

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра открытых горных работ

Составители

**А. В. Селюков**

**М. А. Тюленев**

**Е. В. Злобина**

## **ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА (ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ)**

### **ПРАКТИКУМ**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело»  
в качестве электронного издания  
для использования в учебном процессе

Кемерово 2015

## Рецензенты

Проноза В. Г. – д.т.н., профессор кафедры открытых горных работ

Удовицкий В. И. – д.т.н., профессор, председатель учебно-методической комиссии специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело»

**Селюков Алексей Владимирович. Основы горного дела (открытая геотехнология):** практикум [Электронное издание] для студентов специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело», образовательная программа «Открытые горные работы», всех форм обучения / сост.: А. В. Селюков, М. А. Тюленев, Е. В. Злобина. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2015. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

В практикуме приведен методический материал по терминологии открытых работ, определению главных параметров карьера, буровзрывной подготовке горных пород к выемке, выемочно-погрузочного оборудования, автомобильного транспорта и отвалообразования. Все расчеты выполняет каждый студент самостоятельно в соответствии с заданием, для успешного выполнения практических работ в начале каждого раздела приведено краткое изложение теоретического материала. В практикуме приведены также характеристики карьерного оборудования для механизации основных производственных процессов. Практикум может быть также использован студентами при выполнении курсового и дипломного проектов.

© КузГТУ, 2015

© Селюков А. В.,  
Тюленев М. А.,  
Злобина Е. В.,  
составление, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Практическое занятие № 1

Терминология открытого способа добычи полезных ископаемых

Практическая работа № 2

Определение главных параметров карьера и его производственной мощности

Практическая работа № 3

Определение параметров взрывной подготовки вскрышных пород

Практическая работа № 4

Расчет параметров выемочно-погрузочных работ

Практическое занятие № 5

Технологический расчет при перемещении карьерных грузов автотранспортом

Практическое занятие № 6 Отвалообразование вскрышных пород и расчет параметров бульдозерного отвала

Список рекомендуемой литературы

## ВВЕДЕНИЕ

Целями освоения дисциплины «Основы горного дела (открытая геотехнология)» является получение студентами знаний об основных принципах добычи различных твердых полезных ископаемых открытым способом, формирование представления о будущей профессии. Данная дисциплина является одной из первых профессиональных дисциплин, формирующих профиль подготовки горного инженера по специализации «Открытые горные работы».

Дисциплина формирует теоретические знания, практические навыки, вырабатывает компетенции, которые дают возможность выполнять следующие виды профессиональной деятельности:

- производственно-технологическую;
- проектную;
- научно-исследовательскую;
- организационно-управленческую.

Практикум по проведению занятий предназначен для изучения и закрепления знаний по дисциплине «Основы горного дела (открытая геотехнология)» и составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Практикум состоит из шести практических занятий, в которых приведены общие понятия по открытым горным работам, рассмотрен принцип определения конечной глубины карьерного поля и расчетные методы по основным технологическим процессам: подготовка горных пород к выемке (буровзрывным способом), выемка и погрузка горной массы (прямыми и обратными гидравлическими лопатами), транспортирование карьерных грузов (карьерными автосамосвалами), отвалообразование (бульдозерное).

Все расчеты выполняет каждый студент самостоятельно в соответствии с заданием.

Список рекомендуемой учебно-методической литературы приведен в конце лабораторного практикума.

## Практическое занятие № 1

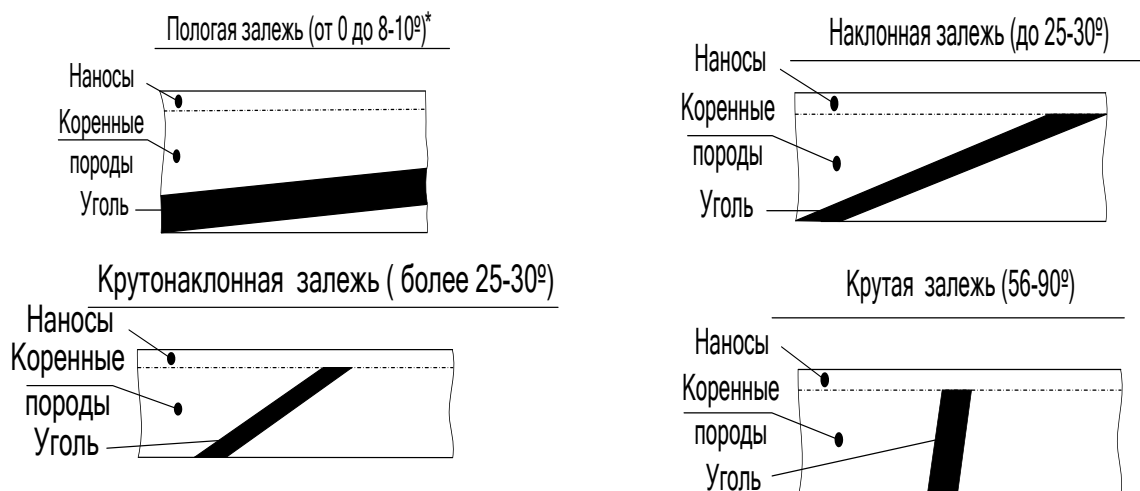
### Терминология открытого способа добычи полезных ископаемых

**Цель работы** – изучить терминологию, структуру открытых горных выработок и условные обозначения на чертежах.

**Недра** – верхняя доступная для изучения и освоения часть земной коры. **Массив горных пород** – часть недр однородная по каким-либо признакам. **Горные породы** – природные минеральные образования относительно постоянного состава, залегающие в виде самостоятельных тел. **Полезное ископаемое** – горная порода, используемая человеком. **Залежь** – скопление полезного ископаемого. **Месторождение** – природное скопление залежей. **Порода** – горная порода, не являющаяся полезным ископаемым. **Вскрыша (вскрышная порода)** – порода, подлежащая удалению при ведении открытых горных работ. **Минерал** – природное соединение – составная часть горных пород и руд. **Полезный компонент** – минерал, подлежащий извлечению для потребления. **Нейтральный компонент** – минеральный компонент, не влияющий на качество конечного продукта. **Вредный компонент** – минеральный компонент, ухудшающий качество конечного продукта. **Комплексное использование запасов месторождения** – наиболее полное и экономически оправданное использование всех минеральных образований месторождения.

Горные породы по их пригодности к использованию в народном хозяйстве делятся на пустые породы и полезные ископаемые. Под **полезными ископаемыми** понимаются все виды горных пород, добываемых для хозяйственных, строительных и научных целей и используемых в сыром виде или после переработки. Все месторождения разделяются на месторождения горючих полезных ископаемых, рудные и нерудные. Кроме того, понятие полезного ископаемого изменяется во времени и зависит от уровня развития общества, потребностей производства, а также от уровня развития техники и возможностей экономики. Горные породы становятся полезным ископаемым только после того, когда в них появляется потребность и возможности их практического использования.

Породы делятся на коренные (магматические, метаморфические) и осадочные, которые находятся по месту своего образования и наносы. Угольные месторождения относятся к пластовым залежам, которые классифицируются по углу падения (рис. 1.1).



\*горизонтальная залежь – частный случай пологой.

Рис. 1.1. Классификация залежей по углу падения на примере угольных месторождений

Открытый способ добычи реализуется с земной поверхности, в открытых горных выработках. Горное предприятие, использующее открытый способ добычи – карьер, разрез, прииск.

**Карьером** в административно-хозяйственном значении называют горное предприятие, осуществляющее открытую разработку месторождения, а в техническом значении – это совокупность открытых горных выработок, отвалов пород вскрыши, складов полезных ископаемых служащих для разработки месторождения полезных ископаемых. Угольные карьеры обычно называют **разрезами**. Месторождение или его часть, разрабатываемая одним карьером, называется **карьерным полем**. Карьерное поле является объемной геометрической фигурой, характеризующейся высотой и размерами в плане. Участок недр карьерного поля ограничен горным отводом – геометризованным блоком недр. Участок земной поверхности, занимаемый горным предприятием, называется **земельным отводом** (рис. 1.2). Обычно площадь земельного отвода во много раз превышает площадь карьерного поля и включает еще площади отва-

лов, транспортных и энергетических коммуникаций, объектов промплощадки, складского хозяйства, очистных сооружения, объектов первичной переработки полезных ископаемых и других объектов производственного комплекса карьера. Площадь земельного отвода крупного современного карьера достигает нескольких сотен квадратных километров.

