое, физических свойств пород, длины канатов, квалификации машиниста. Угол наклона стрелы составляет 30-35 . Уменьшение угла наклона ведет к увеличению радиуса и глубины черпания драглайна.

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image076.gif |

***Рабочий цикл драглайна***:

- заброс ковша в забой;

- установка ковша в рабочее положение;

- черпание (наполнение ковша);

- выведение ковша из забоя;

- поворот к месту разгрузки;

- разгрузка;

- поворот к забою.

Совмещение операций. Операции опускания ковша в забой и выведения его из забоя совмещаются с поворотом экскаватора. При перемещении породы в отвал с поворотом на 360° разгрузка ковша производится без остановки экскаватора для перемены направления поворота.

**Технологические параметры шагающих экскаваторов-драглайнов приведены в табл. 4.2.**

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | Драглайны |
| ЭШ - 6,5/45 | ЭШ - 10/60 | ЭШ - 15/ 90А | ЭШ - 20/90 | ЭШ - 40/85 | ЭШ - 100/120 |
| Вместимость ковша, м3 | 6,5 |   |   |   |   |   |
| Длина стрелы, м |   |   |   |   |   |   |
| Максимальный радиус черпания, м | 43,5 |   | 83,2 |   |   |   |
| Максимальная глубина черпания, м |   |   | 42,5 | 42,5 |   |   |
| Максимальная высота разгрузки, м | 19,5 |   | 37,8 | 38,5 |   |   |
| Максимальный радиус разгрузки, м | 43,5 |   | 83,2 |   |   |   |
| Масса экскаватора, т |   |   |   |   |   |   |
| Давление на основание (при работе), МПа | 0,059 | 0,084 | 0,09 | 0,115 | 0,127 | 0,24 |
| Преодолеваемый подъем, градусы |   |   |   |   |   |   |
| Продолжительность цикла (при угле поворота 135°), с |   |   |   |   |   | 63-69 |
| Установленная мощность двигателей, кВт |   |   |   |   | 3x2250 | 4x3550 |

**4.2 ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЕМКИ ПОРОД И ПАРАМЕТРЫ ЗАБОЕВ МЕХЛОПАТ**

Рабочим местом экскаватора является забой. Параметры и форма забоя зависят от параметров экскаваторов и характеристики горной массы. При выемке горной массы мехлопатами различают следующие типы забоев: торцовый (боковой), тупиковый (траншейный) и фронтальный (рис.4.3).

Торцовый забой (рис 4.3, а) обеспечивает максимальную производительность экскаватора, что объясняется небольшим средним углом поворота к разгрузке (не более 90°), удобной подачей транспортных средств под погрузку и минимальными простоями при перемещении и наращивании транспортных коммуникаций.



Тупиковый (траншейный) забой (рис. 4.3, *б*) применяется при проведении траншей в основном при использовании автомобильного и конвейерного транспорта. В случае проведения траншей с использованием железнодорожного транспорта экскаватор, как правило, работает с верхней погрузкой.

При фронтальном забое (рис. 4.3, *в*) средний угол поворота экскаватора составляет 120-140°. Поэтому фронтальный забой применяется редко (при отработке разнородных заходок с использованием автотранспорта).



В торцевом и траншейном забоях мехлопаты могут работать: - с погрузкой горной массы, в средства танспорта на горизонте стояния экскаваторе (рис. 4.4, *а* и 4.5, *а*); - с погрузкой горной массы в транспортное средство выше горизонта установки экскаватора (рис. 4.4, *б* и 4.5, *б*); - с разгрузкой в отвал или борт выработки (рис. 4.4, *в* и 4.5, *в*).



Схемы разработки забоев, их формы и размеры зависят от механических свойств разрабатываемых пород. В мягких породах профиль забоя соответствует траектории движения ковша. Вследствие этого забой имеет крутой откос (угол откоса 70-80°). Высота *h* разрабатываемого уступа по условию обеспечения безопасности не должна превышать максимальной высоты черпания экскаватора *Н*ч max, т.е. *h* < *Н*ч mах. Если это условие не соблюдается, в верхней части уступа будут создаваться нависи, могущие при обрушении вызвать повреждение экскаватора.

Высота разрабатываемого уступа в разрушенных скальных и полускальных породах не должна превышать максимальной высоты черпания экскаватора *Н*ч mах более чем в 1,5 раза. При этом высота развала при одно- и двурядном взрывании не должна превышать максимальную высоту черпания экскаватора, а при многорядном взрывании - полуторную максимальную высоту черпания.

Минимальная высота уступа должна обеспечивать наполнение ковша за одно черпание. Для экскаваторов ЭКГ-5, ЭКГ-8 она находится в пределах 2,5-3,5 м. Для обеспечения условий наполнения ковша за одно черпание часто применяют операцию «окучивание развала», при которой ковшевыми погрузчиками или строительными экскаваторами породы в краевой части развала перемещают на навал.

При работе мехлопаты с верхней погрузкой в транспортные средства высота уступа ограничивается высотой и радиусом разгрузки (рис. 4.6).



**Высота уступа (м) определяется по формулам:**

- по условию использования максимальной высоты разгрузки



где: *h*в - высота транспортного средства, м;

*a* = 0,7 ÷ 1- безопасный зазор между кузовом и ковшом в момент разгрузки, м;

|  |
| --- |
| https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image088.jpg |

- по условию полного использования радиуса разгрузки

**где**: *R* - радиус разгрузки при максимальной высоте разгрузки, м;

*С* ≥ 3 - минимальное расстояние от оси пути до верхней бровки уступа, м;

*а* - угол откоса уступа, градусы.

При верхней погрузке в устойчивых породах *(а* = 60 ÷ 7O0) высота уступа ограничивается высотой разгрузки, а в мягких неустойчивых породах (*а* = 30 ÷ 450) - радиусом разгрузки.

*Схемы работы вскрышных экскаваторов с верхней погрузкой* широко применяются при проведении траншей и нарезке новых горизонтов.

Верхняя погрузка позволяет повысить скорость проведения траншей и улучшить использование оборудования (особенно при работе экскаваторов в комплексе с железнодорожным транспортом). Однако, при верхней погрузке производительность экскаваторов уменьшается на 20-30%, а затраты на экскавацию увеличиваются примерно в 1,5 раза. Снижение производительности объясняется увеличением продолжительности цикла при верхней погрузке, а увеличение затрат вызвано большими амортизационными отчислениями при эксплуатации мощных экскаваторов.

Максимальная ширина забоя определяется радиусом *R*ч.у черпания экскаватора на горизонте установки. При работе боковым забоем по условиям черпания ширина внутренней части забоя не должна превышать этого радиуса. Во внешней части забоя порода эффективно захватывается ковшом при угле поворота 30—40°, т.е. ширина внешней части забоя должна находиться в пределах (0,5÷0,7)*R*ч.у, (см. рис. 5.5). Таким образом, **по условиям эффективного черпания ширина забоя в мягких и разрушенных взрывом породах должна составлять (1,5÷1,7) *R*ч.у**. Обычно ширина торцового забоя в мягких породах принимается равной 1,5 *R*ч.у.

Ширина тупикового забоя, как правило, составляет 2 *R*ч.у. Если возникает необходимость иметь более широкий тупиковый забой, экскаватор передвигается зигзагообразно или забой разрабатывается короткими поперечными заходками.

*В условиях мягких пород*, разрабатываемых боковым забоем с использованием железнодорожного транспорта, рельсовые пути располагаются параллельно уступу на расстоянии (0,8 ÷ 0,9) *R*р.max от оси экскаватора.

При применении автомобильного транспорта возможна работа заходками шириной 50 м и более, такие заходки называют панелями (рис. 4.7).

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image090.gif |

Автосамосвалы под погрузку могут устанавливаться сбоку от экскаватора и позади него.

Погрузка на ленточные конвейеры осуществляется через бункер-питатель, располагаемый сбоку или позади экскаватора (рис. 4.7,*б*). В этом случае экскаватор перемещается относительно бункера-питателя по дуге радиусом *R*р, а ширина экскаваторной заходки А.к определяется по формуле

*А*к. = 1,7*R*ч.у + 2*k*р.р *R*р

где *kр р* = 0,8-0,9 - коэффициент использования радиуса разгрузки *R*р.

*В разрыхленных скальных породах* профиль забоя устанавливается соответственно углу их естественного откоса. Забой имеет неодинаковую высоту по ширине развала взорванных пород. Ширина развала зависит от высоты уступа, ширины заходки по целику, взрываемости пород, параметров буровзрывных работ и схемы взрывания. В практике ширина развала изменяется в пределах (1,3 - 5) *h*у.

Схемы выемки и погрузки скальных пород зависят от вида применяемого транспорта. При использовании железнодорожного транспорта применяются следующие схемы выемки и погрузки:

*- при сотрясательном взрывании сильнотрещиноватых полускальных пород* развал взорванной породы отрабатывается одной заходкой (рис. 4.8, *а*).

Взрывные работы производятся перед укладкой железнодорожного пути или после его укладки. Это возможно при условии, если ширина (м) развала



где *С*' = 2,5÷З - расстояние между нижней бровкой развала и осью пути, м.

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image094.gif |

*при взрывании среднетрещиноватых полускальных и реже скальных пород* развал отрабатывается двумя заходками (см. рис. 4.8, *б*). После отработки первой заходки путь переносится на новую трассу и отрабатывается вторая заходка, затем взрывается новый блок.

**Ширина развала в этом случае определяется по формуле:**



где *А* – шаг переукладки пути, м

*- при многорядном взрывания скальных пород* ширина развала составляет 50-70 м. Развал в этом случае отрабатывается несколькими заходками. Пути перед взрывом убираются за пределы предполагаемого развала или вывозятся за пределы взрываемого блока.

При автомобильном транспорте отработка развала взорванной породы может осуществляться *узкими заходками* шириной *А*з = (0,5 ÷ 1,0)*R*ч.у , *нормальными заходками* шириной *А*з = ( l,5 ÷ 1,7)*R*ч.у и *широкими заходками* (панелями).

В случае использования конвейерного транспорта погрузка взорванной массы осуществляется через бункера-питатели, оборудованные колосниковыми грохотами. При значительной крупности горной массы используются передвижные дробильные агрегаты. Для уменьшения числа передвижек забойных конвейеров применяются конвейерные перегружатели.

**4.3ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЕМКИ ПОРОД И ПАРАМЕТРЫ ЗАБОЕВ ДРАГЛАЙНОВ**

Драглайн может разрабатывать породы торцовым и тупиковым забоями. При этом он может располагаться на кровле уступа, промежуточной площадке и почве уступа (рис. 4.9).

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image098.gif |

В случае расположения драглайна на кровле уступа горная масса разгружается в отвал или в транспортные средства.

Забой драглайна имеет криволинейный профиль, соответствующий траектории движения ковша. Возможная высота забоя определяется паспортной глубиной черпания, углом откоса забоя и местом установки драглайна. Максимальная ширина (м) заходки





где w1 = 300 ÷ 450 ; w2 *=* 300 ÷ 450 - угол поворота драглайна от оси его хода соответственно в сторону массива и выработанного пространства (рис. 4.10), градусы.

При работе в отвал w1= 0. Тогда общий угол поворота драглайна при черпании w *=* w2 *=* 30 ÷ 45°. Угол поворота драглайна для разгрузки не превышает 90°. Тогда ширина (м) заходки



Для драглайнов ЭШ-4/45, ЭШ-8/60, ЭШ-15/90, ЭШ-90/100 ширина заходки равна соответственно 23, 29, 42, 47 м.

Схема с расположением драглайна на промежуточной площадке применяется при использовании мощных драглайнов с ковшом вместимостью 8-10 м3 и более с целью одновременной отработки более высокого уступа, так как ось хода драглайна смещается ближе к отвалу. Угол откоса забоя при разработке верхнего подуступа для предотвращения скольжения ковша не должен превышать 25°.

**Высота верхнего подуступа должна удовлетворять условию:**

h у.в. ≤ (0,7 ÷ 0,8)*Н*р .

Производительность драглайна при верхнем черпании, как правило, на 10-15% ниже, чем при нижнем черпании.

На почве уступа драглайн располагают редко, в основном при разработке неустойчивых пород.

Драглайны составляют около 15% парка одноковшовых экскаваторов в стране. Ими выполняется около 15% объемов горных и земляных работ. На карьерах они в основном применяются для перевалки пород в выработанное пространство.

**4.4.ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭКСКАВАТОРЫ**

Гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием прямой (рис. 4.11) и обратной мехлопаты имеют шарнирно закрепленную к корпусу стрелу на которой также шарнирно закреплена рукоять с шарнирно закрепленным на ней ковшом, управление которыми осуществляется гидравлическими цилиндрами, питаемыми от маслонасосной станции экскаватора. Гидравлические экскаваторы имеют поворотную платформу и механизм хода. Выпускаются в вариантах: - прямой (ЭГ) и обратной (ЭГО) лопаты.



Гидравлические экскаваторы выпускаются с ковшом вместимостью 2,5 ÷ 20 м3, массой 60 ÷ 500 т, усилием копания 200 ÷ 125 кН.

**Основными преимуществами гидравлических экскаваторов по сравнению с мехлопатами. являются:**

- дополнительная степень свободы рабочего оборудования (одновременная подвижность стрелы, рукояти и ковша), обеспечивающая получение регулируемой траектории черпания и слоевую (сверху вниз) разработку пород;

- меньшая (в 1,5-2,5 раза) удельная (на 1м3 вместимости ковша) металлоемкость конструкции;

- большее (реализуемое на зубьях ковша) усилие копания;

- быстрый монтаж (демонтаж) рабочего оборудования, позволяющий использовать на одной машине различные его конструкции, что обеспечивает в заданный момент соответствие технологических параметров экскаватора условиям разработки.

**Обратные гидравлические мехлопаты по сравнению с прямыми мехлопатами имеют следующие преимущества:**

- большой радиус черпания на уровне стояния экскаватора;

- возможность верхнего и нижнего черпания и погрузки транспортных средств на уровне стояния экскаватора, ниже и выше него;

- лучшую возможность селективной выемки пород при установке экскаватора на кровле разрабатываемого уступа и возможность выемки из-под слоя воды.

**Обратные гидравлические мехлопаты по сравнению с прямыми мехлопатами имеют следующие преимущества:**

- большой радиус черпания на уровне стояния экскаватора;

- возможность верхнего и нижнего черпания и погрузки транспортных средств.

**Техническая характеристика карьерных гидравлических экскаваторов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | ЭГ-6 | ЭГ-10 | ЭГ-15 | ЭГО-8 | ЭГ-20 |
| Емкость ковша, м3 | 6; (5) | 10; (8) | 15; (12) | 8; (6) | 20; (16) |
| Макс. радиус копания , м |   |   |   | 21,8 |   |
| Глубина копания, м | - | - | - |   | - |
| Высота копания, м |   |   |   | 16,7 |   |
| Высота выгрузки, м | 8 - 9 |   |   | 12,5 | 14,8 |
| Расч.производительность,млн.м3/год | 2,1 | 3,4 | 4,7 | 2,5 | 5,85 |
| Время цикла, с |   |   |   |   |   |

**4.5 ОДНОКОВШОВЫЕ ПОГРУЗЧИКИ**

Одноковшовые погрузчики применяют для выемочно-погрузочных и, реже, при небольших расстояниях перемещения, для транспортных работ.

