

## ГЛАВА 6

# ОСНОВЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



Открытая разработка ведется непосредственно с земной поверхности. Поэтому применялась она еще в древнейшее время, когда извлекались только те полезные ископаемые, которые залегали наиболее близко к земной поверхности. По мере увеличения глубины работ открытый способ становился невыгодным, так как удаление увеличивающегося объема пустых пород посредством мускульного труда было слишком трудоемким и дорогим. Поэтому открытый способ разработки на длительное время был в основном вытеснен подземным, при котором не требовалось выемки пустых пород. Лишь с конца XIX века в связи с внедрением горных машин открытые работы начали получать широкое распространение. С этого времени, а особенно в 30—50 годы XX столетия, применение открытого способа разработки непрерывно расширялось во всем мире. Так, если в 1950 г. доля добычи угля открытым способом составляла 11 %, то к 1980 г. она увеличилась до 38 %, а по Кузбассу составляет более 40 %. За это же время объем добычи железной руды возрос с 44 до 88 %.

В России наиболее старыми являются Уральские железорудные карьеры. Горные работы в них ведутся с XVIII века — на Гороблагодатском с 1735 г., на Высокогорном с 1781 г. Однако техническая оснащенность карьеров была низкой — преобладали ручная погрузка и конная откатка грузов. Горное машиностроение было развито слабо. Путиловский завод, единственный в России изготовлявший экскаваторы, выпустил всего 25 штук. Они были громоздкие, малопроизводительные, с паровым приводом и на железнодорожном ходу.

Значительное развитие открытых горных работ началось в период первых пятилеток. Были введены в действие такие крупные карьеры, как Магнитогорский железорудный (1930 г.), Кунградский меднорудный (1936 г.), Краснобродский и Бачатский угольные разрезы (1948—1950 гг.) и др.

Наиболее быстрое развитие открытых горных работ началось в послевоенный период, чему способствовал выпуск современного карьерного горнотранспортного оборудования. В период 1947—1950 гг. на карьеры стали поступать экскаваторы СЭ-3, драглайны ЭШ-4/40, ЭШ-6/60, ЭШ-14/65, большегрузные автосамосвалы и думпкары и другая техника, что способствовало значительному улучшению технико-экономических показателей открытого способа добычи. Для разработки скальных пород в дальнейшем были созданы новые буровые станки шарошечного и огневого бурения, карьерные экскаваторы мехлопаты с ковшом вместимостью до 20 м<sup>3</sup>, думпкары грузоподъемностью 180 т, автосамосвалы грузоподъемностью 110—180 т, а также целая серия вспомогательного оборудования.

С внедрением новой техники совершенствовались технология ведения горных работ и параметры карьеров. Сейчас проектируются карьеры глубиной до 700 м. Высота уступа увеличилась с 7 до 40 м. Широкое применение получили бестранспортные и транспортно-отвальные технологические схемы, повысилась интенсивность отработки (углубка карьеров достигает 15—20 м/год), возросла производственная мощность карьеров.

Техническими направлениями развития открытого способа разработки предусматриваются:

- увеличение производственной мощности действующих и строительство новых крупных карьеров с годовой добычей полезного ископаемого до 10—20 млн. т;
- разработка рыхлых и полускальных пород с применением комплексов непрерывного действия, в том числе роторных экскаваторов, ленточных конвейеров, консольных отвалообразователей с производительностью до 12,5 тыс. т/ч;
- расширение области применения технологических схем с перевалкой породы в выработанное пространство драглайнами с ковшами вместимостью 40—100 м<sup>3</sup> и длиной стрелы 100—150 м;
- внедрение циклично-поточной технологии при выемке крепких пород и руд с дроблением их в карьере на передвижных дробилках и транспортированием конвейерами;

- широкое применение новых моделей горнотранспортного оборудования: шарошечных станков СВБ-320, экскаваторов ЭКГ-20, гидравлических ЭГ-12,5 и ЭГ-20, погрузчиков с ковшом вместимостью 25 м<sup>3</sup>, автосамосвалов грузоподъемностью 110—180—250 т;

- полная механизация путевых и вспомогательных работ на карьерах;

- внедрение автоматических систем управления (АСУ), математических методов и ЭВМ для проектирования, планирования и управления, реализация комплекса мероприятий по охране окружающей среды.

Реализация этих технических направлений, внедрение новой техники и технологии позволят еще больше повысить эффективность открытого способа разработки.

## 6.2

### ОБЪЕКТЫ И УСЛОВИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ

#### 6.2.1

#### ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

*Открытая разработка* включает два основных вида работ — *вскрышные* и *добычные*. Вскрышные работы заключаются в удалении пустых пород, обеспечивающем доступ к полезному ископаемому и его добыче. В результате вскрышных работ образуется карьер.

*Карьером* называют горное предприятие, осуществляющее открытую разработку месторождения и имеющее совокупность открытых горных выработок, служащих для вскрытия, подготовки и добычи полезного ископаемого. Открытые горные работы примыкают непосредственно к земной поверхности.

Вскрышные и добычные работы ведутся совместно, причем вскрышные несколько опережают добычные работы во времени

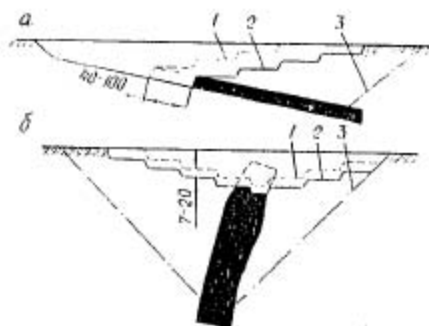


Рис. 6.1. Схемы открытой разработки месторождения пологой (а) и крутой (б) залежей:

1 — положение горных работ на начало года; 2 — положение горных работ на конец года; 3 — конечный контур карьера (борт)

и пространстве. На рис. 6.1 показаны последовательные этапы развития открытых горных работ при разработке пологих и крутых залежей. Контур открытых выработок непрерывно перемещается, занимая ежегодно новое положение.

Отличительные признаки открытых горных работ: добыча производится лишь после удаления пустых пород; размеры открытых горных выработок по всем направлениям значительны, что позволяет применять мощное оборудование больших размеров; удаление пустых пород и добыча полезного ископаемого производится в основном экскаваторным способом; горнотранспортное оборудование характеризуется большими размерами и высокой производительностью.

## 6.2.2

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Объектами горных разработок являются различные горные породы: *коренные* (магматические, метаморфические, осадочные), залегающие в толще земной коры на месте своего образования, и покрывающие их *наносы* — измельченные породы, перетолженные и перенесенные.

Свойства горных пород определяют выбор оборудования для их разработки и переработки. Для краткой технологической характеристики можно выделить следующие группы горных пород: рыхлые и мягкие, плотные, полускальные и скальные в массиве, полускальные и скальные разрушенные.

*Рыхлые и мягкие породы* легко без предварительного разрыхления отделяются от целика всеми видами горных машин. Сцепление между частицами пород не более 0,03—0,05 МПа.

*Плотные породы* (твердые глины, мел, бурые и каменные угли) отделяются горными машинами без предварительного рыхления. Эти породы сохраняют в массиве угол откоса до 60—70° при высоте уступа 10—20 м.

*Полускальные породы* при разработке требуют предварительного разрыхления взрывным способом. К ним относятся выветренные изверженные и метаморфические породы, а также осадочные породы (глинистые сланцы и песчаники, гематитовые руды, мергели, аргиллиты, алевролиты, каменные и прочие бурые угли).

*Скальные породы* отделяются от массива только рыхлением взрывом. К ним относятся изверженные и метаморфические породы (граниты, кварциты, базальты, габбро, сиениты, колчеданы), а также некоторые осадочные породы (песчаники, прочные известняки, кремнистые конгломераты и др.).

*Разрушенные горные породы* различаются по степени связности, кусковатости и прочности в куске. Коэффициент разрыхления сыпучих разрушенных пород составляет 1,4—1,65 и более; связноссыпучих разрушенных — 1,2—1,3; связноразрушенных — 1,03—1,05, сохраняют в насыпи крутой откос.

*Кусковатость пород* определяется по среднему линейному размеру куска  $d_{cp}$  и имеет пять категорий. Первая категория (очень мелконарушенные породы)  $d_{cp}$  менее 10 см и пятая (весьма крупноразрушенные)  $d_{cp}$  от 70 до 90 см.

### 6.2.3

## **УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ**

Открытым способом разрабатываются месторождения полезных ископаемых любой формы, залегающих в разнообразных природных условиях.

*По положению залежи* относительно дневной поверхности различаются месторождения: поверхностного типа, расположенные на поверхности или покрытые наносами небольшой мощности; глубинного типа, расположенные значительно ниже господствующего уровня поверхности; нагорного типа, расположенные на возвышенности или склоне горы; высотно-глубинного типа, частично расположенные на горе или на горном склоне.

*По углу наклона* к горизонту различают следующие залежи: горизонтальные или слабонаклонные — до  $10\text{--}15^\circ$ ; наклонные — от  $10$  до  $30^\circ$ ; крутые — более  $30^\circ$ .