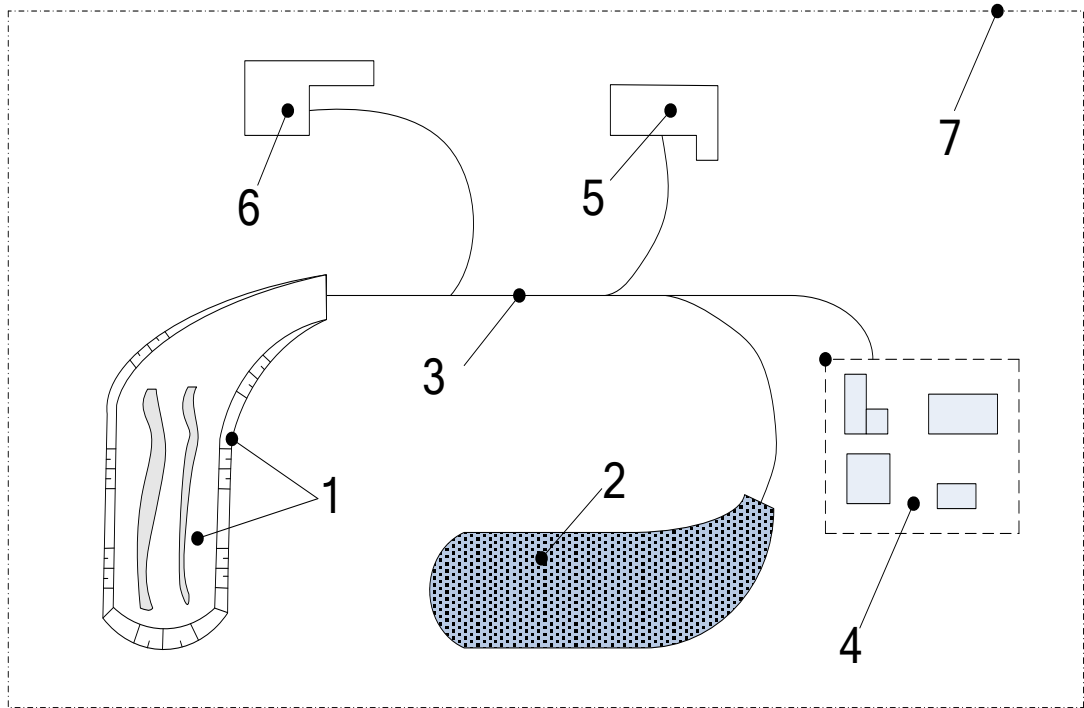


Рис. 1.2. Схема земельного отвода карьера: 1 – карьерное поле и граница горного отвода; 2 – внешний отвал вскрышных пород; 3 – автодорога; 4 – промплощадка; 5 – обогатительная фабрика; 6 – склады; 7 – граница земельного отвода

Преимущества открытого способа добычи полезного ископаемого:

- применение крупногабаритного, мощного оборудования;
- более безопасные условия труда;
- отсутствие проблем горного давления,
- меньшая необходимость проветривания;
- более полное извлечение полезных ископаемых.

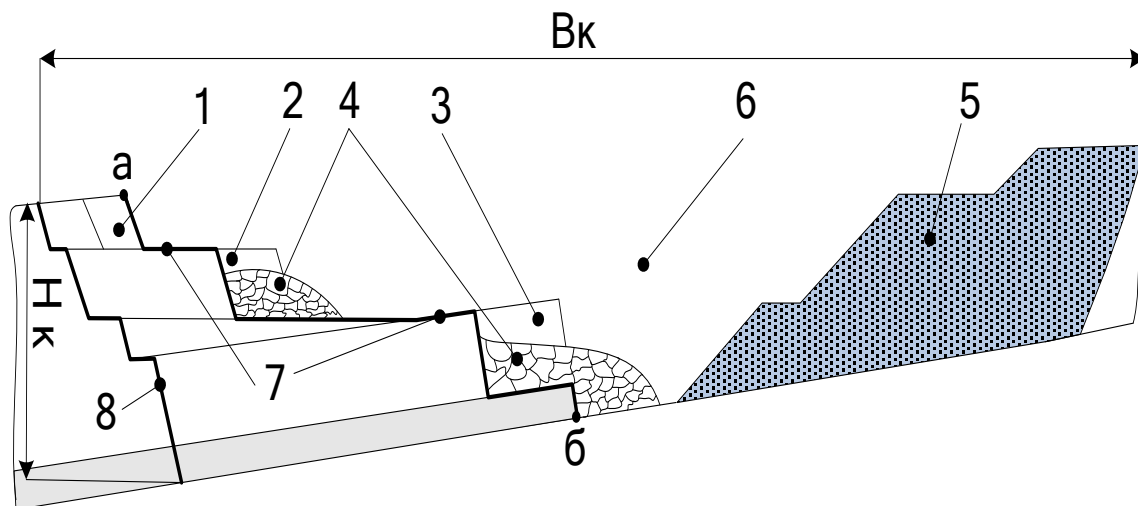
Недостатки открытого способа:

- крупные нарушения земель и водного баланса;
- зависимость от климата;
- при углублении горных работ эффективность разработки снижается.

В процессе работ появляется совокупность открытых горных выработок разного назначения – выработанное пространство и отвалы вскрышных пород (рис. 1.3 а, б, в).

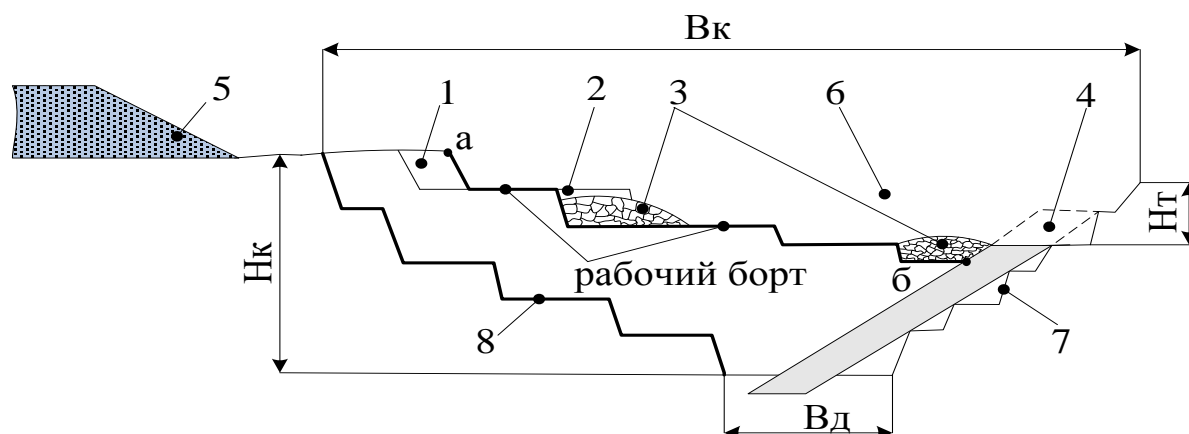
### Схема открытой разработки залежи

а) пологопадающей залежи



На схеме: 1 – вскрышной уступ по наносам; 2 – вскрышной уступ по скальным породам, разрабатываемый с перевозкой породы в отвал; 3 – вскрышной уступ по коренным породам, разрабатываемый с перевалкой вскрыши в отвал; 4 – развалы породы вскрышных уступов; 5 – внутренний отвал; 6 – выработанное пространство; 7 – рабочий борт; 8 – конечное положение рабочего борта (борта погашения); Нк – глубина карьера; Вк – ширина карьера по верху; аб – рабочий борт

б) наклонной залежи

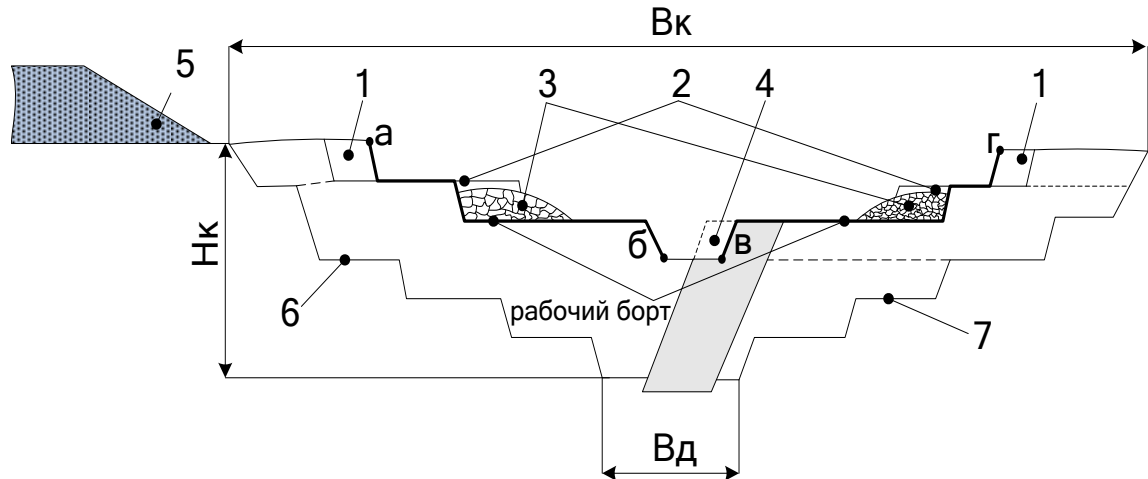


На схеме: 1 – вскрышной уступ по наносам; 2 – вскрышной уступ по коренным породам; 3 – развал породы вскрышного уступа; 4 – отработанный участок угольного пласта; 5 – внешний отвал; 6 – выработанное про-



странство; 7 – нерабочий борт по почве пласта;  
 8 – конечное положение рабочего борта (борт погашения горных работ) конечный контур карьера, Нк – глубина карьерного поля; Вк – ширина карьерного поля по верху, Вд – ширина карьерного поля по дну; аб – рабочий борт.

в) крутопадающей залежи



На схеме: 1 – вскрышной уступ по наносам; 2 – вскрышной уступ по коренным породам; 3 – развал породы вскрышного уступа; 4 – добычный уступ; 5 – внешний отвал; 6 – борт погашения горных работ с висячей стороны залежи; 7 – тоже с лежачей стороны залежи (борт 6 и борт 7 формируют конечный контур карьерного поля); Нк – глубина карьерного поля; Вк – ширина карьерного поля по верху, Вд – ширина карьерного поля по дну; аб и вг – рабочие борты, соответственно с висячей и лежачей стороны залежи.