Отечественные погрузчики имеют ковши грузоподъемностью 2; 3,2; 5 т; импортные - 10; 15; 25 и 40 м3.

Погрузчики выпускают на гусеничном и пневмоколесном ходу. По степени поворота ковша различают погрузчики неповоротные (фронтальные), полуповоротные и полноповоротные. На карьерах наибольшее распространение получили фронтальные погрузчики на пневмоколесном ходу. По сравнению с одноковшовыми экскаваторами они характеризуются меньшей металлоемкостью; снижением динамических нагрузок на кузов автосамосвала при погрузке скальных пород; мобильностью.

Погрузчиками производят выемку мягких пород непосредственно из массива и механически разрушенных или взорванных пород из развала, а также при необходимости для «oкучивания» развала пород при выемке взорванных пород мехлопатами. В комплексе с погрузчиками, как правило, применяют автомобильный транспорт.

**4.6 Многоковшовые экскаваторы**

Многоковшовые экскаваторы по конструкции рабочего органа делятся на цепные и роторные.



4.6.1. ЦЕПНЫЕ МНОГОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

У цепных многоковшовых экскаваторов (рис. 5.12) рабочим органом является ковшовая цепь, которая движется по направляющей раме.

Рама одним концом шарнирно соединена с корпусом, а другой ее конец подвешен к стреле. Угол наклона рамы меняйся с помощью канатной подвески. При движении по забою ковши наполняются и перемещают породу к верхнему барабану, где они раз разгружаются в бункер. Из бункера порода поступает в вагоны или на разгрузочный конвейер. Вместимость ковша 250-4500 л. На карьерах они в основном применяются для перевалки породы в выработанное пространство.

Цепные многоковшовые экскаваторы выпускают:

· - на железнодорожном, гусеничном и пневмоколесном ходу. Пневмоколесным ходом снабжаются только малые модели. Рельсовые пути для передвижения многоковшовых экскаваторов укладываются совместно с путями для подвижного состава на общих шпалах. При холостом ходе экскаваторы способны преодолевать уклон до5°/00, а при рабочем - 2,5—3°/00.

· с электрическим дизель-электрическим и дизельным приводом. Небольшие модели снабжаются дизельным приводом.

· с одной ковшовой цепью

· с ковшовым, фрезерно-ковшовым исполнительным органом

· для верхнего или нижнего черпания, а также для последовательного верхнего и нижнего черпания. При верхнем черпании уменьшается расход энергии на подъем и резание породы. Экскаваторы нижнего черпания рационально использовать при разработке плотных глинистых пород.

· неповоротными, неполно- и полноповоротными. У полноповоротных экскаваторов верхняя часть с направляющей рамой может поворачиваться на 360°, что обеспечивает возможность попеременной разработки уступа верхним черпанием с одной рабочей площадки.

· с портальной и боковой разгрузкой. Портальная разгрузка применяется при погрузке в средства железнодорожного транспорта.

· с одной черпаковой рамой только для нижнего или верхнего черпания; с двумя независимыми рамами для одновременного верхнего и нижнего черпания с нижней разгрузкой

· с жесткой или шарнирной направляющей рамой. Экскаваторы с жесткой рамой применяются для валовой выемки, а с шарнирной - для раздельной выемки.

· с планирующим звеном и без него.

Многочерпаковые цепные экскаваторы применяются на угольных и марганцевых карьерах, на вскрышных работах железорудных карьеров, предприятиях горно-химического сырья, а также на карьерах стройматериалов.

Технологическая характеристика многоковшовых цепных экскаваторов приведена в табл. 4.3.

Таблица 4.3.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель  | Многоковшовые цепные экскаваторы  |
| D=560  | D=800  | Ds=1120  | D=1600  | D=2240  | D=3150  | D=4500  |
| Теоретич. производит. м3 /ч  |  |  |  |  |  |  |  |
| Высота черпания, м  |  |  |  |  |  |  |  |
| Глубина черпания, м  | 17,5  | 20,5-23,5  | 17-20  |  | 20-23  | 25-27  |  |
| Вместимость ковша, л  |  |  |  |  |  |  |  |
| Давление на основание, МПа  | 1,35  | 1,38  | 1,89  | 1,25  | 1,5  | 1,7  | 1,7  |
| Скорость передвижения, м/мин  | 3-8  | 5-15  | 2,8-9  | 2-6  | 4-8(12)  | 2-6  | 3-9  |
| Масса, т  |  |  |  |  |  |  |  |

Основными типами забоев многочерпаковых цепных экскаваторов являются продольный и торцовый.

Выемку породы в продольном забое производят экскаваторами на рельсовом ходу. При этом забой располагают либо вдоль всего фронта горных работ на уступе, либо делят на отдельные блоки, породу в которых вынимают последовательно. При такой схеме отработки уступа цепной экскаватор непрерывно перемещается вдоль его откоса. Толщина стружки для экскаваторов средней мощности составляет в среднем для песков 10—15 см, для глины 5—8 см.

Высота уступа при многочерпаковых цепных экскаваторах зависит от длины черпаковой рамы и угла откоса уступа. Как правило, она обычно не превышает 30 м при верхнем и 40 м при нижнем черпании.

Выемку породы в продольном забое цепного экскаватора осуществляют *одиночными параллельными стружками, многорядными параллельными стружками, треугольными стружками по вееру*.

Одиночные параллельные стружки отрабатывают неповоротными цепными экскаваторами с жесткой черпаковой рамой без планирующих звеньев. Отработка многорядными параллельными стружками наиболее рациональна для экскаваторов нижнего черпания при наличии выдвижной черпаковой рамы. Выемку треугольными стружками по вееру осуществляют за счет постепенного опускания первоначально расположенной горизонтально черпаковой рамы.

При отработке уступа продольными забоями передвижка рельсовых путей вслед за подвиганием фронта работ осуществляется: при параллельных стружках непрерывно — путепередвигателями непрерывного действия, а при треугольных стружках по вееру периодически — с помощью путепередвигателей цикличного действия.

Торцовые забои отрабатывают миогочерпаковыми цепными экскаваторами на гусеничном ходу с верхними и нижними планирующими звеньями. В этих условиях выемку породы производят при повороте экскаватора вокруг вертикальной оси и срезанием стружки по вееру при последовательном опускании черпаковой рамы. Максимальная ширина заходки торцового забоя составляет: при нижнем черпании *А*н= (3 ÷ 3,5)*Н*у, при верхнем — *А*в= (3,5 ÷ 4)*Н*у, где *Н*у — высота отрабатываемого уступа.

4.6.2. РОТОРНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

У роторных экскаваторов (рис. 4.13) рабочим органом является роторное колесо с ковшами, установленное на конце роторной стрелы. При вращении роторного колеса ковши, срезая стружку породы, заполняются и разгружаются на конвейер, расположенный на стреле экскаватора сбоку от роторного колеса. Далее порода поступает на разгрузочный конвейер и в транспортные средства.

Рабочий орган роторного экскаватора имеет от 6 до 12 ковшей, которые снабжены зубьями, армированными твердыми сплавами и по сравнению с рабочим органом цепного экскаватора имеет следующие преимущества: - операции черпания и перемещения породы на разгрузку выполняются раздельно; - усилия черпания в 1,5-2 раза выше, чем у цепного; - выше надежность и К.П.Д.

|  |  |
| --- | --- |
| https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image110.jpg   | Рис. 4.13. Схема роторного экскаватора: 1 - роторное колесо; 2 - стрела; 3 - гусеницы; 4 - разгрузочная консоль; 5 - противовес; 6 -поворотная платформа    |

Роторные экскаваторы выпускаются малой производительности (до 630 м3/ч), средней (630-2500 м3/ч), большой (2500-5000 м3/ч и более).

По удельному усилию черпания (на 1 см режущей кромки ковша) различают экскаваторы с нормальным усилием черпания (600-900 Н/см) и с повышенным (1200-2100 Н/см). Экскаваторы с повышенным усилием черпания используются для разработки каменного угля, полускальных и мерзлых пород.

Различают роторные экскаваторы верхнего и нижнего черпания. Максимальная высота черпания определяет высоту разрабатываемого уступа. У современных экскаваторов она не превышает 50 м. Максимальная глубина черпания не превышает 10 м.

Роторные экскаваторы бывают с невыдвижной и выдвижной стрелой. Экскаваторы с невыдвижной стрелой имеют на 20-25% меньшую массу и более надежны. Однако при раздельной разработке забоев на добычных работах наиболее приемлемы экскаваторы с выдвижной стрелой. Максимальное выдвижение стрелы составляет 25-31 м.

Ход роторных экскаваторов бывает гусеничный, шагающе-рельсовый, рельсово-гусеничный. Шагающе-рельсовый ход имеют мощные экскаваторы с невыдвижной стрелой. Шагающе-рельсовый ход по сравнению с гусеничным позволяет повысить проходимость и улучшить маневренность экскаватора благодаря возможности поворота на месте на любой угол. Малые экскаваторы, большинство средних и некоторые мощные имеют гусеничный ход. Малые и средние модели массой до 600 т имеют ход из двух гусеничных тележек. Мощные экскаваторы выпускаются многогусеничными.

Технологические параметры отечественных роторных экскаваторов

*Таблица 4.4*

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели  | Роторные экскаваторы  |
| ЭРГ-400  | ЭР-1250  | ЭР-1250Д  | ЭРШР-1600  | ЭРШРД-5000  | ЭРШР-12500  |
| Теоретич. производительность (в рыхлой массе), м3/ч  |  |  |  |  |  |  |
| Высота черпания, м  |  |  |  |  |  |  |
| Глубина черпания, м  | 1,5  | 1,5  | 1,5  |  |  |  |
| Диаметр роторного колеса, м  | 6,43  | 6,45  | 6,45  | 16,3  |  |  |
| Вместимость ковша, м3  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 1,6  |  | 3,5  |
| Ширина ленты конвейера, м  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |  |  | 2,8  |
| Давление на основание, МПа  | 0,108  | 0,135  | 0,135  | 0,12-0,17  | 0,125-0,175  | 0,25  |
| Скорость передвижения, м/мин  | 2,9-5,8  | 6,25  | 6,25  |    |    |    |
| Масса, т  |  |  |  |    |    |    |
| Установленная мощность электродвигателей, кВт  |  |  |  |    |    |    |

4.7. **ВЫЕМКА ПОРОД СКРЕПЕРАМИ**

***Скрепер*** – самоходная землеройно-транспортная машина ковшового типа циклического действия, выполняющая послойное черпание, перемещение и послойную или совместную выгрузку горных пород.

Экономичны при выемке мягких и механически разрыхленных плотных и полускальных пород (Пэ <3) и дальности транспортирования до 2-3 км.

Выпускаются: самоходными и прицепными с ёмкостью ковша от 3 до 25 м3 (3, 4,5, 7, 8, 8,8, 15, 25, 25,5 м3).

Конструктивно колесный прицепной скрепер (рис. 4.14) состоит из: 1 – тягач (базовый тягач) БелАЗ-531; 2 – передок; 3 – ковш; 4 – задняя силовая установка (для 2-х моторных скреперов); 5 задняя подвижная стенка; 6 заслонка.

По способу загрузки ковша – скребковые и элеваторные.

Мощность двигателя от 59 до 265 кВт.

Коэффициент использования η = 0,8 ÷ 0,85.

Скреперными забоями являются: - площадка, продольный откос, или торец уступа.

В первом случае выемку веду горизонтальными слоями, в остальных случаях, наклонными (обычно под углом 5-60 ).

В сыпучих породах выемку ведут на подъём до 50.

Рабочий цикл колесного скрепера: - загрузка (рис.4.15, *а*); - транспортирование (рис. 4. 15, *б*); - разгрузка (рис. 4.15, *в*).



При движении скрепер должен находится не ближе 2 м от бровкиоткоса. При разгрузке не должен передвигаться назад под откос.

Уклон съездов в грузовом направлении - с тягачем до 150, в порожняковом направлении не долее 250.

Загрузка мощных скреперов осуществляется, как правило, с подталкиванием их бульдозером. Загрузка ковша скрепера, как правило, с «шапкой»

Максимальная скорость движения самоходного скрепера: -груженного – 20 – 30 км/час; - порожнего – 40 – 60 км/час. Прицепного – 7-10 км/час.

Прицепные скреперы из-за малой скорости движения применяют при дальности транспортирования до 400-500 м.

Толщина стружки: - в песчаных породах – 0,2-0,3 м; - в плотных и разрушенных -0,1-0,15 м.

Отсыпка скреперных отвалов – слоями толщиной от 0,2 - 0,3 м до 2-3 м. (лучше под уклон 10 - 20 ‰.

**4.8 ВЫЕМКА ПОРОД БУЛЬДОЗЕРАМИ**

**Бульдозер –**гусеничный или колесный тягач, оборудованный лемехом.

Может производить выемку, перемещение и складирование.

По мощности базового тягача подразделяются на: - сверх мощные (более 250 кВт); - мощные (110-250 кВт); - средние (75-110 кВт); - легкие (25-60 кВт).

Лемех бульдозера может быть неповоротным и поворотным, по форме – прямые; U-образные; полу U-образные; буксировочные.

Забой бульдозера: - площадка, продольный или торцевой откос уступа.

Цикл – зарезка горизонтального или наклонного слоя выемки, набор породы в призму волочения, перемещение призмы волочения и разгрузка.

Управление лемехом – канатное или гидравлическое.

Для уменьшения потерь при породы при транспортировании бульдозер многократно проходит по одной полосе шириной 3,5 4,0 м, формируя по краям полосы породные валы шириной 0,7 – 1,0 м. образуется траншея глубиной 0,6 – 0,7 м.

Бульдозеры применяют: для зачистки пластов полезного ископаемого; планировки рабочих площадок, для выполнения вскрышных работ (при небольшой мощности), для уборки растительного слоя, подгребания взорванной горной массы, Понижения высоты уступа, валки леса, расчистки снега и на отвальных работах

(Назначение карьерного транспорта. Виды карьерного транспорта. Технология перемещения карьерных грузов железнодорожным, автомобильным, конвейерным икомбинированным транспортом. Принципы выбора вида карьерного транспорта.)

Перевозка горной массы в карьерах относится к основным производственным процессам открытых горных работ, который наряду с буровзрывными и выемочно-погрузочными работами определяет технологию открытой добычи полезных ископаемых.

Особенности карьерного транспорта, отличающих его от транспорта общего назначения:

· пункты погрузки и разгрузки постоянно меняют свое положение, следуя за фронтом горных работ, что требует периодического перемещения транспортных коммуникаций и оборудования;

· путь транспортирования из карьера и в карьер, как правило, прокладывается под большим уклоном в силу минимизации капитальных затрат на вскрытие месторождения.

Основное распространение на отечественных и зарубежных карьерах получили *железнодорожный, автомобильный и конвейерный транспорт*, применяемые как самостоятельные виды, так и в комбинациях. В более ограниченных масштабах используют гидравлический и скиповой.

Карьерный транспорт подразделяют на *цикличный* (железнодорожный; автомобильный (скиповые подъемники); *непрерывный* (поточный—конвейерный, гидравлический); *комбинированный* (различные сочетания цикличного и непрерывного видов транспорта).