*По мощности* различают залежи: тонкие — до  $2\text{--}3$  м; малой мощности — до  $10\text{--}20$  м; средней мощности —  $20\text{--}30$  м; большой мощности — более  $30\text{--}50$  м.

*По структурному строению* и распределению качества: залежи простые однокомпонентные с однородным строением и равномерным распределением качественных признаков; сложноструктурные многосортные и многокомпонентные.

*По преобладающим типам пород:* скальные вскрышные породы и крепкие руды; мягкие и плотные покрывающие породы; полускальные вскрышные породы и полезные ископаемые; мягкие вскрышные породы и мягкие или плотные полезные ископаемые.

Тип пород определяет в основном выбор технологической схемы и моделей основного выемочного и транспортного оборудования.

#### **6.2.4**

### **ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ**

Преимущества открытых горных работ по сравнению с подземными состоят в следующем: на карьерах обеспечиваются более высокая безопасность труда и лучшие производственные условия; производительность труда на карьерах в  $5\text{--}8$  раз вы-

ше, а себестоимость в 2—4 раза ниже, чем в шахтах; капитальные затраты, связанные со строительством карьера в 2—4 раза меньше, чем на строительстве шахт одинаковой с карьером мощностью; на карьерах меньше потери полезного ископаемого и легче производить раздельную выемку различных сортов руд; при открытой разработке месторождений легче увеличить в случае надобности производственную мощность предприятия.

Недостатки: необходимость отчуждения больших земельных угодий; понижение уровня грунтовых вод на больших площадях; зависимость от климатических условий, что наиболее сильно проявляется в условиях сурового климата.

Недостатки открытых горных работ в большинстве случаев перекрываются их преимуществами.

## 6.3

### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

#### 6.3.1

#### ЭЛЕМЕНТЫ КАРЬЕРА

#### И ОСНОВНЫЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

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

Часть месторождения, отводимая для разработки карьером, называется *карьерным полем*. Площадь карьерного поля обычно составляет от 0,5 до 4 тыс. га. Участок, занимаемый основными объектами карьера, называется земельным отводом. Площадь земельного отвода во много раз превышает площадь карьерного поля. На рис. 6.2 представлена схема основных объектов карьера в границах земельного отвода.

Месторождение при открытой разработке делят на горизонтальные или наклонные слои, которые обрабатывают с опережением верхними слоями нижних. Поэтому борта карьера, т. е.



его боковые поверхности, имеют ступенчатую, или уступную, форму (см. рис. 6.1).

**Уступом** называется часть толщи пород, имеющая рабочую поверхность в форме ступени и разрабатываемая самостоятельными средствами выемки, погрузки и транспорта. Обычно высота уступа принимается не менее высоты черпания экскаватора и на большинстве карьеров составляет 10—15 м, а иногда достигает 20—40 м.

Различают рабочие и нерабочие уступы. На рабочих уступах производится выемка пород или добыча полезного ископаемого. Уступ имеет нижнюю и верхнюю площадки, откос и бровки.

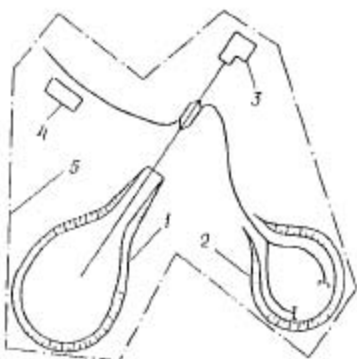
**Откосом** уступа называется наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства. Линии пересечения откоса уступа с его верхней и нижней площадками называются соответственно *верхней и нижней бровками*.

Горизонтальные поверхности рабочего уступа, ограничивающие его по высоте, называют *нижней и верхней* площадками. Площадка, на которой расположено оборудование для разработки, называется *рабочей площадкой*. Ширина рабочих площадок составляет 40—70 м и более. Если площадка свободна, ее называют *нерабочей*.

Угол наклона уступа  $\alpha$  к горизонтальной плоскости называется углом *откоса* уступа. Угол откоса рабочих уступов обычно равен 65—80°, а нерабочих — 45—60°.

Основные элементы уступа и технологии ведения вскрышных и добычных работ показаны на рис. 6.3.

Уступ разрабатывают последовательными параллельными по-



**Рис. 6.2.** Схема основных объектов карьера:

1 — карьерное поле; 2 — отвал породы; 3 — обогатительная фабрика; 4 — промплощадка; 5 — граница земельного отвода

лосами — *заходками* шириной 10—20 м с применением или без применения буровзрывных работ. Торец заходки называется *забоем*. Часть заходки по ее длине, подготовленная для разработки, называется *фронтом работ уступа*.

Подготовка фронта работ заключается в подводке транспортных путей (железных дорог или автодорог) и линии электропередачи. Обычно в работе находятся несколько уступов. Боковые поверхности, ограничивающие карьер и его выработанное пространство, называют бортом карьера.

Как указывалось выше, вскрышные работы — это работы по удалению пустых пород, вмещающих полезное ископаемое. В этой связи количественная оценка перемещаемых вскрышных пород производится с помощью специального показателя — коэффициента вскрыши.

*Коэффициент вскрыши* показывает, какое количество вскрыши необходимо переместить для добычи единицы полезного ископаемого. Коэффициент вскрыши измеряется в т/т,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ,  $\text{м}^3/\text{т}$ . Наибольшее распространение получила размерность в  $\text{м}^3/\text{т}$ , т.е. сколько кубометров вскрыши необходимо переместить для добычи одной тонны полезного ископаемого.

Различают следующие основные виды коэффициентов вскрыши.

*Граничный ( $K_T$ )* — максимально допустимый по условию экономичности открытых разработок. По величине этого коэффициента устанавливают границы открытых горных работ (предельную глубину карьера) из условия равенства себестоимости добычи полезного ископаемого открытым и подземным способами (применительно к данным условиям).

*Средний ( $K_{\text{ср}}$ )* — отношение общего объема вскрышных пород в конечных контурах карьера к общему объему полезного ископаемого в этих же контурах.

*Текущий ( $K_T$ )* — отношение объема вскрышных пород, фактически перемещаемых в течение месяца, квартала, полугодия, года, к фактически добываемому за этот период объему полезного ископаемого.

*Эксплуатационный ( $K_3$ )* — расчетное отношение объема вскрышных пород к объему полезного ископаемого за период

эксплуатационных работ в карьере. Иногда его называют средним эксплуатационным. Он служит критерием для горных работ и расчетов потребного количества горного и транспортно-оборудования за период эксплуатации.

Коэффициент вскрыши изменяется в широких пределах — от 0,9 до 15 м<sup>3</sup>/т.

В ходе разработки месторождения открытым способом можно выделить четыре периода: подготовительный, строительный, эксплуатационный, заключительный.

**Подготовительный период** включает работы по подготовке месторождения, осушению и ограждению от вод поверхностного стока.

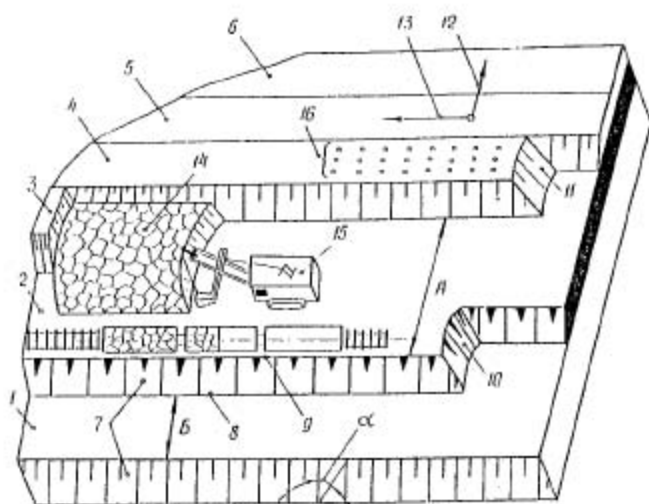


Рис. 6.3. Основные элементы уступа:

1, 2 — соответственно нижняя и верхняя площадки уступа; 3, 4, 5, 6 — заходки; 7 — откос уступа; 8 — нижняя бровка уступа; 9 — верхняя бровка уступа; 10, 11 — соответственно забои угольного и породного уступов; 12 — направление перемещения фронта работ; 13 — направление перемещения забоя заходки; 14 — развал породы после взрыва;  $\alpha$  — угол откоса уступа; 15 — погрузка породы экскаватором в железнодорожный состав; 16 — подготовка заходки к взрыву, бурение и зарядание скважин; А — рабочая площадка; Б — нерабочая площадка

**В строительный период** входят работы по созданию начального фронта вскрышных и добычных работ, строительство транспортных коммуникаций.

**Эксплуатационный период** охватывает горные работы по вскрышке и добыче в пределах плана.

**Заключительный период** — это работы по рекультивации нарушенных горными работами земель.

Степень экономической эффективности открытых горных работ характеризуется величиной технико-экономических показателей, к основным из которых относятся прибыль, рентабельность, себестоимость.