Рис. 1.3. Схемы открытой разработки угольных залежей

**Борт карьера** – это ступенчатые боковые поверхности, ограничивающие выработанное пространство и состоящие из откосов и площадок уступов. Борт карьера, на котором ведутся горные работы, называется **рабочим бортом карьера**, при отсутствии горных работ в течение определенного периода – **нерабочим бортом карьера**.

Линия пересечения ботов карьера с земной поверхностью называется **верхним контуром карьера**, с дном – **нижним контуром карьера**.

Условная наклонная поверхность, проходящая через нижний и верхний контуры карьера, называется **откосом борта карьера**. Угол, образованный линией откоса борта карьера и ее проекцией на горизонтальную плоскость, называется **углом борта карьера**. Вер-

тикальное расстояние между усредненными отметками рельефа поверхности и дна карьера называется **глубиной карьера**. Разработка горных пород в карьере производится слоями, в результате чего боковая поверхность карьерного поля приобретает ступенчатую форму.

Часть боковой поверхности карьера, имеющая форму ступени и разрабатываемая самостоятельными средствами подготовки к выемке, выемки и перемещения, называется **уступом** (рис 1.4).

Основными элементами уступа являются **площадки, откос, бровки, торец** (рис 1.4).

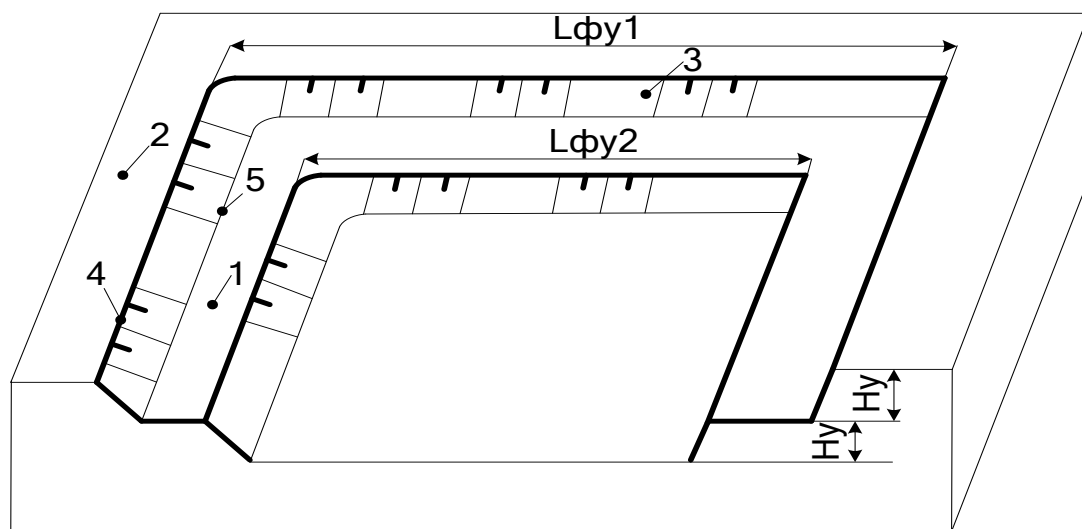


Рис. 1.4. Элементы уступа: 1 и 2 нижняя и верхняя площадки соответственно; 3 – фронтальный откос уступа; 4 и 5 – верхняя и нижняя бровки соответственно;  $L_{фy1}$  и  $L_{фy2}$  – длина фронта работ соответственно первого и второго уступов;  $H_{y1}$  и  $H_{y2}$  высота первого и второго уступов соответственно

Поверхность, ограничивающая уступ сверху или снизу, называется соответственно, **верхней или нижней площадкой уступа**. **Откосом уступа** называется наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства.

Линия пересечения откоса уступа с его верхней или нижней площадкой называется верхней или нижней бровкой уступа.

Вертикальное расстояние между верхней и нижней площадками уступа называется **высотой уступа**.

Площадка уступа, на которой располагается работающее выемочное и транспортное оборудование, называется **рабочей площадкой уступа**.

Площадка между уступами, оставленная на нерабочем борту карьера для повышения его устойчивости и задержания осыпавшихся с откоса уступа кусков породы, называется **предохранительной бермой**, а если на этой площадке располагаются транспортные коммуникации – **транспортной бермой**. Часть уступа по его высоте, разрабатываемая самостоятельными средствами рыхления, погрузки, но обслуживаемая транспортом, общим для всего уступа, называется **подуступом**. Поверхность уступа, подуступа, служащая непосредственно объектом воздействия горных работ и перемещающаяся в результате этого воздействия, называется **забоем** (рис. 1.5).

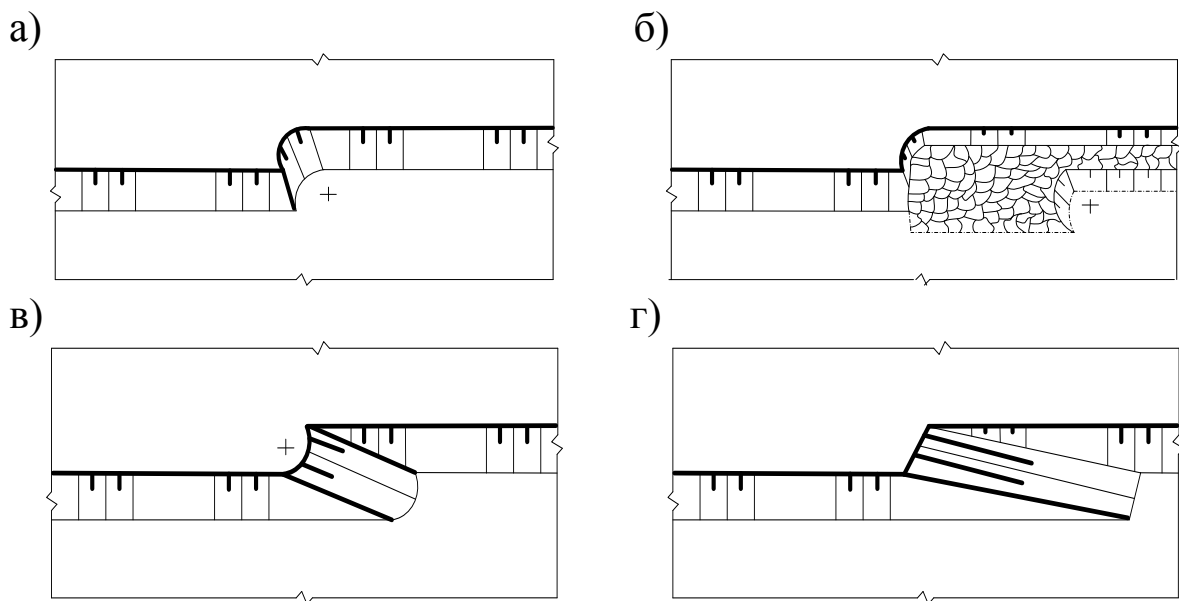


Рис. 1.5. Виды забоев: а) мехлопаты при разработке наносов; б) мехлопаты при разработке взорванных пород; в) драглайна при разработке наносов; г) бульдозера при разработке наносов

В результате перемещения забоев в пределах определенного участка развала или массива уступа последовательно отрабатываются породные полосы называемые заходками.

Заходка характеризуется высотой, шириной, длиной. Высота заходки соответствует высоте уступа, ширина – параметрам выемочного оборудования, длина – длина фронта работ уступа.

**Фронтом работ уступа** называется часть уступа по его длине, подготовленная для ведения горных работ, а суммарная протяжен-

ность фронта работ всех уступов – **фронтом работ карьера**. Совокупность уступов, находящихся в одновременной разработке, называется **рабочей зоной карьера**.

Открытая горная выработка, имеющая в поперечном сечении трапециевидную форму, называется **траншеей** (рис. 1.6). Наклонная траншея, служащая для создания транспортной связи (вскрытия) земной поверхности с рабочими горизонтами карьера, называется **капитальной траншеей**. Горизонтальная траншея, предназначенная для создания первоначального фронта работ, называется **разрезной траншеей**.

Искусственная насыпь пустых пород или некондиционных полезных ископаемых называется **отвалом**. Отвалы, размещенные в выработанном пространстве карьера, называются **внутренними**, а вне его контуров – **внешними**.

В табл. 1.1 приведены условные обозначения основного горного оборудования используемого на открытых горных работах.