Принятый вид карьерного транспорта должен обеспечивать выполнение запланированного грузооборота; минимальное расстояние транспортирования; максимальную производительность выемочно-погрузочного оборудования; возможность (при необходимости) селективной выемки полезного ископаемого; безопасность работ; минимальную себестоимость перевозки.

**5. КАРЬЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ**

5.1. Ж.Д. ТРАНСПОРТ

Ж.д. транспорт целесообразно применять на карьерах с большим годовым грузооборотом ( 25 млн.т и более) при длине транспортирования 4 км и более.

Достоинства ж.д.: - возможность использования любых видов энергии и типов локомотивов; - небольшой расход энергии в следствие малого удельного сопротивления движению по рельсовым путям ((40¸70)Н на 1 т массы поезда); - большая производительность при любом расстоянии перевозок: - возможность автоматизации движения; - высокая надежность; - малые эксплуатационные расходы; - значительный срок службы (до 20¸25 лет); - затраты на 1 т.км перевозки в 4¸6 раз ниже чем при конвейерном и автомобильном транспорте.

Недостатки ж.д.: - большие первоначальные капитальные затраты на строительство карьера из-за большой протяженности и объема капитальных траншей; - трудоемкость работ по перемещению и содержанию путей; - жесткие требования к профилю и плану пути (длина фронта работ в уступе не менее 500¸600 м, радиус кривых – не менее 100¸120 м, уклон пути - 25¸30, реже 40¸55‰); - сложная технология и организация отвальных работ.

***Подвижной состав***. Это вагоны и локомотивы РЖД с шириной колеи 1520 мм. Для перевозки пород при экскаваторной погрузке используют открытие вагоны типа «*гондола*» грузоподъемностью 60¸90 т, частично, типа «*хоппер*» (имеют наклонные стенки и разгружаются через люки, расположенные ниже рамы вагона) грузоподъемностью 60 т и *думпкары* с одно и двухсторонней разгрузкой (Рис.6.1).

*Думпкар* – полувагон, разгружающийся путем поворота кузова относительно своей продольной оси с использованием пневмоцилиндров, от поездной магистрали сжатого воздуха.

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image116.gif |

Думпкары рассчитаны на падение крупных кусков породы массой 3¸5 т в высоты 1,5¸3 м (3¸3,5 т при высоте разгрузки (*h*р) от дна вагона - 2¸2,5 м и 5¸6 т при *h*р ≤ 0,5 м.).

Технологические характеристики подвижного состава: грузоподъемность, вместимость, коэффициент тары, нагрузка на ось, нагрузка на 1 м пути.

*Грузоподъемность* – максимальная масса груза, которая может быть погружена в вагон.

*Вместимость* – геометрический объем кузова вагона. При погрузке «с шапкой» объем перевозимой горной массы может на 20¸25% его геометрический объем.

По условиям прочности и загрузки вместимость думпкара должны быть в 4¸6 раз больше емкости ковша экскаватора.

*Коэффициент тары* – отношение массы вагона (qт) к его грузоподъемности (qв)



Степень использования грузоподъемности вагона определяется коэффициентом его загрузки (*k*заг).



где *Е*в – вместимость вагона, м3,

*γ*н – насыпной вес горной массы, т/м3.

,

*γ*ц – плотность породы в целике, т/м3;

*k*р – коэффициент разрыхления породы в вагоне.

*Нагрузка на ось* – часть общего веса вагона (тара и полезный вес), приходящаяся на каждую ось.

*Нагрузка на 1 м пути* – отношение общего веса вагона к его длине.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели  | Модели думпкаров  |
| 6ВС-60 (Модель 31-638)  | 7ВС-60 (Модели 31-656 и 31-661))  | ВС-85  | 2ВС-105  | ВС-145 (Модель 34-667)  | ВС- 145 (Модель 34-669)  | 2ВС-180  |
| Грузоподъемность, т  |  |  |  |  |  |  |  |
| Масса вагона, т  |  |  |  | 48,5  |  | 74,5  |  |
| Вместимость кузова, м3  |  |  |  |  |  |  |  |
| Число осей  |  |  |  |  |  |  |  |
| Нагрузка на ось, кН  | 212,7  | 214,9  |  |  | 273,2  | 272,6  |  |
| Длина по автосцепкам, м  | 11,83  | 11,83  | 12,17  | 14,9  | 17,63  | 17,63  | 17,58  |
| Ширина, м  | 3,21  | 3,2  | 3,52  | 3,75  | 3,5  | 3,38  | 3,46  |
| Высота, м  | 2,87  | 2,99  | 3,34  | 3,21  | 3,63  | 3,49  | 3,87  |
| Коэффициент тары  | 0,45  | 0,468  | 0,41  | 0,46  | 0,538  | 0,537  | 0,38  |
| Число разгрузочных цилиндров  |  |  |  |  |  |  |  |

**Локомотивы** – электровозы, тепловозы и тяговые агрегаты.

Характеризуются: - мощностью, силой тяги, расчетой и сцепной массой, давлением на ось и проходимости по крывым.

Мощность локомотива в кВт



где *F* – индикаторная сила тяги, кН;

*v* – скорость движения, км/ч;

*η* – КПД передачи от двигателя к ведущим колёсам.

Сцепная масса локомотива *Q*сц – часть массы, приходящаяся на движущую ось. (У электровозов и мотовозов все оси движущие)

Электровозы постоянного тока распространены на карьерах производительностью более 20 млн.т. Масса – 100-150 т; КПД – 14-16%. **Способны преодолевать уклоны до 40‰,**радиусы кривых до 80 м. Просты в эксплуатации в любых климатических условиях.

Недостатки: - осложнение выемочно погрузочных работ из-за наличия в уступах контактного провода;

- необходимость тяговых подстанций;

- высокие первоначальные затраты;

- высокие затраты на передвижку контактной сети (до 12-15% общих затрат на перевозку).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры  | EL-2  | EL-1  | 21E  | 26EM  | L-94 (переменного тока)  |
| Сцепной вес, кН  |  |  |  |  |  |
| Число осей  |  |  |  |  |  |
| Напряжение, в  |  |  |  |  |  |
| Мощность (при часовом режиме) кВт  |  |  |  |  |  |
| Тяговое усилие (при часовом режиме), кН  |  |  |  |  |  |
| Скорость движения, км/ч  |  |  |  | 28,7  |  |
| Нагрузка на ось, кН  |  |  |  |  |  |
| Мин. радиус кривой, м  |  |  |  |  |  |
| Высота (с опущенным пантографом), м  | 4,66  | 4,66  | 4,80  | 4,96  | 5,25  |
| Длина, м  | 13,82  | 21,32  | 20,96  | 21,47  | 16,40  |

**Тепловозы** – локомотивы, оборудованные двигателями внутреннего сгорания с электрической, гидромеханической или гидроэлектрической передачей на колесные пары. КПД до 28%. ***Преодолеваемый уклон до 30‰***. Сцепная масса150-180 т.

Недостатки: - относительно быстрый износ двигателей, деталей и узлов; - наличие выхлопных газов.

Область применения магистральных электровозов МПС с сцепной массой 150-180 т карьеры с грузооборотом до 25 млн.т/год, глубиной до 100 м; со сцепной массой до 70 т – карьеры с грузооборотом до 5 млн.т/год.

**Тяговые агрегаты** – сочетание электровоза управления, секций автономного питания (может отсутствовать) и нескольких моторных думпкаров. ***Позволяет преодолевать уклоны до 55-60‰***, - увеличить полезную массу поезда в 2-2,5 раза по сравнению с электровозами; - возможность работы без контактной сети на передвижных путях.

За рубежом: - США – в основном электровозы постоянного тока со сцепным весом 850-1250 кН с 4-х осными вагонами.

Самоходные вагоны грузоподъемностью до 160т с электрическим и дизельным приводом:

В Германии – самоходные вагоны постоянного тока грузоподъемностью 80 т, масса -50 т, Объем кузова – 35 м3;

В США самоходные вагоны на постоянном токе грузоподъемностью 120 т.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры  | EL-2  | EL-1  | 21E  | 26EM  | L-94 (переменного тока)  |
| Сцепной вес, кН  |  |  |  |  |  |
| Число осей  |  |  |  |  |  |
| Напряжение, в  |  |  |  |  |  |
| Мощность (при часовом режиме) кВт  |  |  |  |  |  |
| Тяговое усилие (при часовом режиме), кН  |  |  |  |  |  |
| Скорость движения, км/ч  |  |  |  | 28,7  |  |
| Нагрузка на ось, кН  |  |  |  |  |  |
| Мин. радиус кривой, м  |  |  |  |  |  |
| Высота (с опущенным пантографом), м  | 4,66  | 4,66  | 4,80  | 4,96  | 5,25  |
| Длина, м  | 13,82  | 21,32  | 20,96  | 21,47  | 16,40  |

**Область применения Ж.Д.**

Железнодорожный транспорт получил распространение на крупных угольных разрезах, а также рудных карьерах.

**Достоинства** *ж.д*. транспорта: - возможность использования различных видов энергии и типов локомотивов, - длительный срок службы подвижного состава (до 20—25 лет), - надежность в работе в различных климатических условиях, высокой производительностью.

**Недостатки** железнодорожного транспорта: - большие затраты на строительство, ремонт и содержание путей и контактной сети; - небольшая (до 35—40%о) величина подъема (уклона) пути в грузовом направлении; - большие радиусы закруглений железнодорожных путей (свыше 120—150 м).

Железнодорожный транспорт целесообразно применять на карьерах производительностью по горной массе свыше 25—30 млн. т/год при расстояниях транспортирования грузов более 2—3 км. Годовой грузооборот на современных крупных карьерах, выполняемый железнодорожным транспортом, достигает 60—100 млн. т.

На отечественных карьерах применяют железнодорожные пути с ***шириной колеи 1520 мм.***

*Различают следующие виды карьерных путей (рис 5.2):*

*- забойные и отвальные временные путипериодически перемещаемые по мере подвигания фронта работ;*

*- соединительные пути, связывающие забойные и отвальные пути с постоянными путями в капитальных траншеях и на поверхности;*

*- пути капитальных траншей и съездов, связывающие рабочие горизонты карьера с путями на поверхности;*

*- поверхностные пути (откаточные, хозяйственные и др.*

*- магистральные пути, соединяют карьер с путями РЖД*

**

*Железнодорожный путь по длине делят па участки (перегоны). Пункты, ограничивающие перегоны (станции, разъезды, посты) обеспечивает необходимую безопасность движения поездов и увеличивает пропускную способность пути. В зависимости от назначения и сложности путевого развития раздельные пункты подразделяют на посты, разъезды и станции.*

***Пост*** – разделительный пункт, не имеющий путевого развития и предназначен для регулирования движения поездов путем их остановки или пропуска. Согласно ПБ на перегоне может находится только один поезд(ОП). При большой длине перегона на нем может быть организовано несколько постов для повышения пропускной способности пути. При автоблокировки посты заменяют проходными автоматическими светофорами.

**Разъезд** – разделительный пункт на однопутной ж.д. линии. Имеет путевое развитие и предназначен для скрещивания (встречи), обгона и обмена поездов. Располагается в непосредственной близости от карьера или отвала с целью быстрейшего обмена поездов. В простейшем случае разъезд, кроме главного пути имеет один приемно-отправочный путь. Длина разъезда



*l*р – длина поезда, м;

*l*п.с расстояние от стрелочного перевода до предельного столбика, м. (предельный столбик устанавливается посреди междупутья в том месте где расстояние между сходящимися путями составляет 4100 мм);

15 – расстояние, учитывающее неточность установки поезда, м.

**Станция** – разделительный пункт, имеющий сложное путевое развитие и предназначенный для обгона, скрещивания. Приема и отправления поездов, маневровых работ, технического осмотра и мелкого ремонта, экипировки локомотива, формирования и расформирования составов. На станциях обустраивают диспетчерский пункт. На карьере может быть несколько станций (2-3 и более). В этом случае станции специализируются, либо по характеру грузов (порода или полезное ископаемое), либо по назначению (приема-отравления поездов).

Движение составов на уступах может быть организовано по маятниковой (тупиковой) схеме – при одном транспортном выходе с уступа, или по поточной (сквозной) схеме - при двух транспортных выходах на уступ. Припоточной схеме продолжительность обмена поездов на уступе уменьшается примерно в2 раза

**Путевые работы**.

Путевые работы являются основными в комплексе вспомогательных работ при железнодорожном транспорте. К ним относятся: возведение и планировка земляного полотна; сборка рельсо-шпальной решетки; укладка и перемещение путей; балластировка путей и очистка шпальных ящиков ; выправление, рихтовка, текущее содержание и ремонт пути; монтаж, перенос и текущее содержание контактной сети.

Передвижка пути, как правило, вместе с опорами контактной сети основана на использовании подвижности путевой решетки в поперечном направлении. При этом перемещение пути в пределах шага передвижки может осуществляться периодически (циклично) или непрерывно. Переукладка пути отдельными звеньями применяется, главным образом, при выемке взорванных пород одноковшовыми экскаваторами, а при непрерывной выемке—в неблагоприятных климатических и горно-геологических условиях .

По виду применяемого оборудования различается передвижка путей путепередвигателями цикличного действия и тракторами-тягачами.

Путепередвигатели цикличного действия обычно применяют для передвижки путей плужных отвалов на расстояние 2,5—-4 м. Основные механизмы: подъемно-реечный и захватный. С помощью последнего двухосная платформа путепередвигателя периодически жестко соединяется с рельсами, приподнимает их и перемещает на новое место.

Сменная производительность путепередвигателя достигает 460—550 м пути при общем шаге передвижки 2,8— 3,2 м (1300— 1600 м2 ).

Путепередвигатели непрерывного действия (тундозеры ) представляет собой гусеничный трактор тягач с навесным оборудованием, снабженным ролико-захватами (Рис.5.3).

Ролико-захваты тундозера накладывают на рельс железнодорожного пути, приподнимают его над балластом и перемещая тягач под углом к длинной оси пути перемещают путь без его разборки на новое место. Полное перемещение пути на новое место осуществляется за 2-3 прохода тундозера. Затем в вагонах типа хоппер привозят балласт подсыпают его на путь и производят подбивка щебня под шпалы машинами типа ШПБМ. При необходимости выполняют замену разрушенных шпол, рихтуют путь в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

5.2. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

**Автомобильный транспорт** целесообразен при разработке месторождений со сложными условиями при расстоянии транспортирования до 3-5 км на карьерах любой производительности.

Главное преимущество перед ж.д. транспортом – способность преодолевать в 2-3 раза большие подъемы (до 80-100‰) и повороты (кривые) в 4-6 раз меньшего радиуса (20-25 м).

Недостаток – сложность организации и ремонта машин, большой штат водителей и ремонтных рабочих, значительный износ и высокая стоимость автопокрышек, трудные условия эксплуатации в зимних условиях.

*Подвижной состав* автотранспорта автосамосвалы и полуприцепы

Автосамосвал (рис.6.3) – машина с кузовом расположенным на раме. Разгрузка кузова производится в основном опрокидыванием назад. У полуприцепа кузов выполнен отдельно от тягача и соединен с ним прицепным устройством. Полуприцепы имеют одну или две ходовые оси и могут быть с задней, боковой или донной разгрузкой (достоинства полу прицепов – большая грузоподъемность, меньший расход топлива и эксплуатационные расходы, Недостаток полуприцепов - преодолеваемый уклон не более 30‰ , меньшая маневренность)

Основными параметрами карьерных автосамосвалов являются: - грузоподъемность, мощность двигателя, объем кузова, колесная формула и минимальный радиус поворота.