**Под прибылью** понимается разница между ценностью реализуемой товарной продукции и затратами на ее производство.

**Рентабельность** — это отношение прибыли, полученной в течение года, к общей величине средств (основных и оборотных фондов), находящихся на разрезе.

**Себестоимость** — затраты, приходящиеся на 1 т добычи полезного ископаемого, складываются из затрат на собственно добычу и вскрышу:

$$C = C_d + KC_v,$$

где  $C_d$  и  $C_v$  — соответственно затраты на 1 т добычи и вскрыши, руб.;  $K$  — коэффициент вскрыши, т/т.

Вскрышные работы включают следующие процессы: подготовку горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, перемещение горной массы из забоев, отвальные работы для складирования вскрышных пород, а также складирование полезного ископаемого, рекультивацию земель как завершающий этап ведения вскрышных и добычных работ.

При добычных работах часть процессов, перечисленных выше, отсутствует, поэтому эти два вида работ практически всегда рассматриваются совместно.

### **6.3.2**

#### **ПОДГОТОВКА ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ**

Подготовка горных пород к выемке заключается в разрушении массива различными способами на куски, удобные для

последующей выемки, погрузки и транспортирования. *Рыхлые и мягкие породы* могут разрабатываться непосредственно из массива экскаваторами или другими выемочными машинами. *Подготовка полускальных пород* ведется обычно навесными рыхлителями на тракторах тяжелого типа. *Подготовка к выемке скальных пород* осуществляется посредством буровзрывных работ, при этом кусковатость взорванных пород должна быть оптимальной.

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

Максимально допустимый линейный размер куска породы, м, равен:

- для одноковшовых экскаваторов —  $l_{\max} \leq 0,8 (q)^{1/3}$ ;
- для транспортных средств —  $l_{\max} \leq 0,5 (Q)^{1/3}$ ;
- для конвейерного транспорта —  $l_{\max} \leq 0,5 B_{\text{л}} - 0,1$ ;
- для дробилок —  $l_{\max} \leq 0,75 B_{\text{д}}$ ,

где  $q$  — вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;  $Q$  — вместимость кузова автосамосвала или думпкара, м<sup>3</sup>;  $B_{\text{л}}$  — ширина конвейерной ленты, м;  $B_{\text{д}}$  — ширина приемного отверстия дробилки, м.

Куски, имеющие размеры больше допустимых, называют негабаритными и подвергают дополнительному дроблению. Применяют различные методы разрушения пород (рис. 6.4).

На большинстве карьеров и в разнообразных условиях применяют скважинные заряды. К основным параметрам взрывных скважин относятся глубина, диаметр и угол наклона (рис. 6.5).

Глубина скважины  $l_{\text{с}}$  определяется высотой взрываемого уступа  $H_{\text{у}}$ , углом наклона скважины к горизонту  $\alpha$  и величиной перебура скважины  $l_{\text{п}}$  ниже отметки подошвы уступа. Перебур необходим для качественного разрушения пород в подошве уступа.

Забойка скважины должна быть плотной, а ее длина  $l_{\text{з}}$  — достаточной для предотвращения утечек продуктов взрыва, выброса породы и образования сильной ударной воздушной волны. Для забойки используют буровую мелочь, песок с размерами частиц до 50 мм.

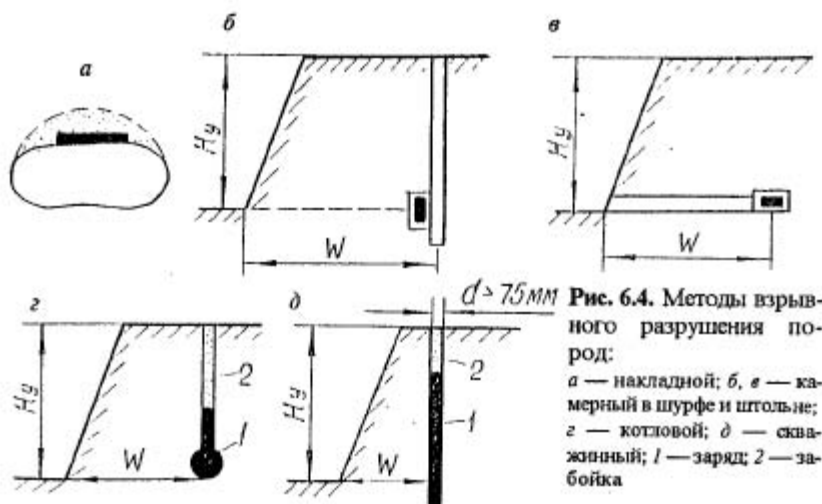


Рис. 6.4. Методы взрывного разрушения пород:  
 а — накладной; б, в — камерный в шурфе и штольне;  
 г — котловой; д — скважинный; 1 — заряд; 2 — забойка

Различают горизонтальные, наклонные и вертикальные скважины. В основном в настоящее время применяют вертикальные скважины. Заряд ВВ в скважине может быть сплошным или рассредоточенным, а расположение скважин в пределах взрывае-мого блока — однорядным и многорядным.

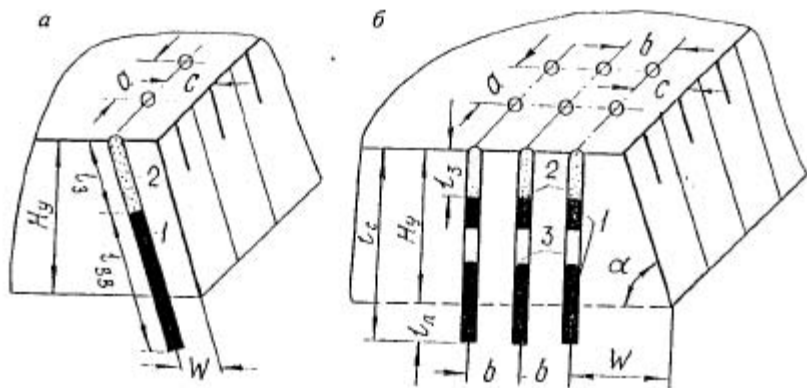
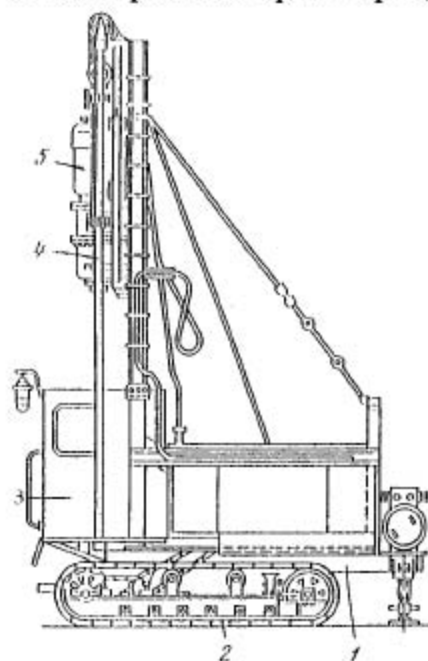


Рис. 6.5. Параметры взрывных скважин:  
 а — наклонных со сплошным зарядом; б — вертикальных с рассредоточенным зарядом при многорядном расположении; 1 — заряд ВВ; 2 — забойка; 3 — воздушный промежуток

Параметрами взрывааемых зарядов при их однорядном расположении являются: расстояние между скважинами в ряду  $a$ , а при многорядном — расстояние между скважинами  $a$ , между рядами  $b$  и число рядов  $n$ .

Горизонтальное расстояние от оси скважин до нижней бровки уступа  $W$  называется линией сопротивления по подошве уступа.

Буровзрывные работы — это комплекс бурения и взрывания скважинных зарядов. Бурение скважин на уступе осуществляется в один, два или три ряда при помощи станков вращательного или ударно-вращательного действия, которые подразделяются на шнековые и шарошечные. Станки шнекового бурения типа СБШ-СБР-125 и СБР-160 (рис. 6.6) применяют для бурения наклонных и вертикальных скважин по углу диаметром 125—160 мм и глубиной до 25 м. Станки шарошечного бурения используются на крепких скальных породах и имеют в качестве рабочего органа вращающиеся долота — шарошки с



зубьями из твердого сплава. Станки подразделяются на легкие, средние и тяжелые. К легким (до 40 т) относятся станки СБШ-200 ( $d_{скв} = 150$ —200 мм); к средним (до 60 т) — 2СБШ-200Н, СБШ-250МН, СБШ-250К ( $d_{скв} = 220$ —270 мм); к тяжелым (до 120 т) — СБШ-320 и СБШ-400 для бурения скважин диаметром до 400 мм. Станки имеют гусеничный ход.

Рис. 6.6. Схема станка вращательного бурения типа СБШ-СБР:

1 — платформа; 2 — гусеничная ходовая часть; 3 — кабина с пультом управления; 4 — поворотный редуктор; 5 — электрооборудование

Бурение скважин осуществляется вертикально или наклонно глубиной до 60 м.