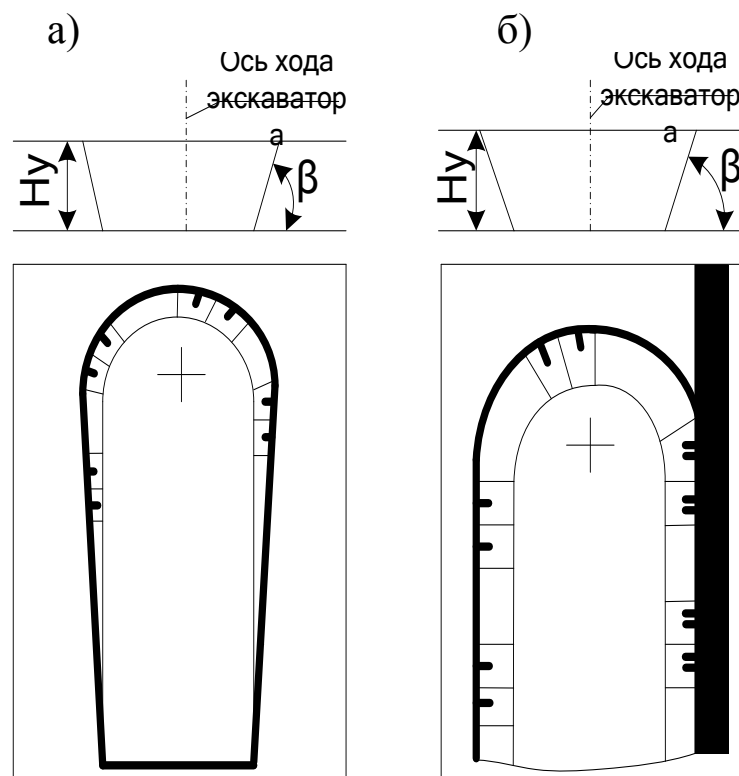


Рис. 1.6. Виды траншей: а) капитальная (наклонная);  
б) разрезная (горизонтальная)

Таблица 1.1

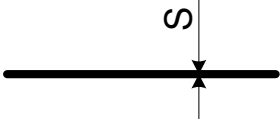
## Условные обозначения горного оборудования


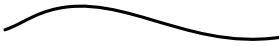
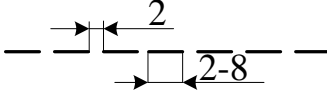
Оборудование	Обозначение	Оборудование	Обозначение
	Механическая лопата (мех. лопата)		Экскаватор шагающий (драглайн)
	Роторный экскаватор		Локомотивосостав
	Колесный скрепер		Бульдозер
	Автосамосвал		Ленточный конвейер
	Консольный отвалообразователь		Конвейер
	Буровой станок		Бункер дозатор
	Гидромонитор		Землесос

Типы линий и их назначение, параметры размещения линий ската и бергштрихов при обозначении откосов уступов на различных горных объектах приведены в таблицах 1.2. и 1.3.

Таблица 1.2

## Типы линий и их назначение

Наименование линии; начертание; толщина $S$ , мм	Назначение
<p>1. Сплошная основная</p>  <p><math>S = (0,8-1)</math> мм</p>	<p>Линия фактического контура всех горных выработок на видах и разрезах.</p> <p><b>В профиле:</b> внешний контур уступа (подступа) в массиве горных пород или по угольному пласту; кровля или почва пласта; контур развала горной массы, отвального яруса,</p>

Наименование линии; начертание; толщина S, мм	Назначение
	<p>промежуточного навала породы (угля) и предохранительного вала; отсыпанные из породы трассы для передвижения экскаваторов; рабочая площадка; основания внутреннего отвала; линия контакта насыпи с поверхностью породного массива.</p> <p><b>В плане:</b> верхние бровки откосов уступа (подступа); забоев по породе и углю; насыпей (отвальный ярус, промежуточный навал породы (угля), трасс для перемещения оборудования). Гребень предохранительного вала – бергштрихи.</p>
<p>2. Сплошная тонкая</p>  <p><math>\frac{1}{2}S</math></p>	<p>Линии размерные и выносные; линии штриховки; линии выноски; линии упрощенных контуров сложных криволинейных форм; горизонтали; изолинии; линии границ горных пород на сечениях и разрезах.</p> <p><b>В профиле:</b> проектный контур горной выработки; структура внутреннего отвала в бестранспортных технологических схемах; контур оборудования.</p> <p><b>В плане:</b> нижняя бровка откосов уступов по массиву вскрышных пород и угольным пластам; контур оборудования; линия выхода пластов на горизонт; линия ската; положение оси вращения экскаватора.</p>
<p>3. Сплошная волнистая</p>  <p><math>\frac{1}{2}S</math></p>	<p>Линии обрыва; линии разграничения вида и разреза.</p>
<p>4. Штриховая</p>  <p><math>\frac{1}{2}S</math></p>	<p>Линия невидимых контуров горных выработок, находящихся за плоскостью проекций (разреза).</p> <p><b>В профиле:</b> первоначальный контур массива или навала до снятия породы; контур предполагаемой выемки породы в массиве или навале.</p>

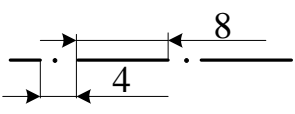
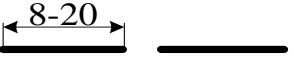
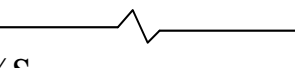
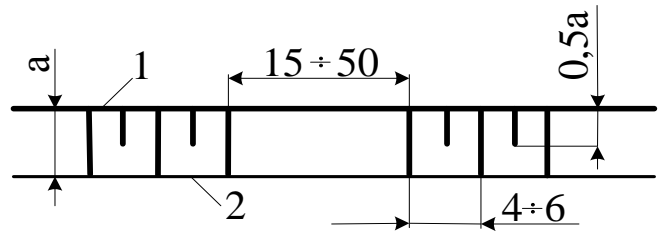
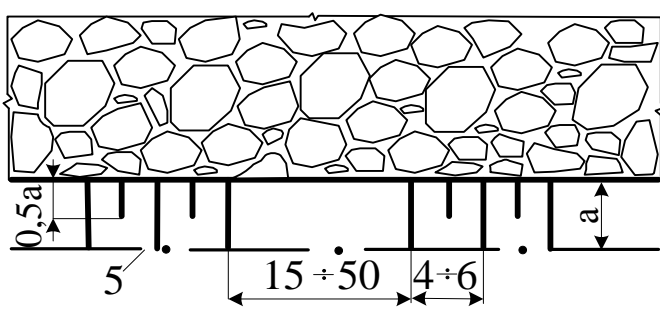
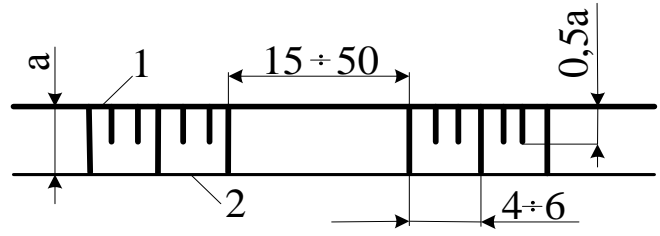
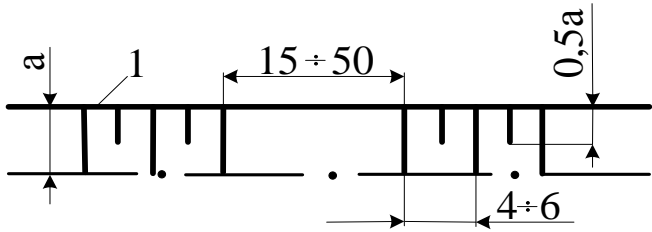
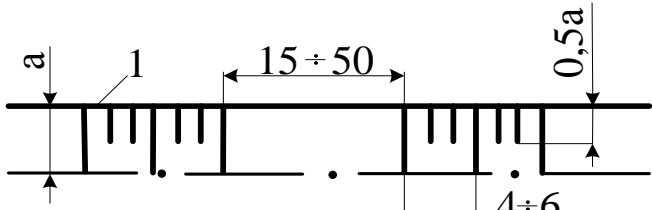
Наименование линии; начертание; толщина S, мм	Назначение
5. Штрихпунктирная тонкая  $\frac{1}{2}S$	<b>В плане:</b> нижняя бровка насыпей (отвала, развала, отвальных ярусов); насыпей (породы или угля); на профиле и плане оси рабочего хода экскаваторов; ось автомобильной или железной дороги.
6. Разомкнутая  $1,5S$	Положение секущей плоскости (линии сечений).
7. Сплошная тонкая с изломами  $\frac{1}{2}S$	Длинные линии обрыва.

Таблица 1.3

Параметры размещения линий ската и бергштрихов при обозначении откосов уступа

Откос	Параметры размещения линий ската и бергштрихов
Вскрышного уступа по массиву	
Уступа по развалу	
Добычной уступ	

Породной насыпи (в т. ч. ярус отвала)	
Угольной насыпи	

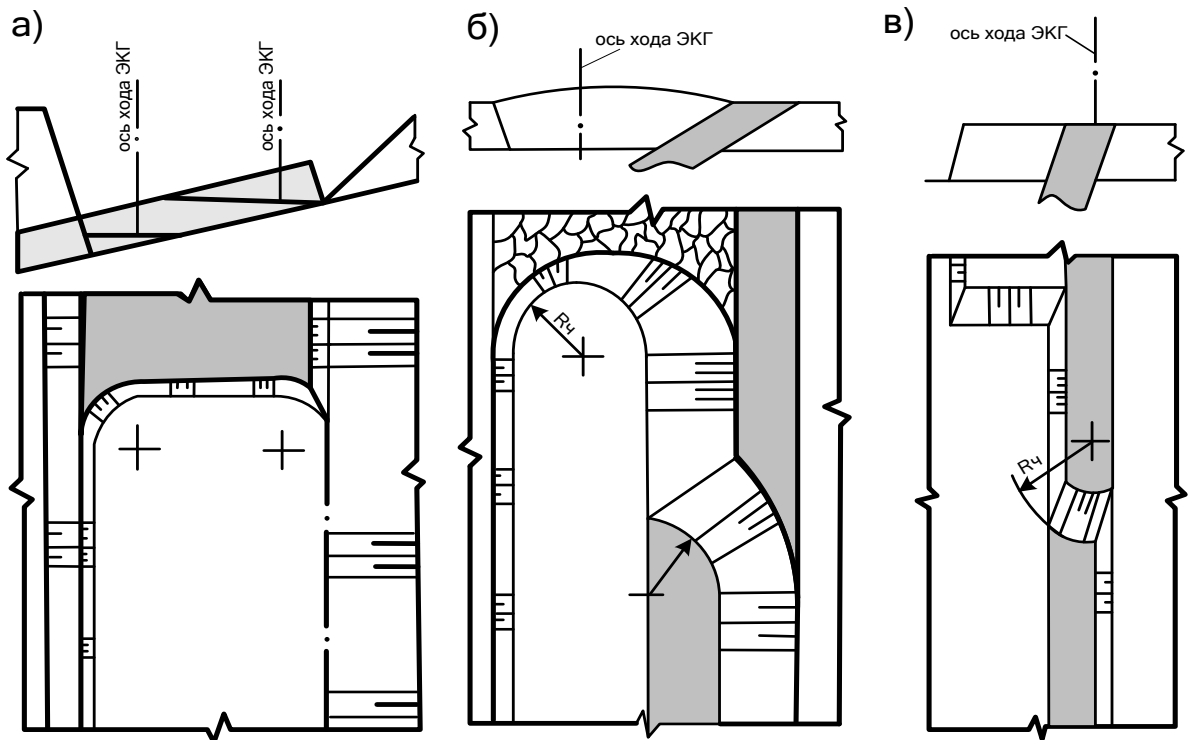


Рис. 1.7. Обозначение угольных пластов на профиле и плане горных выработок: а – при пологом залегании; б – наклонном; в – крутом