Колесная формула – цифровое обозначение числа колес автосамосвала (например 4х2). Первая цифра – общее число колес, вторая – число ведущих колес.

Основу карьерного автомобильного транспорта России составляет продукция Белорусского автомобильного завода: - БелАЗ-540 грузоподъемностью 27 т, БелАЗ-548 – 40 т, БелАЗ-549 – 75 т, БелАЗ-7519 – 110 т. БелАЗ-75 202 – 200 т.

На карьерах малой производственной мощности широко используют: самосвалы КрАЗ-256Б (20 т), Камаз-55111 (20 т, 6х4), Урал, МАЗ и самосвалы зарубежных фирм «Volvo» . «Iveko», «Мagirus» и др.

Самый большой самосвал в мире Liebherr-T282B (грузоподъемность -. 363 т, мощность двигателя 3650 л/с).

Вторе место - Caterpillar 797B (грузоподъемность - 345 т, мощность двигателя - 3550 л. с.).

Третье место - БелАЗ 75600 (грузоподъемность -320 т, номинальная мощность двигателя – 3546 л.с.).

Техническая скорость движения автосамосвалов (ориентировочно)

|  |  |
| --- | --- |
| Дороги  | Скорость движения, км/ч  |
| БелАЗ-540  | БелАЗ-548  | БелАЗ-549  |
| Магистральные щебеночные  | 32(42)  | 32(38)  | 30(42)  |
| Магистральны бетонные  | 45(48 )  | 38(47)  | 34 (50)  |
| Дороги в карьерах  | 13(14)  | 11(14)  | 13(15)  |
| Дороги в отвалах  | 17(19)  | 16(18)  | 11(13)  |
| Дороги в наклонных выработках: - бетонные с уклоном i=20 ‰ - бетонные с уклоном i=60 ‰ - щебеночные с уклоном i=20 ‰ - щебеночные с уклоном i=80 ‰  | 14(30)  | 14(30)  | 14(30)  |

Продолжительность разгрузки включает время подъема кузова и время его опускания Для самосвалов до 40 т – 60 с, при большей грузоподъемности – 70-90 с.

Продолжительность маневров при погрузке самосвала зависит от в основном от схемы подъезда к экскаватору и находится в пределах 0-10, 20-25, 50-60 с соответственно для сквозной, петлевой и тупиковой схем

Продолжительность маневров при разгрузке -40-50 с

Карьерные автодороги

Карьерные дороги подразделяются: - по условиям эксплуатации - на *постоянные* со сроком службы более 3-5 лет и *временные* со сроком службы до 3-5 лет; - по характеру перевозок на – технологические, хозяйственные; по местоположению – в капитальных траншеях, на съездах, отвалах, в забоях; по конструкции – с дорожным покрытием и без покрытия,

Постоянные дороги имеют цементно-бетонное, асфальтовое или щебеночное гудрированное покрытие, временные – улучшаются железобетонными плитами или несцементированным щебеночным материалом.

Для обустройства дорог используют различную дорожно-строительную технику: - бульдозеры, автогрейдеры, скреперы, погрузчики, самоходные и прицепные катки, асфальтоукладчики, автогудронаторы, снегоочистители, поливальные и оросительные машины, машины для разбрасывания песка и противогололедных материалов.

Эффективность использования карьерного автомобильного транспорта зависит от схемы движения самосвалов в пределах забоя – пункт разгрузки – забой, а также от схемы подъезда и установки машин в экскаваторном забое.

Схема подъезда и установки самосвала под погрузку должна обеспечить: - минимальные затраты времени на маневрирование и загрузку машины; - безопасность работ; - быстрый обмен самосвалов; - минимальную ширину рабочих площадок уступа (Рис 5.4).

|  |  |
| --- | --- |
| https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image134.jpg | Рис 5.4. Схемы подъезда автосамосвала к экскаватору: *а* и *б*– при двух выездах с горизонта; *в* и *г* – при одном выезде с горизонта; *д* и *е* при проходке траншей    |

Пропускная способность карьерных автодорог определяется количеством автосамосвалов проходящих, через определенный пункт в карьере в одном направлении. С учетом неравномерности движения пропускная способность дороги определится по формуле

,

где nп¢ - числополос движения в одном направлении;

*S*д – допустимый интервал движения между самосвалами, м (*S*д = 40-50 м);

*k*нер – коэффициент неравномерности движения машин (*k*нер = 0,5–1,0);

*v* – скорость движения машины, км/ч.

Провозная способность автодороги в карьере



где *Q*а – грузоподъемность автосамосвала, т.

Рациональные соотношения вместимости ковша экскаватора, грузоподъемности автосамосвала и объема перевозок приведены ниже

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вместимость ковша, *V*, м3  | 4,6-5  | 8-10  | 12-16  |  |
| Гузоподъемность автомобиля, *q*, т  | 30-40  | 75-80  | 110-120  | 180-200  |
| Объем перевозок. *Q* млн. т/год  | 5-8  | 10-30  | 20-50  | 50-70  |

где *v*гр и *v*пор – скорости движения соответственно груженного и порожнего самосвала, км/ч.

При движении автомобилей по временным дорогам в забое и на отвале вводится ограничение скорости 15 км/ч, при движении на спуске более 50‰ – 30 км/ч.

Расчетная скорость движения самосвалов зависит от категории дороги и её грузонапряженности (Табл. 8.2).

Грузонапряженность дорог – количество груза в тоннах, перевозимого по участку дороги в единицу времени.

Таблица 8.1

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель  | Категория дороги  |
| I  | II  | III  |
| Грузонапряженность, млн. т брутто в год  | Более 25  | От 25 до 3  | Менее 3  |
| Расчетная скорость движения на прямолинейных участках, км/ч  |  |  |  |
| То же на поворотах, перекрестках, серпантинах, км/ч  |  |  |  |
| Максим. допустимый радиус горизонтальной кривой, м  |  |  |  |

Для плавного перехода автосамосвала с прямого участка постоянной дороги на кривую устраивают переходные кривые длиной 20-50 м.

Ширина проезжей части дороги (рис.Д.2) при однополосном движении



при двуполосном движении



где *a* - ширина кузова, м;

*у* – ширина предохранительной полосы между наружным колесом автомобиля и кромки проезжей части, **у = 0,5**, м;

*x* – безопасный зазор между кузовами

*х* = 0,5 = 0,005*v*

где *v*- скорость движения машины, км/ч

Ширина проезжей части двухполосных дорог для автосамосвалов грузоподьёмностью 27-40 и 75-120 т составляет соответственно 13-15 и 20-25 м.

Ширина обочины - 1-2 м. Кювет – глубина 0,8-0,9 м, ширина по дну -0,4 м.

Уширение проезжей части дороги на поворотах

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Радиус кривой, м  |  |  |  |  |  |  |
| Уширение, м  | 0,5  | 0,8  | 1,1  | 1,4  | 1,7  | 2,1  |

Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели  | БелАЗ-7540  | БелАЗ-7548  | БелАЗ-7509  | БелАЗ-7549  | БелАЗ-7519  | БелАЗ-7521  |
| Грузоподъемность, т  |  |  |  |  |  |  |
| Объем кузова, м3  |  |  |  |  |  |  |
| Объем кузова, («с шапкой»), м3  |  |  |  |  |  |  |
| Ширина кузова, м  | 3,5  | 3,8  | 5,4  | 5,4  | 6,1  | 7,6  |

**5.3. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ.**

Конвейерный транспорт в варианте ленточных конвейеров рационален на карьерах при большой мощности покрывающих мягких пород, при грузообороте 20-30 млн. т и более и при выемке взорванных пород на карьерах глубиной более 150 м при расстоянии транспортирования до 2,5-3,0 км, в районах с умеренным климатом.

Принципиально ленточный конвейер представляет собой бесконечную (замкнутую) гибкую ленту, перемещающуюся по роликоопорам конвейерного става под действием привода (рис.5.6).

Допустимый угол подъема конвейерных линий в грузовом направлении – 16-180. При спуске пород допустимый угол на 2-30 меньше чем на подъем.

Длина става конвейера с одним приводом составляет 400-1500 м.

Конвейеры работают в комплексе с многоковшовыми экскаваторами образуя *выемочные комплексы непрерывного действия.*

При работе с одноковшовыми экскаваторами дополнительно используются передвижные дробильно-грохотильные агрегаты и бункеры. Образуют *циклично-поточную технологии горных работ*.

На карьерах наибольшее распространения получили ленточные и канатно-ленточные конвейеры с шириной лент 1000, 1200, 1600, 1800, 2000 и 3000 мм. С разрывным усилием на 1 см прокладки 3000-6000 Н для резинотканевых лент и 15000 – 60000 Н.

В общем случае в состав технологической схемы карьерного транспорта входят:

**забойные** (расположены на рабочих площадках уступов),

**сборочные** (служат для транспортирования горной массы от одного или нескольких забойных конвейеров к подъемной конвейерной установке, располагаются на нерабочем борту карьера или в торцевой части в полустационаром или стационарном положении),

**подъемные магистральные** (стационарные, принимают горную массу от сборных конвейеров и поднимают её на поверхность. Угол подъема от 12-140 до 180),

**отвальные -**служат для перемещения горной массы от магистральных конвейеров к отвалообразователям,

**складские** – для сортировки и перемещения п.и. на обогатительных фабриках

5.4. КОМБИНИРОВАННЫЙ ТРАНСПОРТ

В числе комбинаций скиповые подъемники. Угол подъема до 40-450. Эффективны при глубине карьера от 150-180 до 400-450 м.

**(**Общие сведения о вскрытии. Основные вскрывающие выработки. Типы траншей, их элементы и параметры. Транспортные и бестранспортные способы проходки траншей. Классификация способов вскрытия карьерных полей.**)**

**6. Вскрытие карьерных полей**

**6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВСКРЫТИИ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ**

Вскрытием называется комплекс мероприятий по проведению горных выработок, обеспечивающих транспортную связь горизонтов карьера между собой и с поверхностью и служащих для создания первоначального фронта работ уступов с земной поверхностью.

Вскрытие карьерных полей может осуществляться: - траншейным и бестраншейным способами.

При траншейном вскрытии основными вскрывающими выработками являются наклонные (*капитальные*) траншеи, по дну которых сооружаются дороги, служащие для перевозки вскрышных пород и добытого полезного ископаемого на земную поверхность. Капитальные траншеи на какой либо горизонт создают возможность проведения *разрезных* траншей, обеспечивающих создание первоначального фронта работ в уступе.

Капитальные и разрезные траншеи проводят в период строительства карьера и при вскрытии новых горизонтов выполняют на открытых разработках функции горно-подготовительных выработок (в период эксплуатации), с помощью которых производят подготовку уступов к разработке.

*Капитальные траншеи*—наклонные горные выработки. *Разрезные траншеи* являются продолжением капитальных траншей—горизонтальные выработки, проходят на каждом рабочем горизонте.

В зависимости от места расположения капитальных траншей относительно проектного контура (границ) карьера их подразделяют на: - внешние, внутренние и комбинированные.

Внешние траншеи располагают за пределами проектного контура карьера (рис.6.1, *а*), внутренние—на его бортах, в пределах контура карьера (рис. 6.1, *б*).

В ряде случаев при разработке наклонных и крутых залежей применяют комбинированные капитальные траншеи, имеющие смешанное расположение. Внешними траншеями вскрывают верхние уступы, а внутренними—нижние горизонты карьера (рис. 6.2).

При разработке нагорных месторождений в ряде случаев в качестве основных вскрывающих выработок могут применять штольни и тоннели, наклонные и вертикальные шахтные стволы.

Вид и местоположение вскрывающих выработок выбираются на основании технико-экономического сравнения вариантов.

К основным параметрам капитальных и разрезных траншей относятся продольный уклон, длина и размеры поперечного сечения. В зависимости от величины продольного уклона различают траншеи: *наклонные* (до 100÷120 ‰) *крутые* (свыше 150 ‰ ). В наклонных траншеях применяют колесные виды транспорта - автомобильный и железнодорожный. В крутых – конвейерный или скиповой.

Продольный уклон капитальных траншей при ж.д. транспорте - до 40 ‰ при локомотивной тяге; - до 60 ‰ для мотор-вагонной тяги; до 100 ‰ для автомобильного транспорта; - до 180 для конвейерного транспорта; - 35-550 для скиповых подъемников.

Размеры поперечного сечения капитальных траншей зависят от ширины дна, глубины и углов откосов бортов. Ширина дна траншей принимается минимальной исходя из условия размещения в ней горнотранспортного оборудования, и обычно составляет 15 ÷ 25 м. Глубина траншей равна принятой высоте уступа. Углы откосов борта траншеи определяются свойствами разрабатываемых пород и обычно равны углам откоса рабочих уступов – 35÷450 для рыхлых пород и 65÷80°для скальных.

Объемы горно-капитальных работ, включающие объемы капитальных и разрезных траншей, и объемы горно-капитальной вскрыши, выполняемые в период строительства карьера, могут достигать 35—40% от общего объема вскрышных работ в контуре карьера.

Объемы капитальных и разрезных траншей определяют по формулам проф. Е. Ф. Шешко как сумму объемов правильных геометрических фигур, составляющих эти траншеи.

Объем отдельной наклонной траншеи с вертикальным откосом определяют по формуле

, м3

где *Н*т - конечная глубина траншеи, м; *b* - ширина дна траншеи, м; a - угол откоса борта траншеи, градус; *i* - уклон траншеи.

Объем разрезной траншеи при постоянном ее сечении

, м3

где *Н*у - высота подготавливаемого уступа, м; a - угол откоса уступа, градус; *L*тр - длина разрезной траншеи, м.

**6.2 КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Способ | Сущность | Условия применения | Эскиз |
| Отдельными траншеями | Каждый уступ вскрывается независимой траншеей | Горизонтальные или пологие месторождения при 2-3 уступах | Внешние |
| Внутренние |  |  |  |
| Групповыми траншеями | Группу уступов вскрывают системой зависимых траншей. Разные группы уступов вскрываются независимо друг от друга | Для глубоких (до 300-400 м) горизонтальных и пологих залежей при 4-6 уступах |   |
| Общими траншеями | Все уступы вскрываются одной общей траншеей | Для более глубоких рудных и пластовых месторождений, как для пологих так и крутых |   |
| Парными траншеями | Способы I, II, III с двумя траншеями для вскрытия каждого уступа | При значительной мощности карьера |   |
| Бестранспортная | Без траншей | При применении кабель кранов и кабельных экскаваторов |   |
| Подземными горными выработками | Вскрытие и котором вскрывающие траншеи заменяются подземными выработками | Вскрытие шахтными стволами, штольней |   |
| Комбинированное | Вскрытие осуществляется двумя или более способами | Комбинации различных способов |   |

****

## 6.3. ПРОВЕДЕНИЕ ТРАНШЕЙ

Вскрывающие и разрезные транши проводят бестранспортными и транспортными способами.

Бестранспортные способы наиболее часто применяются при проходке внешних въездных и разрезных траншей по конечному контуру карьера, реже внутри карьера.

В качестве основного [выемочно-погрузочного](https://studopedia.ru/2_47002_viemochno---pogruzochnie-operatsii-v-karerah.html) оборудования используют [драглайны](https://studopedia.ru/3_178710_zaboi-draglaynov.html), реже мехлопаты.