Для ведения взрывных работ в качестве взрывчатого вещества применяют в основном гранулированные ВВ (гранулиты, игданиты), реже — порошкообразные ВВ (аммониты, аммоналы). Взрывают заряды главным образом при помощи детонирующего шнура или электрическим способом.

К вспомогательным процессам при взрывном разрушении относятся погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование ВВ к месту заряжания, заряжание и забойка скважин. Доставка ВВ в карьер и заряжание скважин осуществляются с помощью зарядных машин МЗ-3, МЗ-4 и др. Сменная производительность машин по зарядке составляет 15—20 т. Забойка скважин производится буровой мелочью или с помощью забоечных машин-бункеров ЗС-2 и ЗС-1Б, транспортирующих и засыпающих в скважину забоечный материал. Производительность их до 150 скважин в смену.

### **6.3.3**

#### **ВЬЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ**

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

Экскаватор — самоходная машина циклического или непрерывного действия. Они могут быть одноковшовые и многоковшовые. Экскаваторы циклического действия (одноковшовые) последовательно выполняют операции копания и перемещения горной массы в ковше, поворачиваясь вокруг своей оси. Многоковшовые экскаваторы непрерывного действия (цепные, роторные) производят выемку и погрузку горной массы в результате перемещения ковшей по круговой траектории.

Важнейшие типы одноковшовых экскаваторов — *прямая и обратная механическая лопата и драглайн* (рис. 6.7).



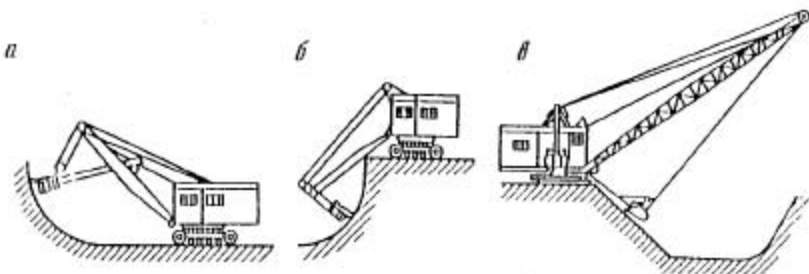


Рис. 6.7. Одноковшовые экскаваторы:  
 а — прямая лопата; б — обратная лопата; в — драглайн

У механической лопаты ковш жестко крепится с рукоятью. У драглайна ковш подвешивается к стреле на стальном канате. Из экскаваторов с жесткой связью наиболее широко применяются экскаваторы карьерные гусеничные ЭКГ-4,6Б (5А), ЭКГ-8и, ЭКГ-12,5, ЭКГ-20, а также гидравлические (прямая и обратная лопаты) ЭГ-8, ЭГ-12 и ЭГ-20. Особенность гидравлических экскаваторов — использование гидропривода рабочего оборудования, поворотной платформы и механизма хода. Гидропривод обеспечивает одновременную подвижность стрелы, рукояти и ковша, большее усилие копания.

Экскаваторы вскрышные гусеничные (ЭВГ) типа ЭВГ-35/65, ЭВГ-15/40, ЭВГ-100/100 имеют стрелу и рукоять увеличенной длины и предназначены в основном для непосредственного перемещения породы в отвал. Передвижение всех экскаваторов осуществляется за счет гусеничного хода.

Из экскаваторов с канатной связью широкое применение имеют *драглайны*. Драглайны — шагающие экскаваторы типа ЭШ-10/60, ЭШ-15/90, ЭШ-100/100 — используются на карьерах для перевалки пород вскрыши в выработанное пространство, из забоев, расположенных как ниже, так и выше горизонта установки экскаватора. Выпускаются шагающие драглайны с ковшом вместимостью от 4 до 120 м<sup>3</sup> и длиной стрелы до 125 м.

Важнейшими типами многоковшовых экскаваторов являются *цепные и роторные* (рис. 6.8).

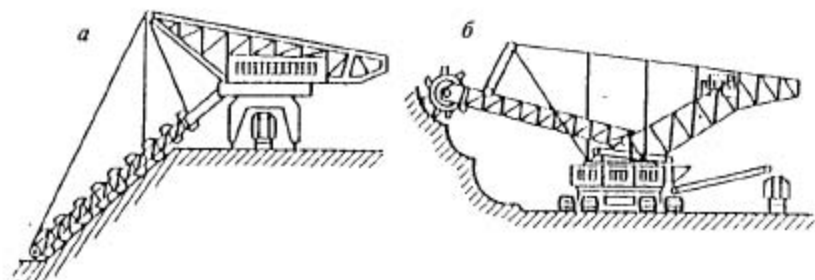


Рис. 6.8. Цепной (а) и роторный (б) экскаваторы

**Цепные** многоковшовые экскаваторы имеют рабочий орган — ковшовую раму, которая служит для направления цепи с ковшами. Рама одним концом шарнирно закреплена на корпусе, а другой ее конец подвешен на укосине и полиспадах. Выемка породы в забое производится ковшами, которые прижимаются к забою весом рамы. Емкость ковшей изменяется от 250 до 4500 л. Производительность экскаваторов составляет от 800 до 10 000 м<sup>3</sup>/ч. Передвижение осуществляется за счет железнодорожного, гусеничного или шагающего хода.

**Роторные** экскаваторы типа ЭР-25, ЭР-100 и другие имеют рабочий орган в виде роторного колеса диаметром от 2,5 до 18 м с ковшами, установленными на конце стрелы. Число ковшей на роторе изменяется от 6 до 12, а емкость ковшей от 300—800 до 4000—8000 л. Экскаваторы бывают небольшой (до 630 м<sup>3</sup>/ч), средней (630—2500 м<sup>3</sup>/ч), большой производительности (2500—5000 м<sup>3</sup>/ч), сверхмощные — производительностью свыше 5000 м<sup>3</sup>/ч. Один из мощных современных экскаваторов — ЭРГ-1600 40/10-31 производительностью до 4500 м<sup>3</sup>/ч, или 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

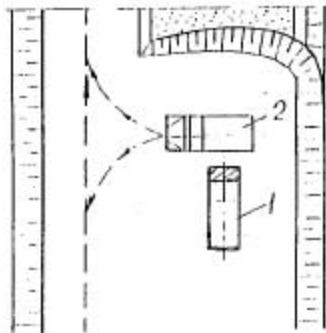


Рис. 6.9. Схема работы погрузчика

Марка модели имеет следующие обозначения: 1600 — емкость ковша, л; 40 — высота черпания, м; 10 — глубина черпания, м; 31 — ход выдвигания стрелы, м. Диаметр роторного колеса 11,5 м, на котором находятся 10 ковшей.

Главным для многоковшовых и роторных экскаваторов является то, что их работа основана на поточности всего комплекса производственных процессов выемки, транспортирования, разгрузки и отвалообразования. Применение этих машин возможно только на рыхлых или сыпучих породах и лишь в теплое время года.

На карьерах с годовым объемом работ до 3 млн. т и расстоянием транспортирования 0,3—0,5 км в качестве основного выемочно-погрузочного оборудования используются колесные скреперы и одноковшовые погрузчики. Тягачом скрепера могут быть трактор К-700, автомобили типа МАЗ или БелАЗ. Вместимость ковша скрепера составляет 6—15 м<sup>3</sup>, а у мощных — от 15 до 40 м<sup>3</sup>. Производительность скреперов с ковшом вместимостью 15 м<sup>3</sup> составляет от 250 до 400 м<sup>3</sup>/ч.

Одноковшовый погрузчик представляет собой колесное самоходное шасси с опускающейся стрелой, на конце которой шарнирно закреплен ковш. Современные погрузчики типа ПГ-10, ПГ-15, ПГ-25 имеют ковш вместимостью соответственно 6; 7,5 и 14,25 м<sup>3</sup>.

Основной схемой работы погрузчика на рабочей площадке является челноковая (рис. 6.9). По этой схеме погрузчик 1 после загрузки ковша отъезжает задним ходом на расстояние 6—10 м, достаточное для подъезда автосамосвала 2, который устанавливают под ковш погрузчика. После разгрузки ковша автосамосвал отъезжает, освобождая погрузчику проезд к забою для наполнения ковша. Сменная производительность погрузчиков достигает 4000 т.

### 6.3.4

#### КАРЬЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

*Карьерный транспорт* — это комплекс средств перемещения горной массы (вскрыши и полезного ископаемого) от забоев до пунктов разгрузки. Он является связывающим звеном в общем технологическом процессе и одним из наиболее трудо-

смких и дорогих. Затраты на транспортирование и связанные с ним вспомогательные работы составляют 45—50 %, а в отдельных случаях 65—70 % общих затрат на добычу полезного ископаемого. Существуют понятия грузооборот и грузопоток.

**Грузооборотом** называется количество полезного ископаемого (в тоннах или в м<sup>3</sup>), перемещаемого в единицу времени.