Угольный пласт затемняется на профиле чертежа, а на плане его кровля или его положение на верхней и нижней площадках уступа.

При выполнении горного чертежа необходимо правильно обозначить место установки экскаватора (рис. 1.8).



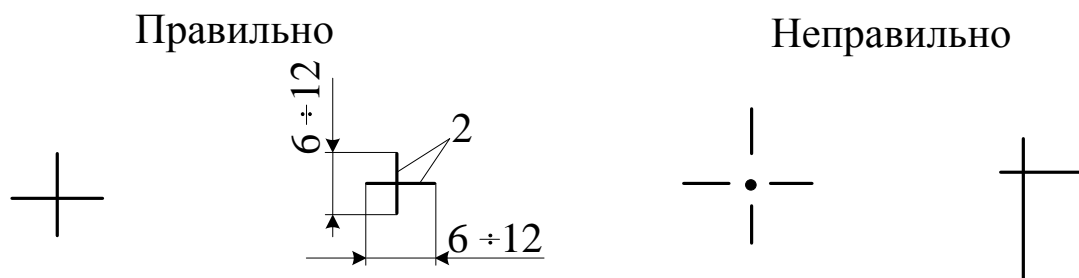


Рис. 1.8. Обозначение места установки экскаватора

### Задание

1. Изучить основные понятия, терминологию, структуру открытых горных выработок и условные обозначения на чертежах и открытых горных работ.
2. Изучить примеры на рис. 1.1, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7.
3. Воспроизвести эти рисунки в карандаше с соблюдением стандартов на изображения и условные обозначения уступов.

## Практическая работа № 2

### Определение главных параметров карьера и его производственной мощности

**Цель работы** – изучение студентами принципа определения главных параметров карьера и расчета производственной мощности и срока службы.

#### Общие положения.

К главным параметрам карьерного поля в поперечном профиле горных работ относятся (рис. 2.1 а, б):

- конечная глубина карьера ( $H_k$ );
- ширина карьера по поверхности ( $B_k$ ) и по дну ( $B_d$ );
- углы откоса бортов карьера: с висячей стороны залежи ( $\gamma_v$ ) и с лежащей ( $\gamma_l$ ).

Главным параметром карьерного поля является его глубина, определяющая общие объемы вскрыши и угля в карьерном поле, а так же их текущие значения. Они во многом определяются углом залегания обрабатываемых пластов. В зависимости от угла падения угольного пласта ( $\alpha$ ) формируются особенности определения главных параметров карьерного поля.

При разработке пологих и наклонных залежей горные работы производятся только со стороны висячего бока залежи, а на круто-наклонных и крутых залежах горные работы ведутся как со стороны висячего, так и со стороны лежащего бока залежи (рис. 2.1 а, б).

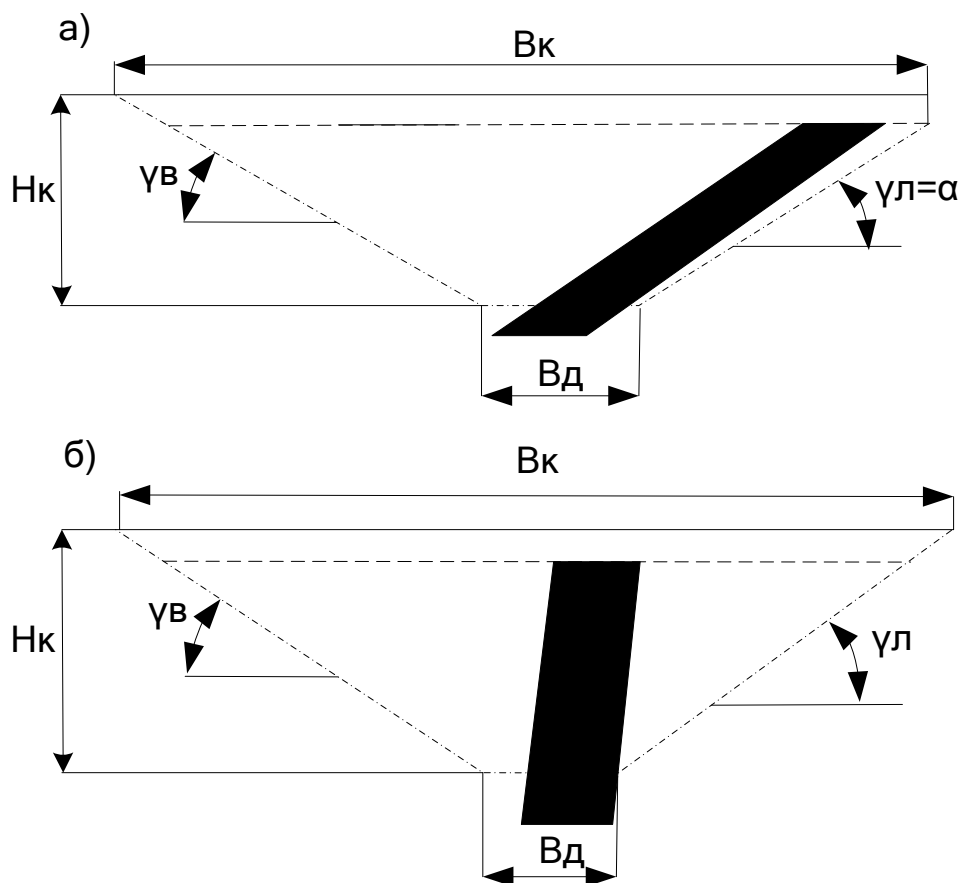


Рис. 2.1. Главные параметры карьера:  
а) наклонная залежь; б) крутая залежь

Углы откосов нерабочих бортов определяются свойствами вмещающих и покрывающих пород, и могут быть в пределах от  $30$  до  $45^\circ$ . Длина карьера по поверхности ( $L_k$ ) определяется природными, техническими и технологическими факторами. Она устанавливается исходя из конкретных условий. Ширина карьера по верху ( $Вк$ ) зависит от глубины карьера и угла падения залежи.

Длина дна карьера ( $L_d$ ), определяется длиной карьера по поверхности и углом откоса в торце карьерного поля.

Минимальная ширина дна карьера ( $Вд$ ) определяется условием разворота автотранспорта и должна быть не менее  $30$  метров.

## Определение конечной глубины карьера

При рассмотрении этого вопроса необходимо ввести следующие термины.

Отношение объема вскрышных пород к объему (массе) полезного ископаемого называется коэффициентом вскрыши.

Текущие объемы вскрыши и добычи это объемы, выполняемые в течение определенного промежутка времени (обычно за год).

Отношение объема вскрыши к объему добычи (в тоннах) выполняемые за один и тот же промежуток времени называется текущим коэффициентом вскрыши –  $K_T$ ,  $m^3/t$ .

Граничный коэффициент вскрыши ( $K_{Gr}$ ,  $m^3/t$ ) является экономическим показателем и определяет объем вскрышных пород на единицу объема полезного ископаемого, который допустимо перемещать из массива в отвалы по условиям рентабельности открытой разработки.

Согласно существующим теоретическим положениям конечная глубина карьерного поля имеет место при равенстве текущего и граничного коэффициента вскрыши, т.е.  $K_T = K_{Gr}$ .

В учебных целях при определении главных параметров карьера можно исходить из того, что все размеры, характеризующие поперечное сечение карьерного поля постоянны на всем простирании залежи и рассматриваются на примере одного профиля. Значение граничного коэффициента вскрыши по данным проектной практике равно  $K_{Gr} = 10 m^3/t$ .

### Пример определения главных параметров карьерного поля

Расчетные схемы для определения глубины карьерного поля показано на рис. 2.2 и 2.3.

Рассмотрим нахождение границ карьера на примере наклонной и крутой залежей графоаналитическим методом (по акад. В. В. Ржевскому).