Основные схемы бестранспортной проходки траншей драглайном: - тупиковым забоем с расположением породы на обоих бортах (рис. 6.4, а); - тупиковым забоем с расположением породы на одном борту (рис. 6.4, б); - боковым забоем с расположением породы на одном борту (рис. 6.4, в).

Транспортные схемы [проходки траншей](https://studopedia.ru/2_10082_tehnologicheskie-shemi-provedeniya-transhey.html) реализуются, как правило, торцевым забоем с применением механических лопат в вариантах: - с верхней погрузкой (рис. 6.5, а); - с нижней погрузкой (6.5, б).



Основным недостатком транспортной схемы с нижней погрузкой в д.ж. вагоны является затраты рабочего времени на обмен вагонов (до 30-40% от продолжительности смены), т.к. они подаются под погрузку по одному. Для обмена вагонов в траншее обустраивают выставочный тупик (рис. 6.5).

Основным недостаткам верхней погрузки являются: - необходимость применения дорогостоящих экскаваторов с удлиненным выемочным оборудованием и плохой обзор машинистом экскаватора пункта погрузки.

Более благоприятные условия погрузки создаются при применении автомобильного транспорта.

Траншеи больших параметров проходят послойно (рис. 6.5). Число слоев, на которое можно разделить проводимую траншею по её глубине можно определить по формуле



где *h*тр – глубина траншеи (высота уступа). м; *Н*р.max – максимальная высота разгрузки экскаватора, м; *h*дк – высота думпкара, м; *с* – допустимый ПБ зазор между открытым днищем ковша и думпкаром, м.

|  |  |
| --- | --- |
| *а* https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image166.jpg | *б* https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image168.jpg |
| *в* https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image170.jpg |  |
| Рис. 6.6. Схема послойной проходки траншей: *а* – вид с верху; *б* – последовательность выемки слоев; *в* – верхняя погрузка в слое в ж.д. транспорт. |  |

(основные понятия, классификации и характеристики систем разработки)

Под системой открытой разработки месторождения понимается определенный порядок формирования рабочей зоны карьера в пространстве и времени, характеризующийся соразмерным развитием горных работ на уступах, конфигурацией забоев и направлением их продвижения при принятой технологии и средствах механизации работ.

Рациональная система разработки должна обеспечивать безопасную, экономичную и наиболее полную выемку кондиционных запасов полезного ископаемого при соблюдении мер по охране окружающей среды.

К элементам системы разработки относятся *уступы, фронт работ уступа, фронт работ карьера,* [*рабочая зона карьера*](https://studopedia.ru/../10_267189_rabochaya-zona-karera.html)*, рабочие площадки, транспортные и предохранительные бермы.*

[*Фронт работ уступа*](https://studopedia.ru/../10_267153_osnovnie-ponyatiya-i-terminologiya-otkritih-gornih-rabot.html) - часть уступов по длине, подготовленная к производству горных работ. Подготовка фронта работ уступа заключается в создании на уступе рабочей площадки необходимой ширины и в подводе транспортных и энергетических коммуникаций для обеспечения работы горного и транспортного оборудования.

Суммарная протяженность фронтов работ отдельных уступов составляет ***фронт работ карьера*,**который подразделяется на [***вскрышной***](https://studopedia.ru/../5_14660_organizatsiya-vskrishnih-i-dobichnih.html), измеряемый длиной фронтов работ вскрышных уступов, и ***добычный****,* измеряемый длиной фронтов работ добычных уступов.

Фронта работ уступа и его перемещение в процессе работ должны обеспечить размещение заданного числа вскрышных и добычных забоев.

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image172.gif |

Фронт горных работ может быть расположен вдоль длинной или короткой оси карьерного поля, или концентрически (рис. 7.1).

Фронт работ уступа может перемещаться: - параллельно длинной или короткой оси карьерного поля от одной его границы к другой (*однобортовая выемка*); - параллельно длинной или короткой оси карьерного поля от центра к флангам (*двухбортовая выемка*); - радиально от центра выемочного слоя к его границам или от периферийных участков к центру; - по вееру с поворотным пунктом, расположенным на границе карьерного поля или вблизи нее (рис.7.1).

Скорость подвигания фронта работ зависит от мощности оборудования, мощности залежи, производительности карьера и других факторов. Изменяется в пределах 30÷250 м/год, обычно - 40÷140 м/год.

*Рабочая зона карьера* - это зона, в которой осуществляются вскрышные и добычные работы. Она характеризуется совокупностью вскрышных и добычных уступов, одновременно находящихся в работе.

Число вскрышных, добычных и горно-подготовительных забоев в рабочей зоне должно обеспечивать ***выполнение планов работ по вскрышним и добычным работам.***

Для нормальной работы карьера необходимо иметь достаточное количество ***вскрытых***, ***подготовленных к зачистке*** и ***готовых к выемке*** запасов. Это обеспечивается тем, что вскрышные работы всегда опережают добычные.

Принимается примерно следующее соотношение *вскрытых, подготовленных и готовых запасов полезного ископаемого*: 1 : 0,5 : 0,25.

При разработке наклонных и крутопадающих залежей рабочая зона перемещается как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях, т.е. осуществляется углубка карьера

**7. Системы открытой разработки месторождений**

**7.1. КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ**

В настоящее время имеется несколько классификаций*.*

*Классификация проф.* [*Е. Ф. Шешко*](https://studopedia.ru/../2_10080_podgotovka-novih-gorizontov.html)*.* Основной признак этой классификации — способ перемещения пустых пород. ПО этому признаку все системы разделяются на три основные группы: бестранспортные, транспортные и комбинированные. Каждая группа, в свою очередь, подразделяется: - бестранспортные — на три системы по способу перемещения пустых пород во внутренние отвалы (с непосредственной перевалкой экскаваторами, с кратной перевалкой экскаваторами, с перевалкой отвалообразователями); -транспортные — на три системы по направлению перевозки пустых пород транспортными средствами (с перевозкой во внутренние отвалы, с перевозкой на внешние отвалы, с частичной перевозкой во внутренние и частично на внешние отвалы); - комбинированные — на две системы по преобладанию способа перевалки или перевозки пустых пород (с преобладанием перевалки во внутренние отвалы, с преобладанием перевозки во внутренние или на внешние отвалы).

*Классификация акад.* [*Н. В. Мельникова*](https://studopedia.ru/../10_267190_sistemi-razrabotki-i-ih-klassifikatsiya.html). Определяющий классификационный признак тот же, что и в предыдущей Классификации. По этому признаку все системы разделены на пять основных групп: бестранспортные; транспортно-отвальные (в нее входят системы с перемещением пустых пород во внутренние отвалы посредством консольных отвалообразователей и транспортно-отвальных мостов); специальные (в нее входят системы с перевалкой пустых пород кабель-кранами, башенными экскаваторами или с удалением пород средствами гидромеханизации или колесными скреперами); транспортные и комбинированные.

*Классификация акад.* [*В. В. Ржевского*](https://studopedia.ru/../15_114986_otsenka-soprotivleniya-gornih-porod-razrusheniyu-po-vv-rzhevskomu.html). Основана на нескольких классификационных признаках, к которым относятся: - изменение рабочей зоны в процессе отработки месторождения; - вид фронта работ; - направление выемки вскрыши и добычи полезного ископаемого в плане и в профиле; взаиморасположение рабочей зоны и отвалов. По этим признакам все системы разделены на две группы: Г (для горизонтальных или пологих залежей) и К (для крутых или наклонных), которые в свою очередь подразделяются каждая на четыре системы (продольные и поперечные однобортные или двубортные; веерные центральные или рассредоточенные; кольцевые центральные или периферийные). В определение системы включаются также данные об угле наклона слоя выемки, вертикальное перемещение фронта (углубочные и безуглубочные), а также, внешнее или внутреннее расположение отвалов.

Известны также классификация проф. А. И. Арсентьева, проф. М. Г. Новожилова и другие.

Для более детального рассмотрения основных систем разработки принимаем несколько упрощенную классификацию по способу перемещения вскрышных пород в отвалы (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Классификация систем разработки по Е.Ф.Шешко

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс | Группа | Характерные признаки |
| I. Бестранспортные | А. Простая | Экскаваторы выполняют все операции по разработке: выем­ку, перевалку пустой породы во внутренние отвалы |
| Б. С кратной перевалкой |  |  |
| II. Транспортно-отвальные | A. С применением консольных отвалообразователей | Выемочно-погрузочные работы производятся многочерпаковыми экскаваторами; удаление пустых пород во внутренние отвалы — консольными от-валообразователями, или транспортно-отвальными мостами, или башенными экскаваторами |
| Б. С применением транспортно-отвальных мостов |  |  |
| B. С применением башенных экскаваторов |  |  |
| III. Специальные |   | Системы с перевалкой пустых пород кабель-кранами, башенными экскаваторами или с удалением пород средствами гидромеханизации или колесными скреперами |
| IV. Транспортные | A. С перевозкой породы во внутренние отвалы | Все погрузочные работы производятся экскаваторами, а транспортирование — локомотивами или средствами безрельсового транспорта во внешние. или во внутренние отвалы   |
| Б. С перевозкой породы на внешние отвалы |  |  |
| B. С перевозкой породы на внешние и во внутренние отвалы |  |  |
| V. Комбинированные | А. С сочетанием I и III классов | Толщу вскрышных пород делят по вертикали на две зоны. Верхнюю разрабатывают экскаваторами с погрузкой породы в думпкары или автомашины, с транспортированием на внешние отвалы. Породы нижней зоны переваливают непосредственно в отвал вскрышными экскаваторами, транспортно-отвальными мостами или консольными отвалообразователями |
| Б. С сочетанием II и III классов   |  |  |

Графическое изображение наиболее распространенных систем разработки по классификации В.Н.Мельникова приведены на рис 7.2.



**7.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ**

Бестранспортные системы. Системы наиболее просты в организационном отношении и экономичны. При этих системах экскавация вскрышных пород, перемещение их в выработанное пространство и размещение в отвале выполняются вскрышными экскаваторами типа прямая механическая лопата (ЭВГ) или драглайн, имеющими значительный радиус разгрузки.

Если мощность вскрыши значительна, а параметры вскрышного экскаватора недостаточны для размещения всего объема пустых пород в выработанном пространстве, применяют систему с кратной перевалкой пород (рис. 7.2, *I-Б*), позволяющую увеличить высоту вскрышного уступа до 40 м.

Вскрышной экскаватор укладывает весь объем пустых пород во внутренние отвалы; отвальный экскаватор*,* расположенный на спланированной площадке отвала, вторично переваливает часть вскрышных пород на ранее перемещенные в отвал породы. Отношение объема породы, переваливаемой отвальным экскаватором, к объему породы, уложенной во внутренние отвалы вскрышным экскаватором, называют коэффициентом переэкскавации.

Система экскаватор — карьер — вариант бестранспортной системы, когда вскрышные и добычные работы попеременно производит один экскаватор. Обычно эту систему применяют при разработке россыпных месторождений.

*Основные преимущества* [*бестранспортных систем*](https://studopedia.ru/../11_75556_bestransportnie-sistemi-razrabotki.html): высокая экономичность (низкая себестоимость руды, так как расходы по удалению пустых пород меньше, чем при других системах), простота производства и организации работ, особенно при варианте «экскаватор — карьер».

*Недостаток* — невозможность создания значительного количества вскрытых запасов полезного ископаемого ввиду зависимости работы добычного и вскрышного экскаваторов.

*Транспортно-отвальные системы*. В районах с благоприятным климатом при мягких породах вскрыши и спокойном залегании пласта, когда мощность вскрышных пород достигает 40 м и более, успешно применяют транспортно-отвальную разработку, при которой вскрышные породы перемещаются в отвал по кратчайшему пути. Транспортно-отвальные системы разработки подразделяют на *системы с* [*консольными отвалообразователями*](https://studopedia.ru/../5_14661_s-primeneniem-konsolnih-otvaloobrazovateley.html) (на гусеничном или железнодорожном ходу), *с транспортно-отвальными мостами и с башенными экскаваторами.*

При транспортно-отвальных системах на вскрышных работах используют роторные или цепные многоковшовые экскаваторы, реже прямые механические лопаты. На добычных работах применяют также многоковшовые и одноковшовые экскаваторы.

*Транспортно-отвальная система* с применением консольных отвалообразователей (рис. 7.2, *II-A*) позволяет разрабатывать месторождения при мощности покрывающих пород до 40—50 м.

При системе с транспортно-отвальным мостом (рис. 7.2, *II-Б*) принцип разработки тот же, что и при применении консольного отвалообразователя, но с видоизменениями, обусловленными конструктивным отличием транспортно-отвального моста.

Он состоит из следующих частей: несущей конструкции; металлической фермы *1* значительной длины; транспортирующего устройства — ленточных конвейеров *2;* самоходных опорных конструкций - забойной *3* и отвальной *4;* силового оборудования; аппаратуры управления и защитных устройств. Погрузку на мост осуществляют работающие в сочетании с ним многоковшовые экскаваторы 5, которые часто встроены в конструкцию моста и во время работы передвигаются вместе с ним по рельсовым путям. Некоторые модели достигают длины свыше 500 м. Длина пролета у современных конструкций (расстояние между опорами) достигает 250 м. Опоры имеют такую высоту, что под мостовой фермой свободно размещается добычное оборудование *6.* Конструкция мостовой фермы позволяет изменять в определенных пределах высоту установки и расстояния между опорами.

Горизонтальные размеры транспортно-отвального моста позволяют создавать значительно большие запасы подготовленных к выемке руд, а конструктивные особенности — разрабатывать месторождения с мощностью покрывающих пород до 60 м и отрабатывать рудный пласт двумя — четырьмя уступами. Эти преимущества обеспечили широкое применение транспортно-отвальных мостов.

*Система с башенными экскаваторами* применима при разработке пластовых месторождений, залегающих в мягких породах. Один и тот же экскаватор может быть использован как на вскрыше, так и на добыче. При этом экскаватор не только транспортирует породу или руду, но и добывает ее. Пустые породы складируют в сторону опорной башни и направляют в выработанное пространство.

Полезное ископаемое транспортируют к машинной башне и разгружают в специальный бункер.

Башенные экскаваторы и кабельные краны на открытых разработках рудных месторождений применяют редко из-за чрезвычайно ограниченной области применения; кроме того, способ неблагоприятен для механизации погрузки, а производительность кабельных кранов небольшая, с увеличением глубины разработки резко уменьшающаяся.

*Транспортные системы*. Отличительная особенность систем заключается в том, что пустые породы перемещают в отвалы колесным или конвейерным транспортом. Они получили наибольшее распространение при разработке месторождений с самыми разнообразными горно-геологическими условиями залегания. Их применяют при разработке рудных месторождений неправильной формы, наклонных или крутопадающих пластов, когда горные работы развиваются вглубь и невозможно размещать отвалы внутри карьера.

При наклонных и крутопадающих пластах и мощных залежах применяют системы с перевозкой породы на внешние отвалы.

Вскрышные и добычные работы могут производиться одновременно на двух, трех, четырех и более горизонтах. Пустые породы и руду вывозят на думпкарах.