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

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

**Железнодорожный** транспорт рекомендуется применять на карьерах с большим годовым грузооборотом (25 млн. т и более) при длине транспортирования 4 км и более. Для железнодорожного транспорта необходимы большая протяженность фронта работ на уступах (не менее 300—500 м), кривые большого радиуса (не менее 100—120 м), небольшие подъемы и уклоны путей (до 20—30, реже 40—60 %). При использовании новейших тяговых агрегатов и уклонах путей до 60 % глубина применения железнодорожного транспорта увеличивается до 300—350 м.

Средствами железнодорожного транспорта являются рельсовые пути и подвижной состав. Рельсовые пути на карьерах бывают стационарными и временными, периодически перемещаемыми вслед за подвиганием фронта работ на уступах. Ширина колеи равна 1524 мм. Стандартная длина шпалы 2700 мм, рельса 12,5 и 25 м. Основным типом рельсов являются Р-50 и Р-65, а также Р-75. Скорость движения на стационарных и временных путях составляет соответственно 30—40 и 15—20 км/ч.

Технологический подвижной состав состоит из локомотивов и вагонов (рис. 6.10). В качестве локомотивов применяются электровозы, тепловозы, тяговые агрегаты. Контактные электровозы Д-94, Д-100М, ЕЛ-1, 13Е-1 работают на постоянном

токе напряжением 1500—3000 В. Тепловозы исключают наличие контактной сети, обладают высоким КПД, равным 24—26 %. Тяговые агрегаты ОПЭ-1, ОПЭ-2 — это сочетание электровоза управления, секции автономного питания (дизельной секции) и нескольких моторных думпкаров. Устраняется потребность в контактной сети на передвижных путях.

Для перевозки горной массы применяются думпкары ВС-60, ВС-105, ВС-180 — саморазгружающиеся вагоны с двухсторонней разгрузкой грузоподъемностью 60—105 и 180 т. Автомобильный транспорт применяется на карьерах малой и средней производственной мощности с грузооборотом до 15 млн. т в год. В последние годы область применения значительно расширена (до 70 млн. т в год и более). Достоинства: гибкость, маневренность, независимость работы автосамосвалов, радиусы поворота 15—25 м, подъем и уклоны до 80—120 %. Недостатки: более высокие затраты на транспортирование 1 т горной массы по сравнению с железнодорожным транспортом, зависимость от погодных условий.

Подвижной состав карьерного автотранспорта представлен автосамосвалами и полуприцепами. Наибольшее применение при транспортировании вскрыши получили автосамосвалы типа БелАЗ грузоподъемностью 40, 75, 110 и 180 т (рис. 6.11). Для транспортирования угля применяются углевозы — самосвалы типа БелАЗ грузоподъемностью 40 и 105 т и полуприцепы углевозы БелАЗ грузоподъемностью 120 т с донной разгрузкой.

Эффективность использования автотранспорта на карьерах в значительной степени зависит от схемы подъезда автосамосвала к забою и установки его у

экскаватора. В зависимости от способа вскрытия рабочих горизонтов, размеров рабочих площадок, условий работы экскаваторов и числа автосамосвалов, находящихся



Рис. 6.10. Подвижной состав железнодорожного транспорта

Рис. 6.11. Автосамосвал  
БелАЗ-75211 грузоподъемно-  
стью 180 т



одновременно в забое, применяют одиночную или спаренную установку их под погрузку (рис. 6.12). Автосамосвалы следует устанавливать так, чтобы обеспечить минимальный угол поворота экскаватора при погрузке. Спаренная установка автосамосвалов обеспечивает более высокую производительность экскаваторов. Рациональное отношение емкости кузова автосамосвала  $V_a$  к емкости ковша экскаватора  $E$  должно находиться в пределах 4—10.

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

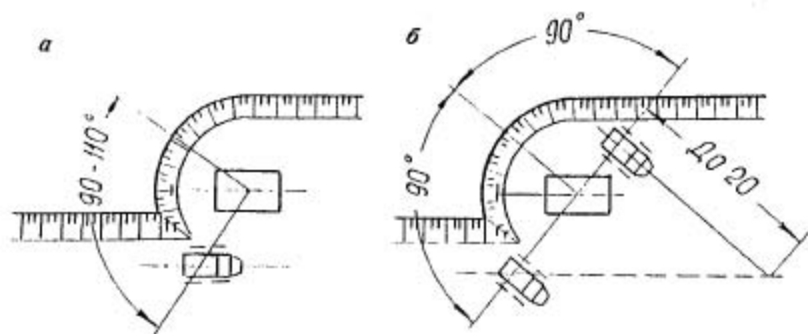


Рис. 6.12. Схемы установки автосамосвала под погрузку:  
а — одиночная; б — спаренная

Для передвижения автосамосвалов в карьер сооружаются стационарные и временные автодороги. Стационарные автодороги строятся в капитальных траншеях, на поверхности и соединительных транспортных бермах на длительный срок, имеют дорожное покрытие и двухполосное движение. Временные автодороги, сооружаемые на уступах и отвалах, периодически перемещаются вслед за продвижением фронта работ и, как правило, не имеют дорожного покрытия. Ширина проезжей части двухполосных дорог для автосамосвалов грузоподъемностью 75—120 т составляет 14—15 м.

**Конвейерный транспорт** применяется преимущественно для перемещения мягких пород и угля, а также мелкораздробленных скальных пород. Достоинства: непрерывность и ритмичность перемещения грузов, использование на пересеченной местности, возможность полной автоматизации. Наиболее эффективен конвейерный транспорт при грузообороте 20—30 млн. т в год на карьерах глубиной более 150 м и расстоянии транспортирования 10—20 км.

Наибольшее применение получили ленточные конвейеры типа КЛШ-500, КЛШ-800, С-160 с шириной ленты от 1000 до 3600 мм и скоростью движения от 2 до 6 м/с.

Ленточный конвейер (рис. 6.13) состоит из ленты 1, роликовых опор 2, приводных барабанов 3, устройства для натяжения ленты 4, загрузочного устройства 5. Конвейерная лента является одновременно и грузонесущим, и тяговым органом. На открытых горных работах наибольшее применение получили резиноканевые многопрокладные ленты.

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

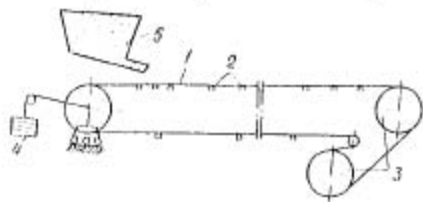


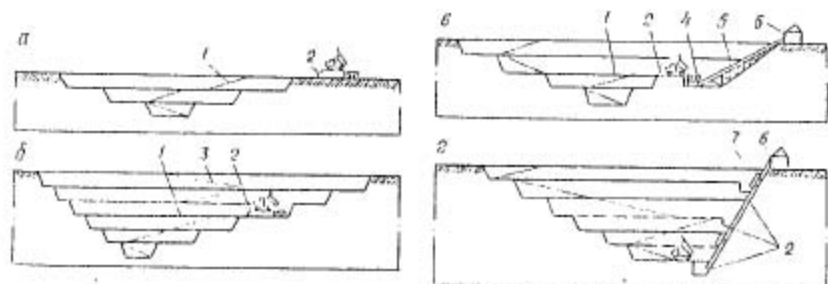
Рис. 6.13. Схема ленточного конвейера

**Комбинированный транспорт** — при нем последовательно используются для перемещения одного и того же груза различные виды транспорта, каждый в наилучших для него условиях (рис. 6.14).

Наибольшее распространение получила комбинация автомобильного и железнодорожного транспорта, при которой горная масса доставляется из забоев автотранспортом до перегрузочных пунктов, а затем железнодорожным на поверхность до отвалов. Этот вид комбинации эффективен на нижних уступах при глубине 120—150 м.

Комбинация автомобильного транспорта с конвейерным или скиповыми подъемниками применяется для глубоких горизонтов карьера, расположенных ниже 120—150 м от поверхности. Здесь горная масса выдается на поверхность по кратчайшему пути.

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



**Рис. 6.14.** Схемы комбинированного карьерного транспорта:

*а, б* — автомобильного и железнодорожного; *в* — автомобильного и конвейерного; *г* — автомобильного и канатного подъемника; *1* — автосъезды; *2* — перегрузочные пункты; *3* — железнодорожные съезды; *4* — дробильная установка; *5* — конвейеры; *6* — перегрузочный бункер; *7* — скиповый подъемник



### 6.3.5

## ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕ

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

*Отвалы* бывают *внутренние и внешние*. Внутренние отвалы располагаются в выработанном пространстве карьера, внешние — за его пределами. Внутренние отвалы возможны при разработке месторождения с углом падения не более  $12^\circ$ . Для перемещения породы во внутренние отвалы применяют мощные драглайны с вместимостью ковша 25—80 м<sup>3</sup> и длиной стрелы до 100 м (ЭШ-25/100, ЭШ-80/100), механические лопаты с вместимостью ковша 35 м<sup>3</sup> и длиной стрелы до 65 м (ЭВГ-35/65, ЭВГ-100/70).