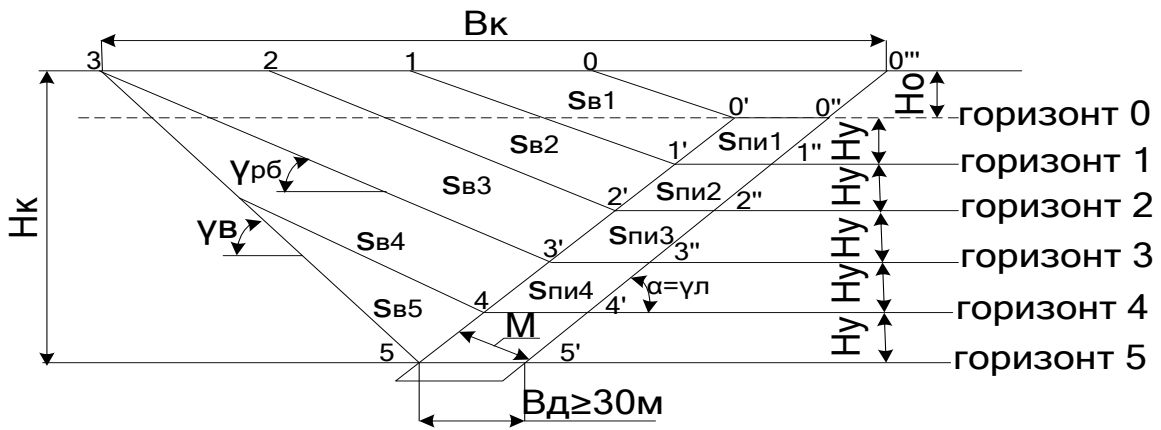


Рис. 2.2. Расчетная схема к определению глубины карьера при пологом и наклонном залегании пласта

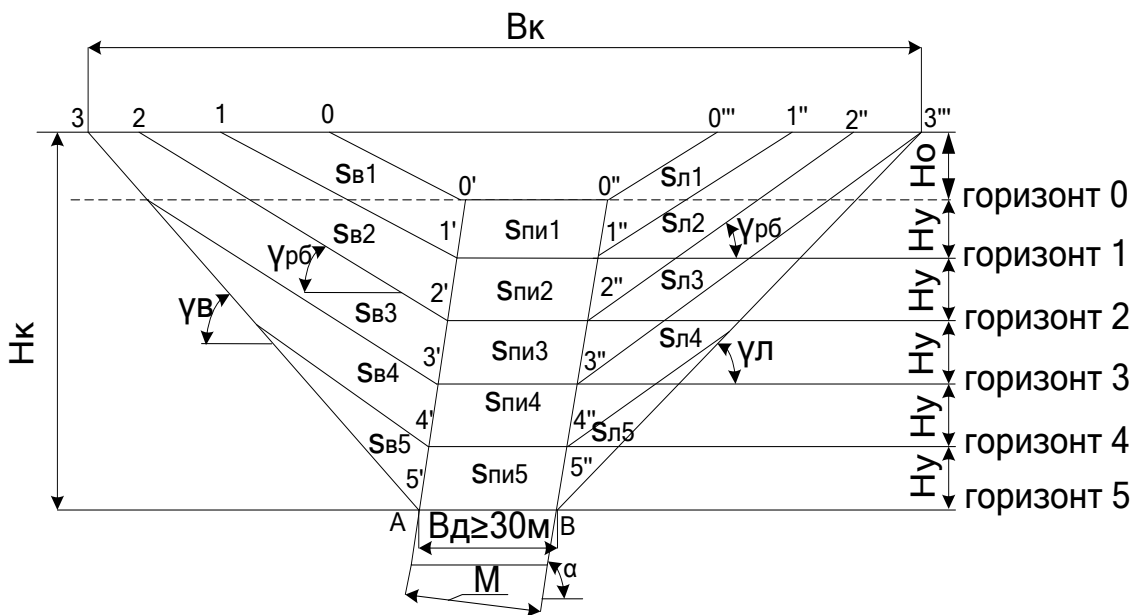


Рис 2.3. Расчетная схема к определению глубины карьера при крутом залегании пласта

Графоаналитический метод расчета текущего коэффициента вскрыши включает деление профиля залежи горизонтальными линиями слоями, которым по мере углубления горных работ по падению пласта (ниже наносов) присваиваются название и номер слоя – горизонт 1, горизонт 2, горизонт 3 и т.д. В учебных целях за нулевой горизонт принимается выход пласта под наносы – горизонт 0 и от него через равные расстояния откладываются горизонты равные высоте уступа ( $H_y = 10-20\text{м}$ ).

При анализе наклонной залежи из точек пересечения горизонтальных линий с пластом со стороны висячего бока ( $0', 1', 2', 3'$ )

проводим линии под углом рабочего борта карьера ( $\gamma_{рб} = 18-22^\circ$ ) до пересечения с поверхностью в точках 0,1,2,3 (рис. 2.2). Между полученными контурами 0-0'-1'-1, 1-1'-2'-2 и определяем значения площадей вскрыши, а между контурами 0'-1'-1''-0'' (рис. 2.2 и 2.3) устанавливаем значения запасов полезного ископаемого.

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.1, куда заносим значения текущих коэффициентов вскрыши. Далее находим горизонт, на котором будет равенство текущего ( $K_t$ ) и граничного коэффициентов вскрыши ( $K_{гр}$ ). При перерасчете площадей вскрышной породы и запасов полезного ископаемого на их объемные значения учитывается протяженность фронта работ длиной 1 метр (удельные объемы).

Таблица 2.1

Значения площадей (удельных объемов) вскрыши, запасов угля и текущего коэффициента вскрыши по горизонтам карьерного поля (для наклонной залежи)

Горизонт	Вскрыша, м <sup>3</sup>	Запасы		K <sub>t</sub> , м <sup>3</sup> /т
		м <sup>3</sup>	т*	
1	S <sub>в1</sub>	S <sub>пи1</sub>	S <sub>пи1</sub>	K <sub>t</sub> <K <sub>гр</sub>
2	S <sub>в2</sub>	S <sub>пи2</sub>	S <sub>пи2</sub>	K <sub>t</sub> <K <sub>гр</sub>
3	S <sub>в3</sub>	S <sub>пи2</sub>	S <sub>пи3</sub>	K <sub>t</sub> =K <sub>гр</sub>
4	S <sub>в4</sub>	S <sub>пи4</sub>	S <sub>пи4</sub>	K <sub>t</sub> <K <sub>гр</sub>
5	S <sub>в5</sub>	S <sub>пи5</sub>	S <sub>пи5</sub>	K <sub>t</sub> <K <sub>гр</sub>

\*– при расчетах принимается плотность угля 1,35т/м<sup>3</sup>.

Для примера наклонной залежи предположим, что равенство коэффициентов вскрыши достигнуто на горизонте 3 (рис. 2.2. и табл. 2.1). В этом случае достигается максимальный разнос борта, что и определяет точки 3 и 0'' на поверхности, через которые должны проходить нерабочие борта карьера (верхняя бровка верхнего уступа в конечном положении). Тогда из точки 3 проводим наклонную линию под углом борта погашения до пересечения с кровлей пласта – точка 5.

Далее рассматриваем последующее углубление горных работ. Для этого рассчитываем площади вскрыши и угля на горизонтах 4

и 5, определяем текущие коэффициенты вскрыши и заносим в таблицу 2.1. Для этих горизонтов текущий коэффициент вскрыши будет меньше граничного.

Вертикальное расстояние между горизонтом 5 и поверхностью является глубиной карьерного поля.

Для крутой залежи (рис. 2.3) проводим аналогичные построения, и результаты расчетов заносятся в таблицу 2.2. Предполагаем, что равенство текущего и граничного коэффициентов вскрыши достигнуто на горизонте 3. Тогда с висячего бока залежи на поверхности фиксируется точка 3 – максимального разноса борта. Из этой точки под углом погашения  $\gamma_B$  проводим наклонную линию до пересечения с кровлей пласта (точка 5). Соединив ее с точкой 5" (дно карьерного поля Вд) и соединим ее с точкой 3" на поверхности. Получаем борт погашения с лежащего бока залежи и измеряем угол  $\gamma_L$ .

Далее рассматривается развитие горных работ, так же как и для наклонной залежи. Результаты расчетов заносятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Значения площадей (удельных объемов) вскрыши, запасов угля и текущего коэффициента вскрыши по горизонтам карьерного поля

Горизонт	Вскрыша, м <sup>3</sup>	Запасы		Кт, м <sup>3</sup> /т
		м <sup>3</sup>	т	
1	S <sub>в1</sub> + S <sub>л1</sub>	S <sub>пи1</sub>	S <sub>пи1</sub>	Кт < Кгр
2	S <sub>в2</sub> + S <sub>л2</sub>	S <sub>пи2</sub>	S <sub>пи2</sub>	Кт < Кгр
3	S <sub>в3</sub> + S <sub>л3</sub>	S <sub>пи3</sub>	S <sub>пи3</sub>	Кт = Кгр
4	S <sub>в4</sub> + S <sub>л4</sub>	S <sub>пи4</sub>	S <sub>пи4</sub>	Кт < Кгр
5	S <sub>в5</sub> + S <sub>л5</sub>	S <sub>пи5</sub>	S <sub>пи5</sub>	Кт < Кгр

При выполнении индивидуального задания построения при горно-геометрическом анализе рекомендуется выполнять в масштабе 1:1000. Построенный поперечный профиль карьерного поля и данные таблицы 2.1 и таблицы 2.2 используются для расчета погоризонтных объемов вскрыши и запасов угля. Для расчета этих

объемов определяется длина горизонтов по продольному сечению карьерного поля (рис. 2.4).