Транспортные системы разработки развиваются на основе применения мощных экскаваторов, увеличения грузоподъемности вагона и автосамосвалов и параметров системы разработки (высоты уступов, ширины заходок), широкого использования конвейерного транспорта.

*Комбинированные системы разработки*. На современных карьерах наиболее распространены комбинированные системы разработки, которые представляют собой сочетание транспортных систем с бестранспортными и транспортных с транспортно-отвальными. Применяют их в том случае, если горизонтальное или пологозалегающее месторождение покрывают мощные наносы, которые из-за недостаточных размеров экскаваторов или транспортно-отвального оборудования невозможно полностью удалить по одной системе. Примерная схема применения комбинированной системы следующая. Вскрышные породы разделяют по вертикали на два слоя. Верхний слой разрабатывают по транспортной системе, а нижний — по бестранспортной или транспортно-отвальной системе.

[**Углубочные системы разработки**](https://studopedia.ru/../10_267204_sistemi-razrabotki-osnovnie-elementi-i-parametri.html) – класс систем в классификациях В.В. Ржевского, А.И. Арсентьева характерной особенностью которых является перемещение фронта очистных работ по горизонтали и перемещение дна карьера по вертикали – углубка карьера. Возникают при отработке наклонных и крутопадающих залежей.

Скорость перемещения рабочего уступа в горизонтальном направлении



где *L*бл – длина экскаваторного блока, м; *Q* месячная производительность экскаватора, м3/месс.

Годовое понижение горных работ

, м/год

где δ – уголнаправления углубки карьера, град.; знак «плюс» принимается при совпадении направления скорости vу и горизонтальной проекции истинной скорости углубки под углом δ; знак «минус» принимается при противоположных направлениях.

Скорость понижения добычных работ

, м/год

где αз –угол падения залежи, град; знак «плюс» берется при работе от лежачего бока к висячему; знак «минус» при противоположном движении.

Существуют углубочные системы разработки продольными и поперечными заходками (рис. 7.3).



Наиболее распространены системы разработки продольными заходками, ориентированными субпараллельно простиранию залежи, и параллельно длиной стороне карьера. Системы разработки продольными заходками наиболее удачно сочетается с железнодорожным, а поперечные - с автомобильном транспорте.

***8. Отвалообразование***

*Отвалоообразование* – комплекс производственных операций по приему и размещению вскрышных пород на специальной площадке горного или земельного отвода карьера.

*Складирование* – комплекс производственных операций по приему и размещению не временное хранение плодородного слоя почвы, некондиционного полезного ископаемого, попутных ископаемых, горных пород экономическая целесообразность использования которых может возникнуть в будущем.

Насыпи пустых горных пород, возводимые в процессе отработки карьера называют *отвалами*.

Технические сооружения и средства механизации отвальных работ составляют *отвальное хозяйство карьера*.

Объемы отвальных работ, как правило, в несколько раз превышают объем добычи п.и. и в каждый момент времени могут быть определены по соответствующему коэффициенту вскрыши (средний, предельный, текущий, эксплуатационный, слоевой, первоначальный). Затраты на отвалообразование достигают 12 – 15% расходов на вскрышные работы.

Способ отвалообразования зависит от физико-механических свойств пород, принятой схемы механизации их возведения и вида транспорта.

**8.1 КЛАССИФИКАЦИЯ ОТВАЛОВ**

*Отвалы классифицируют* по следующим признакам (по Н.В. Мельникову)

|  |  |
| --- | --- |
| Классификационной признак  | Тип отвала  |
| Расположение относительно карьера  | Внешние (за контуром карьера) Внутренние (в отработанной части карьера) Комбинированные  |
| Число рабочих горизонтов отвала  | Одноярусный Многоярусный  |
| Способ механизации отвальных работ  | Плужный Экскаваторный Бульдозерный Конвейерный Автомобильный Смывной  |
| Число обслуживаемых горизонтов карьера  | Общий Групповой Отдельный  |
| Рельеф местности, используемой под отвал  | Равнинный Нагорный Нагорно-долинный  |
| Деформационному состоянию отвала  | Устойчивые Подвижные Неустойчивые  |
| Способ транспортирования вскрышной породы на отвал  | Железнодорожный Автомобильный Конвейерный  |

*Внутренние отвалы* применяют при разработке горизонтальных и пологих пластообразных залежей. *Внешние* – при разработке наклонных и крутых месторождений.

Места расположения внешних отвалов выбирают с учетом особенностей рельефа местности, гидрогеологических и физико-механических характеристик горных пород, а также того, что недра под отвалом не должны содержать промышленных запасов п.и.

На местности, предназначенной для размещения отвала, обязательно проводят дополнительные гидрогеологические и геофизические исследования для получения гидрогеологических и физико-механических характеристик горных пород и массива, слагающего основание отвала.

При необходимости основание отвалов выполняют водоупорным или обустраивают его дренажными устройствами, обеспечивающими повышение длительной устойчивости откосов отвала, и минимальное воздействие сточных вод отвала на окружающую среду.

Основные мероприятия по обеспечению устойчивости внутренних отвалов из песчано-глинистых пород - это организация водоотлива в подошве карьера и дренаж основания отвала для предотвращения дополнительного увлажнения отсыпаемых пород. Если водоносный горизонт залегает непосредственно в подошве карьера, то наиболее целесообразен систематический дренаж с использованием канав-осушителей проводимых вдоль фронта работ с уклоном к канавам собирателям, ориентированным перпендикулярно фронту. Глубина канав-осушителей обычно не превышает 3 м, расстояние между канавами равно ширине экскаваторной заходки. Для сохранения канав они заполняются фильтрующим материалом (щебнем, крупнозернистым песком), или в них укладываются керамические дренажные трубы

Площадь, необходимая для размещения всего объема вскрышных пород (м3), удаляемых при разработке месторождения

при одноярусном отвале



при многоярусном отвале



где *W*п – объем размещаемых вскрышных пород, м3;

*k*р – коэффициент разрыхления пород в отвале (1,15 – 1,4);

*h*1 – высота i-го отвального яруса;

*η*i – коэффициент использования площади i-м отвальным ярусом (0,4 – 0,8);

*n* – количество отвальных ярусов.

К средствам механизации отвальных работ относятся: отвальные плуги, одноковшовые экскаваторы, бульдозеры, отвальные многочерпаковые экскаваторы (абзетцеры), консольные отвалообразователи, транспортно-отвальные мосты и средства гидравлического отвалообразования.

Комплексная механизация отвальных работ непосредственно связана с видом карьерного транспорта, климатических условий и горно-геологических и факторов.

**8.2 Строительство отвалов**

**Строительство отвалов начинается с возведения *первичной насыпи (площадки)***

*При создании отвала на косогоре первичная площадка создается проведением полутраншеи мехлопатой в крепких и плотных породах (рис. 8.1, а), или– бульдозером в мягких породах.*

*При проходке полутраншеи мехлопатой её ширина по подошве bпт определяется радиусом черпания и вращения кузова, а также шириной хода экскаватора. При экскаваторах с емкостью ковша 4 - 5 м3 bпт.min= 12 – 14 м.*

*При проведении полутраншеи бульдозером bпт.min равна ширине однопутной транспортной бермы (7 – 10 м).*

*На равнинной местности строительство отвалов начинают с создания* ***первоначальных (пионерных) отвальных насыпей****. Поперечное сечение пионерной насыпи – трапеция. Параметры насыпи: - высота и ширина по верху.*

*Насыпи создаются из породы, вынимаемой из резерва (рис.8.2), или из привозных вскрышных пород*

*При возведении первичной насыпи из резерва (одностороннего или двухстороннего) обычно используются мехлопаты и драглайны.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |
| --- |
|   |
|   | https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image194.gif |

 |    |

***Возведение первичной насыпи мехлопатой****. При возведении первичной насыпи из одностороннего резерва экскаватор находится на почве резерва и осуществляет верхнюю отсыпку*

*Максимальна высота насыпи определяется по формуле*

**

*где Нр - высотой разгрузки экскаватора, м;*

*hр - глубина резерва, м;*

*bн.п - ширина насыпи поверху, м;*

*β - угол откоса насыпи, град (30 – 40о);*

*е – зазор между открытым днищем ковша и насыпью, (0,3 – 0,5) м.*

*При использовании Hр max и радиусе разгрузки Rр ширина резерва понизу (при α = β) определяется по формуле*

**

*Недостаток способа:*

*- небольшая высота насыпи (Нн1 ≈ 5 м при Е = 4 – 5 м3);*

*- высокие затраты, руб/т ;*

*- низкая скорость отсыпки (40-50 м/мес).*

*Высота насыпи может быть увеличена при отсыпке насыпи из двухстороннего резерва при этом*

**

*где Кр – коэффициент разрыхления пород в насыпи.*

*Дальнейшее увеличение высоты отвальной насыпи, возводимой этим способом возможно только из привозных пород.*

***Возведение первоначальной насыпи из пород резерва драглайном****Отсыпка первичной насыпи драглайном осуществляется при нижнем черпании. При этом глубина (hр) и ширина резерва (bр) определяется глубиной Нч и радиусом Rч черпания драглайна, а высота насыпи Нн – высотой Нр и Rр разгрузки. Высота насыпи Нн и расстояние между осью драглайна и верхней бровкой резерва х зависят от рабочих параметров экскаватора, мощности наносов на отвальном отводе, высоты сооружаемой насыпи и числа резервов.*

*Если при полном использовании параметров драглайна (Нч и Rч) невозможно получить требуемые размеры насыпи за один проход экскаватора, сооружают два резерва (справа и слева как при применении мехлопат).*

***Сооружение отвальной насыпи из привозных прод****.*

*При мехлопатах отгрузку пород производят из продольной выемки глубиной до 1,5 м в которую разгружаются думпкары*

*Черпание пород производится из приямка, сооружаемого на уровне стояния экскаватора.*

*При сооружении насыпи драглайном (рис. 8,3) черпание привезенных пород также осуществляют из приямка при стоянии экскаватора на уровне основания насыпи или на нижнем подуступе. Нижний подуступ выстой до 10 м сооружают при недостаточной несущей способности основания, или невозможности достижения требуемой высоты отвала только верхней отсыпкой.*

*При доставке пород из карьера автосамосвалами отсыпка пород первичной насыпи осуществляется с использованием бульдозеров.*

**

*где Кр – коэффициент разрыхления пород в насыпи.*

При ж.д. транспорте различают параллельную, веерную и криволинейную схемы развития работ от первоначальной насыпи (рис. 8.4).



Схему развития фронта отвала выбирают исходя из размеров и конфигурации участка местности, отведенной под отвал, и необходимой приемной способности отвала. При этом учитывают, что параллельная и верная схемы характеризуются постепенным сокращением фронта работ, а криволинейная – постепенным увеличением фронта.

Для автомобильного транспорта характера параллельная и петлевая схемы развития фронта работ.

**8.3. ПЛУЖНЫЕ ОТВАЛЫ.**

Отвалообразование ж.д. плугами применяют при складировании скальных пород, доставляемых на отвал думпкарами, не требующих балластировки путей при высоте отвала более 15 м.

Технология плужного отвалообразования включает: разгрузку пород из думпкаров; формирование откоса отвала; планирование полотна для рельсового пути и его передвижку. Все операции выполняются последовательно (Рис.8.5).

Порода доставляется на отвал в думпкарах и разгружается под откос отвального уступа, при этом 50 – 70% её скатывается вниз, а часть остается на отвальной бровке. Оставшуюся породу сталкивают под откос лемехом ж.д. отвального плуга. Операции по разгрузке составов и планировке площадки плугом повторяют 5 – 8 раз, после чего вдоль ж.д. пути формируется площадка шириной 4 – 5 м на которую передвигают (укладывают) рельсовый путь.

Думпкары на отвале разгружаются по одному, группами или всего состава поезда одновременно. Среднее время разгрузки одного думпкара на отвале 0,6 – 1 мин. Планировку верхней площадки лемехами плуга ыполняяют так, чтобы её бровка имела превышение над уровнем ж.д. путей 0,3- 0,5 м. Шаг предвижки ж.д. пути – 4- 5 м.

*Достоинства плужного отвалообразования*: - относительно небольшая стоимость оборудования; Простата устройства и управления процессами отвалообразования.

**Недостатки: - ограничения по высоте отвального уступа (10-15 м в полускальных и 15-20 м в скальных породах); ограниченная приемная способность отваля; малый шаг передвижки пути; трудоемкость путевых работ; невозможность применения в рыхлых и глинистых породах.**

**8.4. ЭКСКАВАТОРОНЫЕ ОТВАЛЫ*.***

Применяют в скальных и полускальных породах на крупных карьерах при ж.д. транспорте. В качестве отвального оборудования применяют одноковшовые экскаваторы – мехлопаты и драглайны.

Технология отвалообразования включает:

- прием и разгрузку думпкаров;

- укладку пород в отвальные уступы экскаватором;

- перевод экскаватора на новую заходку;

- переукладку ж.д. пути.

При отвалообразовании мехлопатами уступ делят на два подуступа. На верхнем (рис.8.6) подуступе укладывают ж.д. пути, экскаватор устанавливают на промежуточном горизонте. Разгрузку породы осуществляют перед эскаватором, начиная с хвостового думпкара. Переукладку ж.д. пути в новое положение ведут ж.д. кранами с шагом передвижки 20-30 м.

При складировании пород экскаваторами ЭКГ-4,6, ЭКГ-8И и ЭКГ 12,5 с ковшом 10 и-16 м3 высота отвалов угольных разрезов на равнинной местности, достигает 25-30 м, а шаг переукладки пути 20-30 м.

По данным «Гипроруда» высота яруса отвала у экскаваторов ЭКГ-4,6, ЭКГ-5, ЭКГ-8И и ЭКГ-12,5 составляет: в скальных породах – 60 м, в полускальных – 30-40 м, в песчаных –25-30 м, в глинистых –15-20 м. Длина отвалов от 500 до 1500м, для ЭКГ-4,5 и ЭКГ-5, и от 500 до 2000 м - для ЭКГ-8И и ЭКГ-12. Шаг передвижки пути: - 21 м (ЭКГ-4,5 и ЭКГ-5); - 27 м (ЭКГ-8И); - 34 м (ЭКГ-12,5).

Драглайны применяют при складировании мягких горных пород Применение драглайнов позволяет увеличить высоту отвалов и шаг переукладки ж.д. пути в соответствии с линейными параметрами экскаватора. Например на разрезах «Им. Вахрушева» (ЭШ10/70) и «Лучегорский» (ЭШ10/60) шаг передвижки пути составляет 156 и 103 м, соответственно и осуществляется через 1,5-2 года.

**8.5. БУЛЬДОЗЕРНЫЕ ОТВАЛЫ.**

К отвальному оборудованию непрерывного действия относят: многочерпаковые отвальные экскаваторы (абзетцеры), консольные отвалообразователи и транспрртно отвальные мосты. Это оборудование применяют при разработке и складировании мягких пород.

Применяют обычно при доставке породы в отвал автомобильным и ж.д. транспортом. Отвальные работы предусматривают выгрузку породы, планировку отвалов и дорожно-планировочные работы.

Отвалообразование может проводится периферийным и площадным способами. В первом случае порода разгружается прямо под откос в непосредственной близости от него, а затем бульдозерами перемещается к верхней бровке отвала (Рис. 8.7). В втором случае порода разгружается по всей площади отвала, затем её планируют бульдозерами и укатывают катками, после чего отсыпают следующий слой, расстояние перемещения пород бульдозерами в этом случае составляет 5-15 м. Площадной способ применяют при складировании малоустойчивых мягких пород.