Внешнее отвалообразование применяется при разработке наклонных и крутонаклонных месторождений. Для складирования пород при транспортировании их на внешние отвалы используются механические лопаты, драглайны, отвальные плуги, абзетцеры и бульдозеры. При транспортировании пород железнодорожным транспортом наиболее распространено отвалообразование экскаваторами ЭКГ-8и и ЭКГ-12,5 (рис. 6.15).

Технология отвалообразования следующая. Отвальный уступ  $H_0$  высотой от 10—15 до 20—40 м разделен на два подступа ( $h_1$  и  $h_2$ ). Экскаватор располагается на кровле нижнего подступа на 4—7 м ниже кровли верхнего подступа, на которой расположен железнодорожный путь. Порода разгружается из думпкаров в приемную яму длиной  $l_6 = 20—25$  м, глубиной  $h_3 = 0,8—1,0$  м и вместимостью 200—300 м<sup>3</sup>. Экскаватор перевалива-

ет эту породу в трех направлениях: вперед по ходу экскаватора, в сторону под откос отвала и назад, создавая при этом заходку  $A_6$ , высота которой должна быть выше уровня железнодорожных путей на 0,5—1,0 м ( $h_3$ ). При использовании на отвалах экскаваторов ЭКГ-8и ширина отвальной заходки (или шаг передвижных путей) практически составляет 30 м, а высота верхнего подступа — 7 м.

Отвалообразование с помощью плугов заключается в сбрасывании вниз с отвального откоса породы, разгруженной из думпкаров, и последующей планировке поверхности отвала.

Отвалообразование с помощью абзетцеров включает разгрузку думпкаров в приемную траншею, копание породы из траншеи и перемещение ее в отвал, планировку отвала и передвижку путей. Отсыпка отвала осуществляется при движении абзетцера вдоль траншеи.

В качестве отвалообразующего механизма при доставке породы на отвалы автомобильным транспортом применяются бульдозеры на базе тракторов ДЭТ-250, Т-330 и Т-500, а в благоприятных рельефных условиях (глубокие овраги, балки) применяют драглайны ЭШ-10/70 и ЭШ-13/50.

Отвалообразование при конвейерном транспорте осуществляется консольными ленточными отвалообразователями, которые ведут прием, транспортирование и укладку породы в отвал.

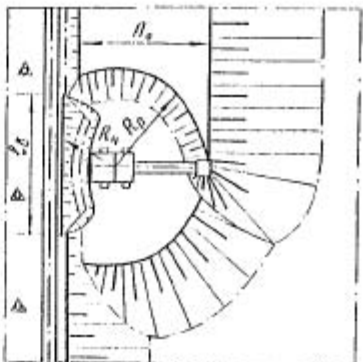
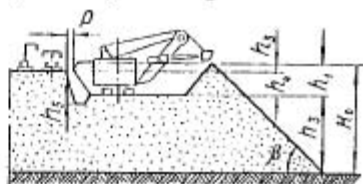


Рис. 6.15. Схема отвалообразования с применением мехлопаты:

$R_k, R_p$  — радиусы соответственно черпания и разгрузки экскаватора, м

Рабочие параметры отвалообразователей обеспечивают высокую производительность. Так, отвалообразователь ОШР-225/11200 имеет длину отвальной консоли 225 м, максимальную высоту отсыпки 83 м и производительность по разрыхленной породе 11 200 м<sup>3</sup>/ч.

### 6.3.6

#### РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

В процессе извлечения полезных ископаемых из недр возникают и стремительно увеличиваются бесплодные территории, разрушительное воздействие которых далеко распространяется на окружающие сельскохозяйственные и лесные угодья. Это приводит к нарушению тысячелетиями складывающегося природного комплекса. К числу громадных промышленных воздействий на природу относится воздействие открытого способа разработки. Общая площадь земель, нарушенных открытыми работами, оценивается около 1,5—2,0 млн. га.

Под *рекультивацией* понимается восстановление нарушенных земель с целью их использования в других отраслях народного хозяйства. Однако приведение нарушенных земель в первоначальное состояние не всегда оказывается возможным и экономически целесообразным.

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

В зависимости от целевого назначения различают следующие виды рекультивации:

- сельскохозяйственная — создание земель, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, разведения садов, пастбищ и сенокосных угодий;

- лесохозяйственная — создание лесонасаждений целевого назначения (почвозащитные, водоохранные, климатические, лесопарковые и парковые), а также лесов деловой древесины;
- природоохранная — создание зон отдыха, озеленение отвалов, загрязняющих окружающую среду и др.;
- водохозяйственная — создание водосемов различного назначения (водохранилища для разведения рыбы, дичи и др.);
- строительная — подготовка земель для жилищного и промышленного строительства, а также спортивных сооружений.

Полное восстановление земель осуществляется, как правило, в процессе горнотехнической и биологической рекультивации.

**Горнотехническая рекультивация** — это цикл горных работ по подготовке нарушенных земель к использованию в хозяйстве. Сюда входят: планировка отвалов, выколаживание откосов, укладка плодородных пород для создания растительного слоя, мелиоративные работы, строительство дорог.

**Биологическая рекультивация** проводится после окончания горнотехнической. Это восстановление плодородия и биологической нарушенности земель, создание сельскохозяйственных и лесных угодий, разведение рыбы в водоемах, дичи в лесах, создание ландшафтов, благоприятных для жизни человека.

Для механизации всех работ по рекультивации используются скреперы, бульдозеры, экскаваторы и автосамосвалы, а также основное оборудование для вскрышных работ.

## **6.4**

### **ВСКРЫТИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПОДГОТОВКА КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ**

**Вскрытием** карьерного поля называются горные работы по созданию комплекса капитальных и временных траншей и съездов, обеспечивающих грузотранспортную связь между рабочими горизонгами в карьере и приемными пунктами на поверхности.

*Рабочими горизонтами* в карьере являются рабочие площадки уступов. Приемные устройства на поверхности — обогатительные фабрики, перегрузочные бункеры, склады, отвалы или станции. Траншеи и съезды оборудуются средствами транспорта.

Совокупность всех вскрывающих выработок называется *схемой вскрытия*. Вскрытие рабочих горизонтов карьеров осуществляется при помощи горных выработок — капитальными наклонными или крутыми траншеями и горизонтальными — разрезными, которые являются продолжением капитальных траншей и служат для подготовки месторождения к выемке, создавая начальный фронт работ на вскрытом уступе.

Капитальные траншеи могут быть *внешними и внутренними*. Внутренние траншеи располагают внутри контура карьера; внешние — за пределами его контура. Вскрывающие траншеи имеют трапециевидное поперечное сечение. При разработке неглубоких горизонтальных или пологих месторождений при числе уступов не более трех применяют внешние траншеи.

### 6.4.1

## ВСКРЫТИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ПОЛОГИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Этапы вскрытия при разработке горизонтальных и пологих месторождений включают обычно проведение одной или двух внешних капитальных траншей, разрезных траншей по вскрышным породам и по полезному ископаемому. После проходки разрезной траншеи по вскрышным породам отрабатывают две три заходки и создают тем самым необходимое опережение вскрышных работ для проходки разрезной траншеи по полезному ископаемому. Последовательность развития работ при вскрытии горизонтального пласта показана на рис. 6.16. Сначала (рис. 6.16, а) с поверхности до кровли пласта проводят наклонную капитальную траншею 1. Затем горизонтальную разрезную траншею 2. Далее один борт траншеи разносят (рис. 6.16, б),

освобождая рабочую площадку 3 (рис. 6.16, в), ширина которой должна обеспечить размещение оборудования и возможность проведения разрезной траншеи по пласту. После проведения второй капитальной траншеи 4, которая опускается на почву пласта, проводят разрезную траншею 5 по пласту, в результате создается фронт вскрышных и добычных работ.

#### **6.4.2**

### **ВСКРЫТИЕ НАКЛОННЫХ И КРУТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Вскрытие обычно осуществляется внутренними траншеями со сложной формой трассы, расположенной на нерабочих бортах траншеи.

Работы по вскрытию ведутся в течение всего времени разработки: на каждом горизонте проводят подготовительные выработки (разрезные траншеи), удлиняют и совершенствуют систему капитальных и временных съездов.

Если при разработке горизонтальных месторождений вскрывают сразу все горизонты и работы по вскрытию заканчиваются в период строительства карьера, то в данном случае они продолжаются до конца разработки месторождения. При крутом залегании пласта необходим разнос не одного, а обоих бортов разрезной траншеи. Вскрытие и подготовка очередного горизонта карьера с крутым залеганием пласта осуществляются следующим образом (рис. 6.17). Вначале с вышележащего горизонта проводятся наклонная капитальная траншея 1 и разрезная траншея 2 (рис. 6.17, а). Затем разрезную траншею проводят в обратном направлении (рис. 6.17, б), при этом капитальная траншея переходит в съезд 3 длиной  $l$ , то есть один ее борт срабатывается (рис. 6.17, в). При последующем расширении траншеи на новом горизонте образуется площадка, достаточная для размещения рабочего оборудования (рис. 6.17, г).