Длины горизонтов ( $L_{\Gamma}$ ) определяется из выражения

$$L_{\Gamma} = L_{\text{к}} - 2 \cdot H_i \cdot \text{ctg}\gamma_{\text{т}} \quad (2.1)$$

где  $H_i$  – глубина рассматриваемого горизонта, м;  $L_{\text{к}}$  – длина карьерного поля – задается по вариантам, м.

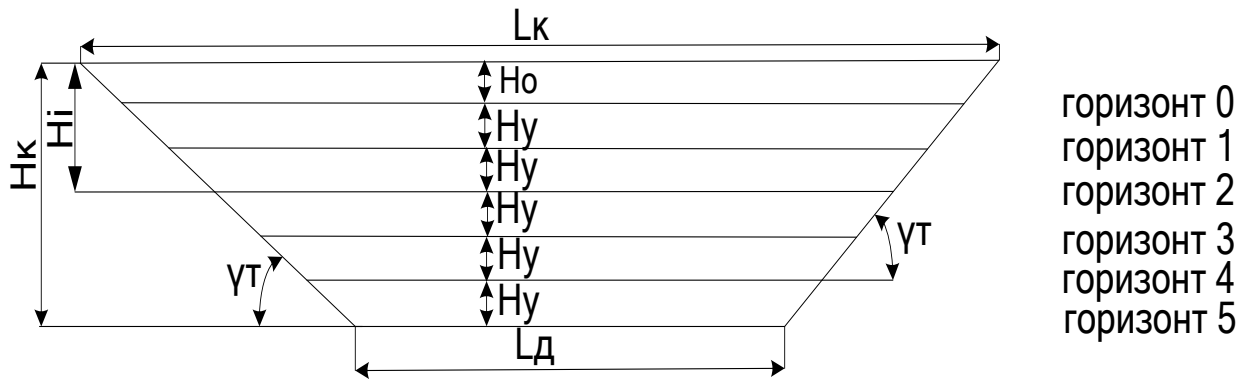


Рис. 2.4. Продольное сечение карьерного поля

Угол откоса бортов карьера в торце карьера ( $\gamma_{\text{т}}$ ) определится свойствами вмещающих пород и в расчетах можно принимать значение 40–45°.

Погоризонтные объемы вскрыши и запасы угля находятся, как произведение соответствующих погоризонтных площадей (табл. 2.1. и 2.2) на длину горизонта (табл. 2.3)

Таблица 2.3

Значения объемов вскрыши, запасов угля и текущего коэффициента вскрыши по горизонтам карьерного поля

Горизонт	Длина горизонтов	Вскрыша, м <sup>3</sup>	Запасы		К <sub>т</sub> , м <sup>3</sup> /т
			м <sup>3</sup>	т*	
1	L <sub>Г</sub>	V <sub>в1</sub>	V <sub>пи1</sub>	Q <sub>пи1</sub>	K <sub>т</sub>
2	L <sub>Г</sub>	V <sub>в2</sub>	V <sub>пи2</sub>	Q <sub>пи2</sub>	K <sub>т</sub>
3	L <sub>Г</sub>	V <sub>в3</sub>	V <sub>пи3</sub>	Q <sub>пи3</sub>	K <sub>т</sub>
4	L <sub>Г</sub>	V <sub>в4</sub>	V <sub>пи4</sub>	Q <sub>пи4</sub>	K <sub>т</sub>
5	L <sub>Г</sub>	V <sub>в5</sub>	V <sub>пи5</sub>	Q <sub>пи5</sub>	K <sub>т</sub>
		∑V <sub>в</sub>	∑ Q <sub>пи</sub>		K <sub>т.ср</sub> = ∑V <sub>в</sub> / ∑ Q <sub>пи</sub>

\*– плотность полезного ископаемого принять  $\rho = 1,35\text{т/м}^3$ .

Объем горной массы в контурах карьера определяют по формуле, м<sup>3</sup>

$$V_{ГМ} = \sum V_{В} + \sum V_{ПИ} \quad (2.2)$$

Промышленные запасы полезного ископаемого составляют, т

$$Q_{П} = \sum Q_{ПИ} \cdot \rho \cdot K_{из} \quad (2.3)$$

где  $K_{из}$  – коэффициент извлечения полезного ископаемого ( $K_{из}=0,92-0,96$ ).

В учебных целях производственную мощность  $A$  можно определять по формуле, тыс. т/год,

$$A = \sum Q_{ПИ} / T \quad (2.4)$$

где  $T$  – продолжительность работы карьера с учетом освоения производственной мощности и затухания горных работ, лет:

$$T = T_a + T_{осв} + T_{зат} \quad (2.5)$$

где  $T_a$  – срок амортизации основных зданий, сооружений или основного горнотранспортного оборудования (табл. 2.4), лет;  $T_{осв}$  – срок освоения производственной мощности, лет;  $T_{зат}$  – период затухания горных работ, лет ( $T_{осв} = T_{зат} = 1-2$ года).

Таблица 2.4

Ориентировочные значения производственной мощности разрезов по добыче угля и сроки их службы

Разрезы	Промышленные запасы $Z$ , млн. т	Производственная мощность по добыче угля, млн. т/год	Срок амортизации основных зданий, сооружений или основного горнотранспортного оборудования, лет
Крупные, с большими запасами угля	250-500	10-12	25-50
Средние, с ограниченными запасами угля	75-150	3-5	25-40
Малые, с небольшими запасами угля	10-20 до 5-10	1-2 0,1-0,8	10-20 8-10



Для последующих расчетов используют следующие годовые объемы:

- полезного ископаемого, м<sup>3</sup>/год

$$V_{п.год} = \frac{A}{\rho} \quad (2.6)$$

- вскрышных пород, м<sup>3</sup>/год

$$V_{в.год} = A \cdot K_{т.ср} \quad (2.7)$$

- горной массы, м<sup>3</sup>/год

$$V_{гм.год} = V_{в.год} + V_{п.год} \quad (2.8)$$

- вскрышных пород, подлежащих бурению (м<sup>3</sup>/год)

$$V_{б.год} = V_{в.год} \quad (2.9)$$

### **Задание**

1. Изучить принцип определения главных параметров карьерного поля и расчета производственной мощности и срока службы разреза.
2. В масштабе построить поперечный профиль карьерного поля с изображенными на нем расчетными параметрами.
3. На основе исходных данных, заполнить таблицы текущих значения площадей и объемов: вскрыши, запасов угля и текущего коэффициента вскрыши по горизонтам карьерного поля.
4. Рассчитать значения производственной мощности разреза по добыче угля и срок службы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите главные параметры карьерного поля.
2. В чем сущность графического метода определения глубины карьера по В. В. Ржевскому.
3. Дайте определение текущего и граничного коэффициента вскрыши.
4. Назовите факторы, влияющие на параметры карьерного поля.

## **Практическая работа № 3**

### **Определение параметров взрывной подготовки вскрышных пород**

**Цель работы** – изучение студентами навыков определения параметров взрывной подготовки вскрышных пород.

#### **Общие положения**

Вскрышные породы, подлежащие разрушению буровзрывным способом, можно разделить на три группы: легко взрывающиеся с пределом прочности на одноосное сжатие до  $\sigma_{СЖ} = 40$  МПа, средней взрываемости с пределом прочности на одноосное сжатие  $\sigma_{СЖ} = 40–80$  МПа и трудно взрывающиеся при  $\sigma_{СЖ} = 80–100$  МПа.

Технологическими свойствами пород, оказывающими наибольшее влияние на их взрываемость, являются блочность массива, характеризуемая средним диаметром естественной отдельности в массиве; прочность пород, определяемая пределами прочности на сжатие, растяжение и сдвиг или одним из них; обводненность пород, оцениваемая коэффициентом влияния обводненности пород.

При производстве буровзрывных работ необходимо соблюдение следующих требований:

- разрушение пород уступа на куски, не превышающие нужных размеров;
- получение развала взорванной породы уступа необходимой ширины и высоты;
- создание определенного запаса разрушенной породы, обеспечивающего длительную работу погрузочных средств;
- обеспечение безопасности и экономичности работ.

**Удельный расход ВВ** (взрывчатого вещества) является одним из главных показателей разрушения вскрышных пород взрывом и характеризуется величиной ВВ, которое требуется для разрушения  $1\text{ м}^3$  породы с заданной степенью дробления,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Средним диаметром естественной отдельности в массиве или куска взорванной горной массы в развале называется средневзвешенный по объему максимальный размер этой совокупности отдельностей массива или кусков развала. Между блочностью массива

ва и прочностью слагающих его пород угольных месторождений существует взаимосвязь:

$$de = 0,02 \cdot \sigma_{сж}$$

С учетом этих свойств и классификации пород по взрываемости вскрышные породы разрезов разделены на категории (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификация вскрышных пород по блочности

Сопротивляемость пород взрыву	Категория пород по блочности	Блочность пород	Величина одноосного сжатия, МПа
Легковзрываемые	I	мелкоблочные	до 40
Средней взрываемости	II	среднеблочные	40-60
	III	крупноблочные	60-80
Трудновзрываемые	IV	весьма крупноблочные	80-100
	V	исключительно крупноблочные	более 100

Для обеспечения качественного дробления вскрышных пород взрывом необходимо выбрать рациональный диаметр скважин исходя из прочностных свойств пород и заданной марки экскаватора по табл. 3.2.

При расчете удельного расхода ВВ в учебных целях принимается, что взрываемые породы являются сухими.