В соответствии с ПБ разгрузку породы из автосамосвала проводят по периферии отвального фронта на расстоянии 3-5 м от верхней бровки отвала, за возможной призмой обрушения.

Высота бульдозерного отвала: при автотранспорте: скальные породы – 25-50 м, песчаных – 15-20 м, глинистых – 10-15 м;

при ж.д. транспорте (Рис. 10.10): скальные породы – 60 м, полускальные – 30-40 м; песчаные – 25-30 м, глинистых – 15-20 м.

Расчеты бульдозерных отвалов заключаются в определении общего числа рабочих участков, участков в планировке и резервных участков в зависимости от суточного объёма вскрышных работ, числа одновременно разгружающихся автомобилей, их габаритов и безопасных зазоров при маневрах.

Бульдозерный способ отличается простотой, дешевизной и высокой производительностью

**8.4. ОТВАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Абзетцеры применяют при доставке пород на отвалы ж.д. транспортом. Наибольшее распространение получили абзетцеры с разгрузочным ленточным конвейером. Эти экскаваторы позволяют отсыпать отвалы в два яруса с одной разгрузочной площадки.

Консольные отвалообразователи применяют на внешних и внутренних отвалах при доставке пород конвейерным транспортом. В этом случае оборудование карьера включает ленточный конвейер, принимающий породу от магистрального конвейера и консольного ленточного отвалообразователя, спомощью которого порода отсыпается в отвал (рис. 8.8). Схемы непрерывных комплексов передачи вскрышных пород карьера в отвал с применением конвейерного транспорта приведены на рисунке 8.9 и 8.10.

Консольные отвалообразователи выпускают на шагающем и гусеничном ходу.

Консольные отвалообразователи могут работать в паре с многоковшовыми (роторными и цепными) экскаваторами.

|  |  |
| --- | --- |
| https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image212.jpg | Рис.8.9. Схема передачи вскрышных пород из карьера во внешний отвал конвейерным транспортом  |
| https://ok-t.ru/studopediaru/baza2/2064458177602.files/image214.jpg | Рис. 8.10. Схема передачи вскрышных пород карьера во внутренний отвал конвейерным транспортом  |

*Транспортно отвальные мосты* применяют при внутреннем отвалообразовании в сочетании с роторными имногочерпаковыми цепными экскаваторами

Транспортно отвальный мост – подвижная металлическая конструкция, устанавливаемая поперек карьерного поля и соединяющая вскрышные забои с внутренним отвалом.

Мост представляет собой металлическую ферму с забойной и отвальной консолью в которой проложен ленточный конвейер. Ферма опирается на две опоры перемещающиеся вдоль фронта уступа по специально проложенным ж.д. путям.

Достоинства – высокая производительность. Недостаток – ограниченная область применения – горизонтальные и пологие залежи

**9. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горным работами**

Рекультивация земель – комплекс мероприятий направленный на восстановление народно-хозяйственной ценности земель, нарушенных горными работами, и снижение отрицательного воздействия последствий разработки месторождений на окружающую среду.

Обычно процесс рекультивация подразделяется на два вида: - горнотехническую и биологическую.

Задача горнотехнической рекультивации – подготовка нарушенных земель к проведению мероприятий по восстановлению плодородия, производства сельскохозяйственных и лесохозяйственных работ, а также работ по освоению водоёмов.

Горнотехническая рекультивация (горнотехническое восстановление) проводится в соответствии с утвержденным проектом рекультивационных работ.

В комплекс мероприятий горнотехнической рекультивации входят:

- сокращение до рационально возможного минимума площади отчуждаемой для деятельности предприятия земли;

- применение техники и технологии, обеспечивающих максимальное снижение вредного воздействия горных работ на окружающую среду;

- раздельное снятие и сохранение почвенного слоя;

- раздельную выемку почвообразующих и токсичных пород;

- селективное формирование отвалов и покрытие их поверхности слоем плодородной почвы или размещение внешних отвалов в оврагах, балках и других непригодных площадях;

- восстановление или строительство новых подъездных путей к восстановленной территории.

Горнотехническая рекультивация начинается одновременно с началом строительства или реконструкции карьеров и продолжается на протяжении всего времени разработки месторождения, с тем, чтобы еще в период эксплуатации карьера подготовить условия скорейшего возвращения народно-хозяйственной ценности земель.

Основной объем работ по горнотехническому восстановлению занимает отвалообразование. В зависимости от конечных целей рекультивации и агрохимических свойств, складируемых в отвалах пород, применяются различные его способы формирования отвалов, а именно: раздельный (селективный), валовый и валовый с покрытием отвалов слоем плодородной почвы.

При селективном отвалообразовании в нижнюю часть отвалов укладывают неплодородные (скальные, токсичные, термически активные и т.п.) на них — почвообразующие (суглинки, глины, кварцевые пески), а затем на них — почвообразующие. При этом, углистые сланцы и другие термически активные породы перекрывают слоем глиной толщиной не менее 1 м.

Предварительно спланированный отвал, покрывают слоем плодородной почвы, толщина которого должна быть не менее: - 1м для сельскохозяйственной рекультивации и 1,5—2 м для садово-парковой или лесной.

В зависимости от принятой схемы горнотехнической рекультивации плодородные почвы могут укладываться на поверхность отвала сразу следом за горными и отвальными работами, либо они предварительно складируются, а затем, по мере формирования нижних слоев отвалов используются для покрытия спланированного отвала.

Когда в составе подлежащих складированию в отвалы пород нет скальных, токсичных и термически активных, применяется валовый способ отвалообразования с использованием мощного технологического оборудования карьера. Себестоимость валового способа укладки пород в отвалы значительно ниже селективного, к качество рекультивации значительно хуже.

**Техническая рекультивация**по окончанию работ карьера заключается в выполаживании или террасировании откосов отвалов и бортов карьера; ликвидации последствий усадки отвалов; проведении противоэррозивных мероприятий.

При выполаживании откосам придают сплошную или террасную форму. В зависимости от свойств пород вскрыши и целей использования земель угол выполаживания принимают от 10 до 280. Наибольшая высота террас для земель сельскохозяйственного использования – 5 м, при поперечном уклоне террасы до 1,5 – 20.

Горнотехническая рекультивация – наиболее дорогостоящая часть работ по рекультивации земель. На её длю приходится до 80 – 90% общих затрат, предназначенных на рекультивацию ландшафта.

Основную долю затрат на горнотехническую рекультивацию земель для сельского хозяйства составляют затраты на селективную выемку и укладку почвенного слоя. При совмещении работ по горнотехнической рекультивации с основными технологическими процессами (вскрышные и отвальные работ) затраты снижаются более чем в 2 раза.

Расходы на рекультивацию земель относятся на себестоимость добычи полезного ископаемого

**Воднохозяйственная рекультивация.**В комплекс мероприятий этого вида рекультивации входят:

- оптимизация уровня грунтовых вод в пределах отведенной горному предприятию территории (в одних случаях — создание системы дренирования, в других — повторное закачивание вод в водоносные горизонты);

- организация защиты от водной эрозии рекультивационных участков земли и заболачивания временно отчужденной территории;

- создание гидротехнических сооружений для сбора и сбросаг паводковых и дождевых вод;

в отдельных случаях строительство оросительной системы.

Большие по объему выработанные пространства карьера целесообразно использовать под искусственные водоемы различного назначения.

**Биологическая рекультивация**проводится самим горным предприятием, или, специализированными организациями за счет средств предприятия.

Биологическая рекультивация в зависимости от конкретных условий проводится в трех основных направлениях:

- сельскохозяйственное — восстановление плодородия нарушенных земель до такого состояния, чтобы на них можно было успешно выращивать сельскохозяйственные культуры, посев неприхотливых, улучшающих почву, создающих гумус растений (густонаселенные районы с развитым или развиваемым сельским хозяйством);

- лесохозяйственное — восстановление нарушенных земель до состояния, пригодного для выращивания эффективных видов деревьев, кустарников, посадка их, а также многолетних луговых и пастбищных растений (малонаселенные отдаленные районы, в которых на ближайшее время не намечается интенсивного развития сельского хозяйства);

ландшафтно-парковое (рекреационная) — озеленение отвалов, создание парков, стадионов, катальных горок, прудов и т.п. мероприятий по восстановлению или созданию благоприятного для здоровья и культурного отдыха людей пригородного ландшафта.

- рыбохозяйственная – создание в понижениях техногенного рельефа рыбоводческих водоёмов;

- водохозяйственная – создание водоёмов различного назначенияэ.

**Строительная рекультивация -** освоение нарушенных земель под гражданское или промышленное строительство.

Иногда выработанные пространства карьеров оборудуют под шламохранилища обогатительных фабрик, для чего сооружают обваловочные и разделительные дамбы, обустраивают водоводы, пульповоды, водоспуски, водо-перепускные и дренажные устройства, бурят наблюдательные, или водо-понижающие скважины и др.

Работы по рекультивации завершаются строительством новых или восстановлением имевшихся подъездных дорог, связывающих населенные пункты с рекультивированной территорией, а также новых магистральных дорог по этой территории.

**10.ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

**10.1 Осушение карьрных поле и карьеров**

Различают два вида осушения месторождения: предварительное и текущее. **Предварительное осушение** производят до начала разработки. Оно предназначено для понижения уровня подземных вод и осушения участков, подлежащих разработке в первую очередь. **Текущее осушение** производят одновременно с разработкой месторождения.

Применяют поверхностный, подземный и комбинированный способы осушения.

Поверхностный способ применяют в случаях, когда водоносные горизонты и горизонт грунтовых вод находятся на небольшой (80-100 м) глубине в породах с хорошей водоотдачей. Реализация способа осуществляется, бурением и обустройством вертикальных и горизонтальных водопонижающих и водопоглащающих скважин, иглофильтровых установок и опережающих поверхностных траншей.

**Водопонижающие** [скважины](https://studopedia.ru/3_22250_naznachenie-skvazhin-i-ih-konstruktsii.html) диаметром 200-800 мм проводят для снижения уровня (напора) в водоносных горизонтах, залегающих на глубинах 25 - 500 м, мощностью свыше 10 м, с коэффициентом фильтрации более 1 м/сут. Их бурят до подошвы водоносного горизонта, при пересечении водоносных горизонтов оборудуют фильтрами или перфорированными трубами (в трещиноватых породах) и оснащают [погружными насосами](https://studopedia.ru/1_80458_pogruzhnie-tsentrobezhnie-nasosi.html).

**Водопоглащающие** скважины сооружают для перепуска воды из верхних горизонтов с низкими фильтрационными свойствами в нижние с более высокими фльтрационными свойствами, когда величина напора воды в нижних горизонтах ниже напора на уровне залегания толщи разрабатываемого полезного ископаемого. Разность уровней в дренируемом и поглощаемом горизонтах, обычно поддерживается водопонижающими скважинами.

**Горизонтальные дренажные скважины** (диаметром 50 – 300 мм и длиной 50 – 100 м) сооружают для самотечного осушения уступов рабочего и нерабочих бортов карьеров в песчаных породах. (Осушительный эффект горизонтальных скважин выше чем вертикальных, при расстоянии между дренами равным их длине коэффициент «заслона» составляет более 90%.)



**Опережающие траншеи** (канавы) сооружают для снижения уровня воды в маломощных (до 10 м) и неглубоко (до 15 м) залегающих водоносных горизонтов, проводимых при помощи специальных траншейных экскаваторов. Откачка воды из траншей производится центробежными низконапорными насосами, а при благоприятном рельефе местности удаляется самотеком. [Иглофильтровые установки](https://studopedia.ru/9_55991_iglofiltrovie-ustanovki.html) применяют для временного и локального понижения уровня подземных вод в песчаных и песчаноглинистых породах с коэффициентом фильтрации 0,2-0,3 м/сут. (Коэф. фильтрации (по [*Дарси*](https://studopedia.ru/10_255410_zakon-darsi-i-predeli-ego-primenimosti.html)) – скорость фильтрации воды при напорном градиенте, равном единице).

Иглофильтровальные установка состоит из иглофильтра (1), коллектора (2) и насосного агрегата (3), Рис. 10.1, а ). Иглофильтр (Рис. 3.1, б) представляет собой колону труб оканчивающихся фильтровым звеном с режущим наконечником. Фильтровое звено иглофильтра (длиной около 1 м) состоит из двух труб: наружной (целиком перфорированной, с проволочной обмоткой и латунной сеткой) и внутренней (с отверстиями и плавающим шариковым клапаном на нижнем конце либо как в эжекторе – насадкой и соплом). При создании насосным агрегатом вакуума в иглофильтре клапан перекрывает нижнее отверстие внутренней трубы и вода поступает только через фильтр наружной трубы. Различают иглофильтры передвижные и легкие, отличающиеся только числом фильтров и производительностью. По расположению в плане различают однолинейные, двухлинейные и кольцевые, в разрезе – одноярусные (на одном уступе), двухярусные (на двух уступах).

Основной недостаток **иглофильтровальных установок.**малая высота подъема воды (6-8 м, 6 м для легких иглофильтров).

**Текущее осушение**осушествляется в вариантах опткрытого вододотлива (рис 10.2) и подземноговдоотлива(рис 10.3)



При глубоком залегании водоносных горизонтов применяют **подземный способ осушения** с использованием сети подземных дренажных штреков, сквозных фильтров, водопонижающих колодцев, опережающих выработок, восстающих, горизонтальных и наклонных скважин, пробуренных из дренажных горных выработок.

Дренажные штреки проводят по кровле или почве полезного ископаемого, реже по пустым породам. Дренажные штреки сообщаются с поверхностью через штольни или стволы (Рис. 10.3.).


Дренаж воды в подземные выработки осуществляется через естественные трещины и тектонические нарушения, а при наличии водоупорных пород (мощностью более 2-3 м) в кровле или почве пласта с помощью дренажных скважин различного назначения и направленности. Например, для дренирования воды в штреки из вышележащих водоносных горизонтов при наличии водоупоров используют сквозные фильтры, представляющие собой скважины диаметром 100-500 мм, пробуренные в кровлю штрека с поверхности, или из самой выработки и обсаженные трубами с фильтрами в интервалах водоносных горизонтов. Применяют для дренажа водоносных горизонтов мощностью более 15 м, залегающих над полезным ископаемым на расстоянии свыше 30 м. Восстающие скважины (ø 50-125 мм), проводят из подземных выработок и оборудуют фильтром в интервале водоносных горизонтов. Их применяют для дренажа водоносных горизонтов залегающих на расстоянии 2-30 м от кровли выработки.

Для дренажа воды из водоносных горизонтов, расположенных ниже дренажной выработки проходят водопонижающие колодцы или бурят нисходящие водопонижающие скважины. Водопонижающие колодцы – вертикальные горные выработки закладывают на пониженных участках почвы выработок. Откачка воды из них осуществляется центробежными насосами. Опережающие скважины (ø 70-200 мм) проводят из подземных выработок в направлении обводнённых участков, содержащих напорные воды в целях предотвращения внезапных прорывов воды в забой выработки при её проведении.