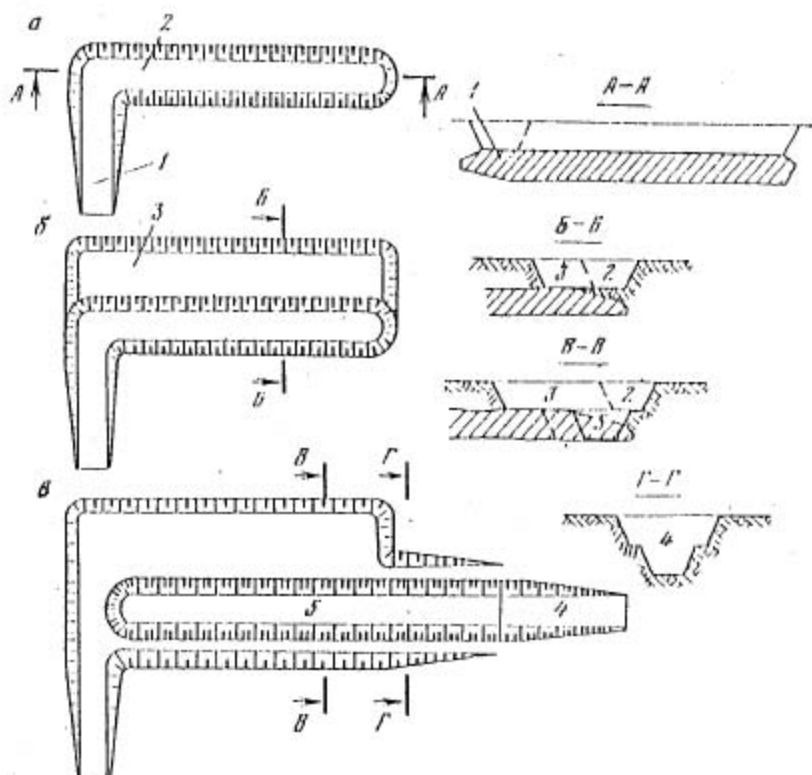
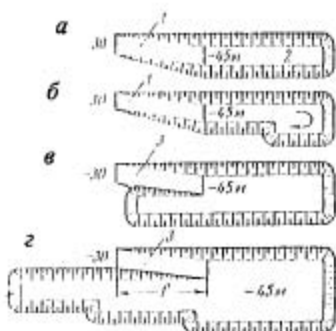


Рис. 6.16. Развитие горных работ при вскрытии горизонтальной залежи



В зависимости от конкретных условий применяют различные способы проведения траншей: транспортный — с перевозкой породы в отвал, бестранспортный — с размещением породы на бортах траншеи и комбинированный.

Рис. 6.17. Вскрытие крутонаклонной залежи

Например, драглайн разрабатывает одну часть с размещением породы на один из бортов траншеи, а мехлопата — другую, с погрузкой в средства транспорта.

## **6.5**

### **СИСТЕМЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ**

*Системой открытой разработки* называется определенный порядок выполнения во времени и пространстве подготовительных, вскрышных и добычных работ на уступах рабочих горизонтов. Существующие классификации систем разработки можно разделить на две группы:

- по способу производства вскрышных работ и по способу перемещения пород в отвалы;

- в зависимости от порядка ведения вскрышных и добычных работ, направления подвигания забоя и способа вскрытия.

Наиболее простой и распространенной является классификация первой группы, предложенная профессором Е.Ф. Шешко и академиком Н.В. Мельниковым. Главным классификационным признаком здесь послужил способ перемещения пустых пород. По этому признаку все системы разделяются на бестранспортные, транспортные и комбинированные.

#### **6.5.1**

##### **БЕСТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ**

Эти системы характеризуются тем, что породы вскрыши перемещаются экскаваторами или отвалообразователями во внутренние отвалы (рис. 6.18). При системе разработки с непосредственной экскаваторной перевалкой вскрыши (рис. 6.18, а) перемещение породы из забоя до отвала производится вскрышными экскаваторами, мехлопатами или драглайнами, которые одновременно являются также и отвальными экскаваторами.

При системе разработки с кратной экскаваторной перевалкой вскрыши (рис. 6.18, б) перемещение породы из забоя до отвала производится вскрышными и отвальными экскаваторами, работающими совместно.



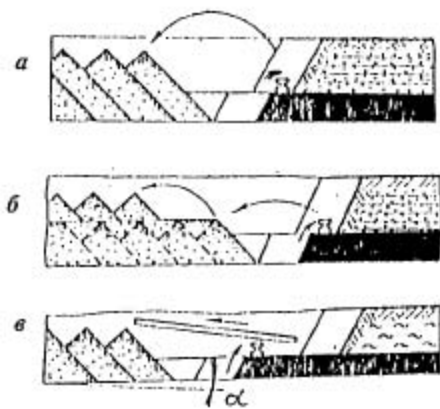


Рис. 6.18. Бестранспортные системы разработки

При системе разработки с перевалкой вскрыши отвалообразователями (рис. 6.18, б) перемещение породы из забоя до отвала производится консольными отвалообразователями и транспортно-отвальными мостами.

При всех бестранспортных системах порода перемещается поперек фронта работ, то есть по кратчайшему расстоянию. Поэтому эти системы просты и экономичны. Область применения — при пологих углах падения пластов (до  $12^\circ$ ) и не слишком большой мощности. Для этих систем характерна жесткая связь между вскрышными и добычными работами, так как количество вскрываемых запасов ограничивается рабочими параметрами и мощностью вскрышных и отвальных машин.

### 6.5.2 ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

Эти системы характеризуются перевозкой вскрышных пород при помощи транспортных средств (рис. 6.19).

При системе разработки с перевозкой во внутренние отвалы (рис. 6.19, а) порода перемещается на сравнительно короткое расстояние по пути с благоприятным профилем, обычно без подъема в грузовом направлении. Система с перевозкой породы на внешние отвалы (рис. 6.19, б) характеризуется перемещением вскрыши на значительные расстояния: 2—4 км для автотранспорта и до 10 км для железнодорожного транспорта.

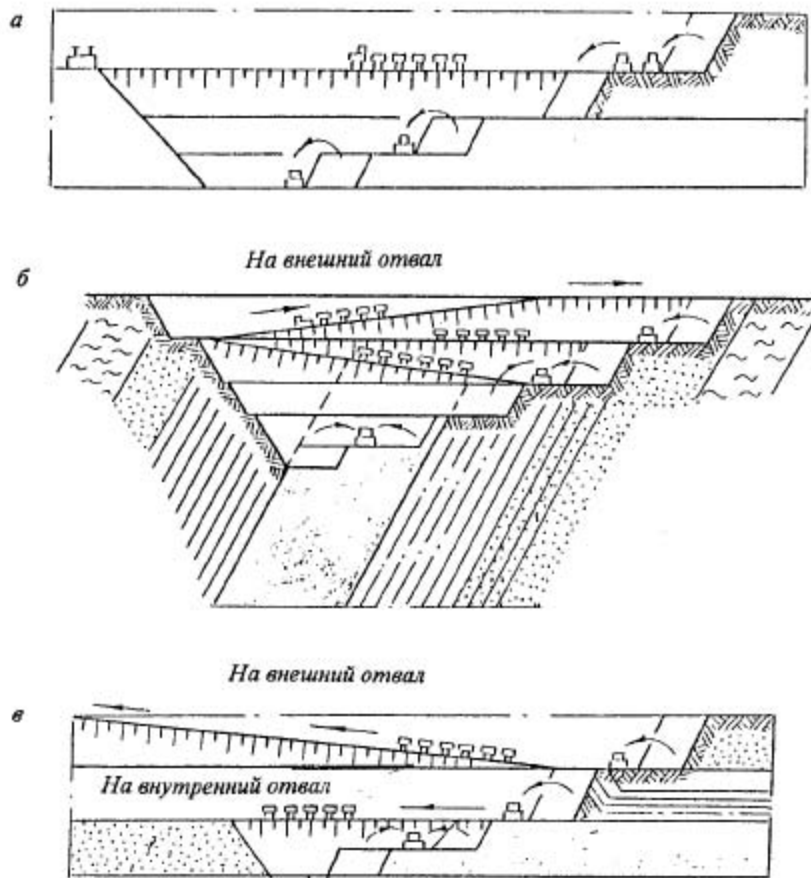


Рис. 6.19. Транспортные системы разработки

Порода перемещается на пути с подъемом в грузовом направлении. Система с перевозкой породы частично на внутренние и частично на внешние отвалы (рис. 6.19, в) имеет признаки первых двух систем этой группы.

Транспортные системы сложнее бестранспортных и менее экономичны. Они могут применяться при любых условиях залегания месторождения, поэтому получили широкое распространение. Здесь связь между подвиганием вскрышного и до-

бычного фронта работ менее жесткая, в зависимости от потребностей можно вскрыть необходимое количество запасов.