Для повышения эффективности дренажных устройств и увеличения темпов осушения месторождений используют: гидравлический разрыв пород, торпедирование скважин, в карбонатных породах - кислотную обработку скважин, в песчаных породах – вакуумирование скважин, нагнетание в водоносный горизонт воздуха, электроосмос (дренажная скважина – катод, а специальные трубы между ними – анод) и пр.

**Основные достоинства подземного дренажа**:

- высокая степень централизации водотлива;

- возможность использования как в хорошо проницаемых, так и сравнительно слабо проницаемых породах (с коэффициентом фильтраци k = 1-5 м/сут);

- простая организация внутрикарьерного водоотлива; относительно низкая стоимость эксплуатации.

**Основные недостатки**:

- большие технические трудности проведения подземных выработок в сложных гидрогеологических условиях (требуется большое число водопонижающих скважин для предварительного снижения напоров воды при проведении выработок);

- большая продолжительность строительства (годы), (поэтому в период строительства и первых этапах эксплуатации карьера чаще всего используется системы водопонижающих скважин и средства открытого водоотива).

**Преимущества систем поверхностного осушения водопонижающими скважинами (оборудованных погружными насосами):**

- техническая простота исполнения;

- относительно малые первоначальные капитальные затраты;

- относительно быстрый ввод в эксплуатацию;

- высокая оперативность реагирования на изменение условий дренирования месторождения.

**Недостатки систем поверхностного осушения** **с использованием водопонижающих скважин:**

- малая эффективность в слабопроницаемых породах (при коэф. фильтрации k)

- необходимость откачки воды большим числом самостоятельных водоотливных установок;

- большие эксплуатационные затраты связанные с обслуживанием большого числа насосов, часто выходящих из строя;

- трудность централизованного водоотвода.

**Комбинированное водоосушение** является комбинацией способов поверхностного подземного дренажа воды.

**Общим недостатком всех схем осушения карьерных полей является:**

- высокие затраты на выполнение дренажных работ (на месторождениях со сложными гидрогеологическими условиями - до 15-20% от общих вложений на строительство и эксплуатацию карьера;

- нарушение гидравлических и гидрохимических режимов подземных и поверхностных вод в районе открытых разработок при длительном дренаже Проявляющихся в снижение уровня подземных вод в радиусе нескольких десятков км, появлении депрессионных воронок, истощение водных ресурсов, загрязнение поверхностных водотоков и водоемов карьерными водами;

- нарушению природного ландшафта на огромных территориях, и т.д.

Эффективность того или иного вида дренажа на карьерах осуществляется соответствующими гидрогеологическими расчетами, а окончательный выбор способа производится на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

**Барраж**.

Барраж – способ защиты карьеров от подземных вод путем полного или частичного ограждения горных выработок с помощью водонепроницаемых устройств.

При барраже уровень подземных вод в пределах водонепроницаемых устройств снижается за счет водоотлива или дренажа, за их пределами он остается близким к естественному или несколько повышается за счет подпора.

Барраж обеспечивает охрану ресурсов подземных вод, снижает эксплуатационные расходы на осушение – откачку статических запасов воды в пределах контура защищенного участка.



Барраж осуществляется с помощью **инфузионных, инъекционных, криогенных и шпунтовых барражных устройств (занавесей).**

**Инфузионные** (заливные, засыпные) устройства представляют собой узкие вертикальные выработки (щели или траншеи), пройденные спецмашинами, траншеекопателями, экскаваторами до водоупорной подошвы обводненных пород (песчаники, гравелистые породы, галечники) и заполненных глиной, глиноцементным раствором, рулонным синтетическим материалом и т.п. Применяют при небольшой (до 50 м) глубине залегания водоупоров выдержанных (в плане и разрезах) водоносных горизонтах и слабой проницаемости разрабатываемых пород.

**Инъекционные** (нагнетательные) устройства сооружаются путем цементации, глинизации, силикатизации и смолизации пород через нагнетательные скважины (требуют меньшего расхода тампонажного материала и применяется на глубинах до нескольких сотен м.).

**Криогенные** (ледопородные) создаются путем искусственного понижения температуры пород и замораживании содержащейся в ней воды.

**Шпунтовые устройства** сооружаются путем забивки металлических, бетонных и др. свай в печано-глинистые породы (без крупных включений крепких пород) при небольших глубине залегания и толщине водоносных пород.

По схеме расположения в плане барражные устройства подразделяются на линейные, контурные, замкнутые и незамкнутые; по схеме расположения в разрезе – на совершенные (см рис.) заглубленные на 0,5-1,0 м в водоупор и несовершенные – не доходящие до водоупора (применяются в скальных породах с затухающей вглубь трещиноватостью).

**10.2 ПРОВЕТРИВАНИЕ КАРЬЕРОВ**

Проветривание карьера – устойчивое поддержание во всех действующих горных выработках атмосферы в состоянии надлежащей чистоты по составу и соответствующего теплового комфорта.

Проветривание карьеров осуществляется, как правило, естественным путем, реже – принудительно.

**Естественное проветривание** осуществляется за счет действия естественных вентиляционных сил ветра и тепла в процессе которого происходит вынос вредных примесей из карьера и поступления в него свежего воздуха.

В зависимости от того, самостоятельно или совокупно действуют в карьере эти силы, различают четыре аэродинамические схемы: - конвективную, инверсионную, прямоточную и рецеркуляционную.



Конвекционная схема (рис. 10.5) – обмен воздуха в карьере происходит за счет восходящих потоков воздуха, возникающих за счет притока тепла, например, за счет окислительных процессов. Скорость потока воздуха на бортах карьера возрастает в направлении снизу вверх. При глубине карьера до 100-120 м у верхней кромки карьера обычно не превышает 1,5 м. Схема мало эффективна.

Инверсионная схема (рис. 10.6) – возникает при восходящем потоке более теплого воздуха по площади карьера и заполнении карьера более холодным воздухом, стекающим по его бортам от верхнего контура к подошве. Схема наиболее неблагоприятна, так как при ней происходит накопление вредных примесей, а их вынос начинает происходить лишь после полного заполнения карьера холодным воздухом.

Прямоточная схема (рис.10.7) – проветривание осуществляется турбулентной струей первого рода. Схема возникает при скорости ветра 1 м/с и более в карьерах с углами откоса подветренного борта менее 0,26 рад. (150) при равном опережении уступов этого борта. Деформации скоростного поля внутри потока ограничивается линией ОАК на которой горизонтальная составляющая скорости V максимальна и равна V0. Скорость воздуха в зоне карьера (в объеме ОКСО) изменяется по косинусоиде от V = 0.725V0 на линии ОК до 0 у поверхности уступов подветренного борта.



Рециркуляционная схема проветривания (Рис. 10.8) – проветривание осуществляется турбулентными струями первого и второго рода, создаваемыми ветровыми потоками. По этой схеме в карьере имеются две зоны с различным характером движения воздуха в них – зона сопутног и обратного потока.

Схема возникает при скорости ветра равной и более 1 м/с в карьере с углами откосов подветренного борта более 0,28 рад (150), или с углами откоса равным или менее 0,28 рад (150) при различном опережении уступов относительно друг друга. Для этой схемы характерным является наличие зоны непрерывной рецеркуляции части воздушного потока по замкнутому контуру, что может являться причиной общего загрязнения атмосферы в этой зоне.

**Принудительное проветривание** применяется при загрязнении небольших объемов внутрикарьерного пространства (экскаваторные забои, перегрузочные пункты, места взрывных работ и т.п.) или карьера в целом. Для принудительного проветривания используют вентиляторы с трубопроводами и специальные карьерные вентиляторные передвижные установки.

Общеобменная принудительная вентиляция применяется при больших зонах загрязнения в карьерах или при загрязнении карьера в целом. Для её осуществления используют мощные вентиляционные установки на базе винтовых и турбовинтовых и турбореактивных авиационных двигателей (АИ-20КВ, НК-12КВ, УВУ-1) на ж.д., автомобильном или гусеничном шасси, а также конвекционные тепловые установки (УТ-ЛФИ-2, УКПК-1). (А – агрегат; И – изотермический, У – увлажнительная, Н – низкотермическая). /В конвекционных установках используют жидкое или газообразное топливо. Работают с горелками в цилиндрическом корпусе или пустотелой ферме./

**Характеристики В.у. имеют широкий диапазон значений:**

- начальный расход воздуха от 125 до 3770 м/с;

- мощность от 220 до 80000 кВт;

- дальнобойность струи до 1300м;

- расход воздуха в конце активного участка струи до 80000 м3/с;

- часовой расход топлива до 7900 кг; - электрическая мощность до 1000 – 1200 кВт.

Эффективное проветривание рабочих зон крупных карьеров возможно при использовании систем вентиляции, состоящих из нескольких мощных вентиляторов, расположенных в карьерном пространстве с учетом конфигурации карьера и рельефа окружающей местности

**10.3 БОРЬБА С ПЫЛЬЮ**

(Локальные методы профилактики загрязнений воздушной среды на рабочих местах. Пылеподавление на автодорогах, погрузке горной массы, буровых работах, взрывных работах, на отвалах и прилегающей к карьеру поверхности)

Локальное подавление и улавливание вредных примесей в местах их выделения является наиболее кардинальным решением проблемы нормализации атмосферы в карьерах.

**Пылеподавление на автодорогах**. Для борьбы с выделением пыли на полотно карьерных автодорог рекомендуется использовать: усовершенствование их покрытий (железобетонные плиты, асфальт, щебеночное покрытие); периодическое увлажнение их поверхности; обработку полотна дорог различными вяжущими материалами и др.

Увлажнение автодорог осуществляется поливочными машинами. ПМ-130 (на базе автомобиля ЗИЛ-130), а также поливочные машины на базе автомашин КрАЗ-256 и БелАЗ-540.

**Число машин Nп.мдля поливки автодорог рассчитывается по формуле:**



где k - коэффициент резерва поливочных машин, равный 1,15-1,25; Lк.д- протяженность карьерных автодорог, находящихся в эксплуатации, км; b - средняя поливочная ширина дороги, м; **-**nоб - частота поливок дороги в час; g - удельный расход воды на поливку, м3/(м2/ч); Qп- производительность поливочной машины, м3/ч.

Повышение эффективности пылеподавления на карьерных автодорогах обеспечивается применением и различных вяжущих материалов. При положительных температурах используются универсин, [лигносульфонаты](https://studopedia.ru/4_168016_lignosulfonatov.html), [полиакриламид](https://studopedia.ru/10_186307_poliakrilamid.html) и их комбинации. При отрицательных температурах для сохранения пылеподавляющего эффекта в составы растворов вводятся хлориды (СаС12, NaCl, MgCl).

Применение хлористого кальция при удельном расходе 0,6 кг/ м2 позволяет в течение 15÷25 дней существенно снизить пылеобразование на карьерных дорогах. Разработаны составы для закрепления пылящих поверхностей на основе лигносульфонатов (ЛСТ), полиакриламида (ПАА) и хлоридов. Эти составы позволяют получить покрытия, стойкие к выщелачиванию водой и трещинообразованию от перемены температуры, ветровых нагрузок и солнечной радиации. Хлористые соли обеспечивают высокую морозостойкость растворов.

На карьерных автодорогах рекомендуется водный раствор состава: ЛСТ - до 10%; ПАА - до 0,5%,

При закреплении бортов карьеров и около карьерной территории рекомендуется водный раствор состава: ЛСТ - 5,0 %; ПАА - 0,2 %.

Применение рекомендуемых составов позволяет снизить запыленность воздуха до санитарных норм на автодорогах от 12 до 18 суток, на бортах и около карьерной территории от 75 до 90 суток.

### Пылеподавление на погрузке горной массы*.*

Основным способом борьбы с пылью на выемочно-погрузочных работах является предварительное увлажнение взорванной горной массы

Для увлажнения используются гидро-мониторно-насосные установки в комплексе гидропоезда или специальной поливочной машины.

Расход воды на орошение одного забоя (т) можно определить по формуле

, т

где qв- удельный расход воды, т/т (определяется экспериментально для каждых условий); qn - производительность поливочной машины, т/ч; Т - время между орошениями, ч.

**Пылеподавление на буровых работах**. Достигается применением при бурении скважин систем воздушно-водяной продувки. Смесь воды с воздухом готовится в специальных смесителях или вертлюгах станков, подается в буровой став и выбрасывается из продувочных отверстий долота на забой скважины. Смоченная буровая мелочь и захваченная водяными каплями пыль в виде шлама отбрасывается от устья скважины вентилятором.

Способ пылеподавления воздушно-водяной смесью используется на станках СБШ-200,2СБШ-200,2СБШ-200Н, СБШ-250МН, СБШ-320и др.

Для повышения смачивающих свойств воды используется добавка поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение воды, улучшают ее смачивающую способность и диспергирование.

**Пылеподавление на взрывных работах**. Снижение запыленности воздуха в карьерах при массовых взрывах прежде всего достигается гидрообеспыливанием.

При гидрообеспыливащщ используют водяную забойку. Водяная забойка может быть внешней, внутренней и комбинированной. Внешняя забойка располагается непосредственно около устьев скважин. Она может иметь несколько емкостей над одной скважиной или одну емкость, располагаемую над рядом скважин. Наиболее приемлемым гидроизолирующим материалом для емкостей является полиэтилен. Внешняя водяная забойка представляет собой полиэтиленовый рукав диаметром 0,93 м и более, который укладывается вдоль рядов скважин на длину, определяемую состоянием поверхности уступа и контуром взрывных скважин, и заполняется водой из поливочной машины. При заполнении рукавов высота слоя воды составляет около 0,2 м.

Внутренняя водяная забойка осуществляется с применением полиэтиленового рукава, который опускается в скважину и заполняется водой из поливочной машины. Полиэтиленовый рукав помещают в скважине непосредственно над зарядом ВВ.

**Пылеподавление на отвалах**. Рекомендуется связывать пыль на поверхностях отвалов химическими закрепителями. Медленнораспадающаяся 60%-ная битумная эмульсия на сульфитно-спиртовом эмульгаторе, разбавляется до 20%-ной на месте производства работ и наносится на поверхность уступов гидромонитором оросительной машины на базе автосамосвала КРАЗ-222, используемой в карьерах для орошения экскаваторных забоев. Расход битумной эмульсии составляет 30\_л/м2.

После нанесения эмульсии на поверхность уступа образуется тонкая планка, препятствующая взметыванию пыли.

Для пылеподавления на прилегающей к карьеру территории применяют увлажнение, химическое закрепление, биологический способ и их комбинации.

Целесообразно использование таких закрепителей как водные растворы полиакриламида и его комбинации с лигносульфанатами. Максимальная прочность корки на продавливание была получена при закреплении 0,2%-ным раствором полиакриламида при расходе 6-8 л/м2.

Наиболее перспективным способом предотвращения эрозии прилегающих к карьерам площадей является применение биологического способа, т.е. создание насаждений.

**Литература:**

|  |
| --- |
| Основная  |
| 1. Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н. Косьминов Е.А. и др. Основы горного дела. М., МГГУ, 2007.  |
| 2. Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н. Косьминов Е.А. и др. Основы горного дела. М., МГГУ, 2000  |
| 3. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть 1 и2. М., Недра, 1985.  |
| 4. Фомин С.И. Основы технологии горного производства./ Санкт-Петербургский горный институт. СП-б, 1994.  |
| Дополнительная  |
| 1. Справочник открытые горные работы. М., Недра, 1995  |
| 2. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. М., Недра, 2003.  |