### 6.5.3

## КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

Эти системы сочетают признаки бестранспортных и транспортных систем разработки (рис. 6.20). По признаку относительного преобладания перевалки или перевозки выделяют систему с частичной перевозкой пустых пород во внутренние или внешние отвалы (рис. 6.20, а) и систему с частичной перевалкой пород во внутренние отвалы (рис. 6.20, б). Достоинства этой системы в том, что благодаря частичной перевозке породы, обычно с верхних уступов, расширяется возможность использования преимуществ бестранспортных систем разработки. Частичное применение перевалки породы во внутренние отвалы, обычно с нижних уступов карьера, позволяет улучшить показатели транс-

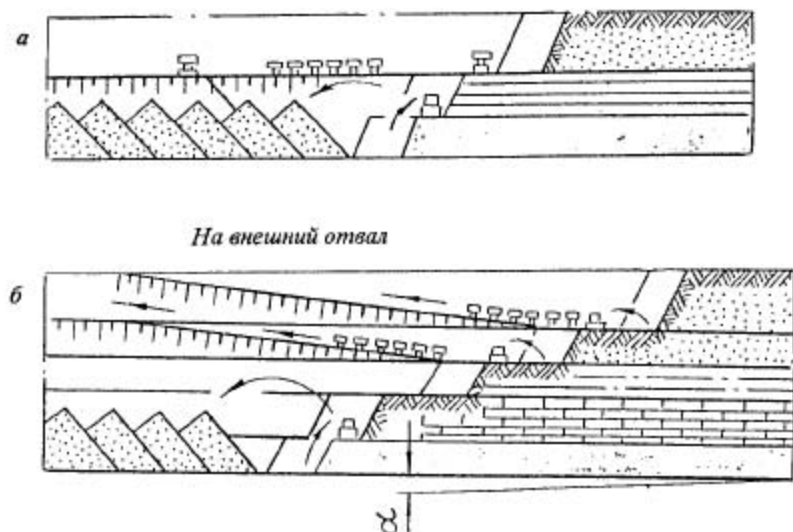


Рис. 6.20. Комбинированные системы разработки

портных систем разработки, так как транспорт с нижних уступов наиболее трудный.

Относительная сложность и экономичность комбинированных систем разработки зависят от доли участия перевозки и перевалки. Чем больше объем породы будет разрабатываться по бестранспортной системе, тем экономичнее комбинированная система разработки.

#### 6.5.4

### ЭЛЕМЕНТЫ

### И ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

Элементы и параметры системы разработки рассмотрим на примере транспортных систем, так как благодаря универсальности эти системы получили наибольшее распространение — в угольной промышленности более 60 %, до 90 % в железорудной и почти 100 % на карьерах при добыче руд цветных металлов.

Транспортные системы разработки характеризуются следующими элементами, параметрами и удельными показателями (рис. 6.21).

*Элементы системы разработки* — выемочные слои, рабочие уступы, заходки, рабочие площадки, разрезные траншеи и другие.

*Параметры системы* — высота уступа  $h$ , угол откоса уступа  $\alpha$ , ширина заходки  $A$ , ширина рабочей площадки  $B_{р.п.}$ , угол откоса рабочего борта карьера  $\gamma_p$ , число рабочих уступов, длина добычного и вскрышного фронта работ и другие.

*Основные удельные показатели* — скорость продвижения забоев и рабочих уступов, скорость проходки траншей, скорость углубки горных работ в карьере  $U$ , скорость подвига-

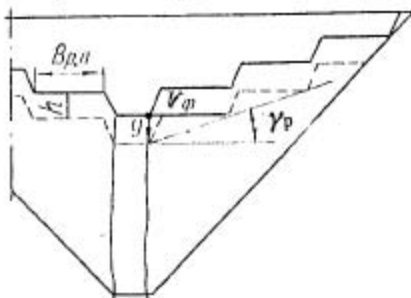


Рис. 6.21. Элементы и параметры системы разработки

ния фронта работ  $V_{\phi}$ , годовая производительность с единицы длины фронта и площадок рабочей зоны.

Высота уступа  $h$  (см. рис. 6.21) зависит от типа погрузочного оборудования и его рабочих параметров. При разработке пород без применения БВР высота уступа принимается равной высоте черпания экскаватора; с применением БВР — не должна превышать высоту черпания более чем в 1,5 раза. Допустимые значения высоты уступа: для ЭКГ-4,6 в мягких породах 10 м, в скальных 15 м; для ЭКГ-8и — соответственно 13 и 20 м; для ЭКГ-12,5 — соответственно 16,5 и 25 м.

Ширина рабочей площадки  $B_{p.п}$  устанавливается с учетом физико-механических свойств горных пород, рабочих параметров экскаватора и вида транспорта (рис. 6.22).

При разработке пород с предварительным их рыхлением буровзрывным способом минимальная ширина рабочей площадки определяется

$$B_{p.п} = B_p + C + T + П + b_n,$$

где  $B_p$  — ширина развала, м;  $C$  — безопасный зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой, м;  $T$  — ширина транспортной полосы, м;  $П$  — ширина полосы для размещения дополнительного оборудования и проезда вспомогательного транспорта, м;  $b_n$  — ширина полосы безопасности (призмы обрушения), м.

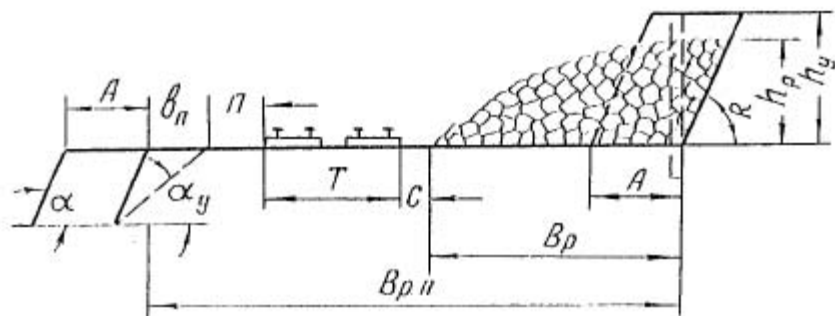


Рис. 6.22. Схема к определению ширины рабочей площадки

Безопасный зазор  $C = 2-3$  м. Ширина транспортной полосы при одноколейном пути  $T = 3$  м, при двухколейном  $T = 7,5-15$  м в зависимости от принятой ширины междупутья. Минимальная ширина междупутья 4,5 м. Ширина полосы для размещения дополнительного оборудования  $\Pi = 5-6$  м. Ширина полосы безопасности (призмы обрушения) определяется по формуле

$$b_n = h(\operatorname{ctg}\alpha_y - \operatorname{ctg}\alpha),$$

где  $h$  — высота уступа, м;  $\alpha_y$  — угол устойчивого откоса уступа, град ( $\alpha_y = 35-60^\circ$ );  $\alpha$  — угол откоса рабочего уступа, град ( $\alpha = 65-80^\circ$ ).

Ширина заходки  $A$  при применении мехлопат равна радиусу их черпания, а для драглайнов определяется принятым углом поворота стрелы. Для экскаваторов ЭКГ-4,6, ЭКГ-8и, ЭКГ-12,5 и ЭКГ-20 она равна соответственно 14,0; 17,8; 22,0 и 23,5 м.

Угол откоса рабочего борта  $\gamma_p$  является функцией высоты уступа и ширины рабочей площадки и определяется

$$\operatorname{ctg}\gamma_p = h/B_{p.n}.$$

Угол откоса рабочего борта при железнодорожном транспорте составляет  $7-12^\circ$ , при автомобильном —  $10-15^\circ$ .

Число рабочих уступов и длина фронта работ должны быть наименьшими, но достаточными для обеспечения производственной мощности. Обычно на уступах располагаются несколько экскаваторов. Число экскаваторных забоев (число блоков) на одном уступе при железнодорожном транспорте не превышает 3, при автомобильном равно 5—6. Минимальная длина блока при железнодорожном транспорте 400—500 м, при автотранспорте 150—250 м.

Число одновременно разрабатываемых добычных уступов в карьере определяется

$$m = \Pi_k l_6 / Q_3 L,$$

где  $\Pi_k$  — производственная мощность карьера по добыче, тыс. м<sup>3</sup>/год;  $l_6$  — длина блока на уступе, м;  $Q_3$  — производительность экскаватора по добыче, тыс.м<sup>3</sup>/год;  $L$  — длина уступа, м.

Интенсивность горных работ в карьере характеризуется скоростью понижения горных работ  $U$  и скоростью подвигания фронта работ  $V_{\phi}$  на уступах. Требуемая скорость понижения горных работ карьера по условию его производственной мощности должна обеспечиваться необходимой скоростью горизонтального подвигания фронта работ, между которыми существует зависимость (см. рис. 6.21)

$$V_{\phi} = U \operatorname{ctg} \gamma_p,$$

где  $\gamma_p$  — угол откоса рабочего борта карьера ( $\gamma_p = 14—18^\circ$ ).

Фактически на горных предприятиях средняя скорость понижения горных работ  $U$  при использовании железнодорожного транспорта составляет 7—12 м/год, а скорость подвигания фронта работ ( $V_{\phi}$ ) 50—100 и 100—300 м/год соответственно.