Таблица 3.2

Рациональные значения диаметров скважин, м

Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Категория пород по блочности				
	I	II	III	IV	V
5-10	0,145-0,244	0,145-0,244	0,216-0,244	0,160-0,216	0,160-0,214
12-12,5	0,244-0,270	0,244-0,270	0,216-0,244	0,160-0,216	0,160-0,216
20	0,244-0,270	0,244-0,270	0,244-0,270	0,216-0,244	0,216-0,244
30-50	0,269-0,380				

Указанные диаметры скважин могут быть пробурены следующими типами буровых станков (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Основные технологические характеристики буровых станков шарошечного бурения

Тип бурового станка	Предел прочности вскрышных пород, МПа	Диаметр скважины, мм	Глубина бурения, м	Угол наклона скважины к горизонту, град
Шарошечные				
СБШ-160/200-40	60-180	160, 171, 215	40	60; 75; 90
СБШ-160/200-40Д		190; 216; 245	32	
6СБШ-200-32		245; 270	32	
СБШ-250МНА-32		250; 270	60	
РД-10		320	36	
СБШ-320-36		400	55	
СБШ-400-55		193, 269	32	
РV-271		127-228	54,9	
Режущие				
СБР-160А-24	10-60	0,160	24	60; 75; 90
СБР-200-32		0,160; 0,200	32	

К взрывчатым материалам (ВВ) относят бризантные и метательные промышленные взрывчатые вещества (ВВ) и средства их инициирования (СИ). Тип ВВ выбирают исходя из технологических свойств взрывааемых пород, их обводненности, опыта применения в аналогичных условиях, возможности механизированного или ручного заряжания. К СИ, которые применяют на открытых горных работах, относят огнепроводный шнур (ОШ), средства его зажигания, капсули-детонаторы (КД), детонирующий шнур (ДШ), неэлектрические системы инициирования типа СИНВ, пиротехнические реле-замедлители (РП) и промежуточные детонаторы (ПД).

Типы взрывчатых веществ применяемых на открытых горных работах для различных по взрываемости пород, приведены в табл. 3.4, ассортимент применяемых ВВ и рекомендуемая область их применения в табл. 3.5.

Таблица 3.4

Типы ВВ, применяемые на открытых горных работах  
их характеристика

Тип ВВ	Плотность ВВ, кг/м <sup>3</sup>	Переводной коэффициент эквивалентных зарядов $K_{ВВ}$
Игданит	900	1,13
Гранулит М	950	1,12
Гранулит АС-4	850	0,98
Гранулит АС-4В	1050	0,96
Граммонит 79/21*	900	1,00
Порэмит 1 МК	1250	1,25
Сибирит-1000	1250	1,29
Граммонит 30/70	950	1,13
Гранулотол	1000	1,20

\* – эталонное ВВ.

Таблица 3.5

Рекомендуемые области использования ВВ  
для различных категорий пород

Легковзрываемые породы	Породы средней взрываемости	Трудновзрываемые породы
Игданит, гранулит М	Гранулит АС-4, игданит, граммонит 79/21	Граммонит 79/21, гранулит АС-4

После установления величины удельного расхода ВВ для разрушения вскрышных пород в конкретных горно-геологических условиях и с известными прочностными свойствами ( $\sigma_{сж}$ ) определяют параметры сетки скважин и величину заряда ВВ.

К основным параметрам расположения скважинных зарядов относят глубину скважин ( $l_{скв}$ ), величину перебура ( $l_{п}$ ) или недобура ( $l_{н}$ ), конструкцию заряда, длину забойки ( $l_{заб}$ ) и заряда ВВ ( $l_{зар}$ ), массу заряда ВВ в скважине ( $Q_{скв}$ ), расстояние между скважинами ( $a$ ) и рядами скважин ( $b$ ), линию сопротивления по подошве уступа ( $W$ ) и число рядов ( $n$ ) скважин в заходке (рис. 3.1).

Взрывание горных пород на открытых горных работах производят сплошными однородными (рис. 3.2 а, г) и рассредоточенными зарядами (рис. 3.2 б, в). В состав сплошных зарядов входят ВВ одной марки и промежуточный детонатор. Комбинированные сплошные заряды применяют, как правило, при взрывании слабообводненных скважин, при этом обводненная часть скважины заряжается водоустойчивыми ВВ, а сухая часть – неводоустойчивыми ВВ, что позволяет снизить затраты на буровзрывные работы.

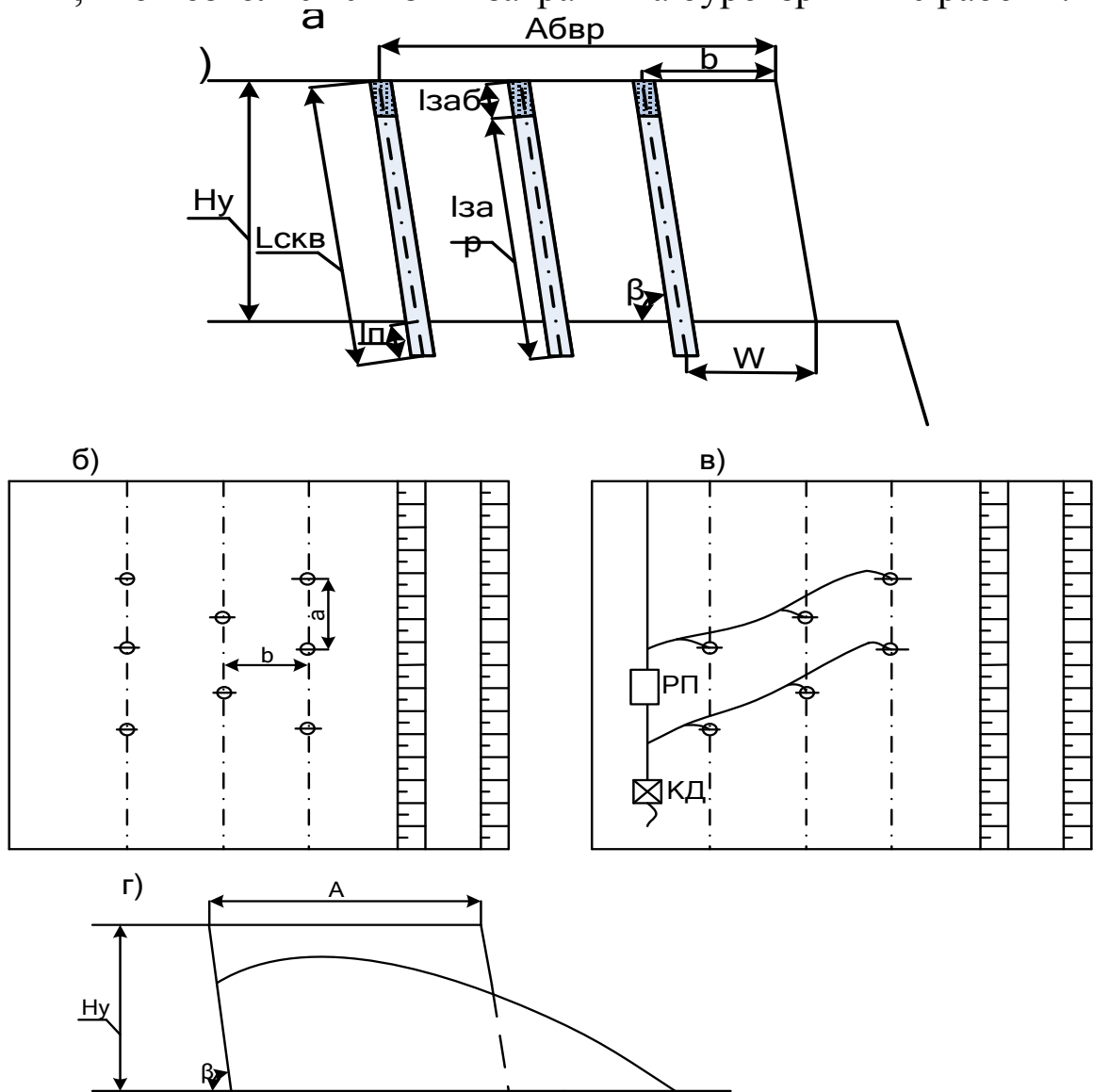


Рис. 3.1. Параметры сетки скважин: а) наклонные скважины (профиль уступа); б) сетка скважин в плане уступа; в) схема взрывания; г) профиль развала взорванной породы

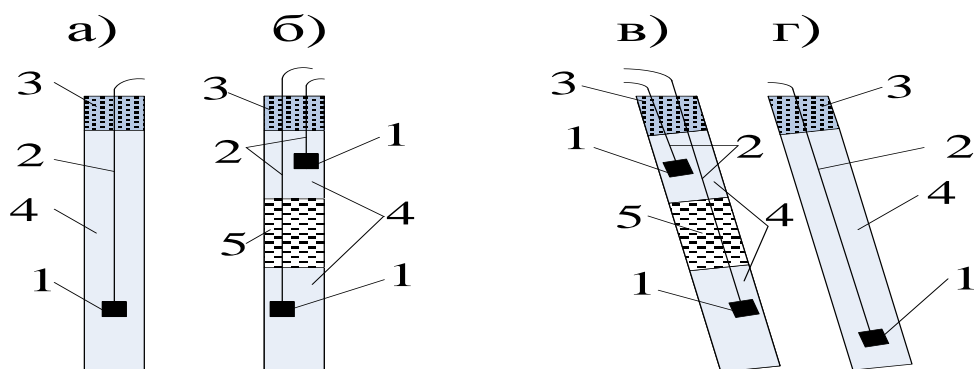


Рис.3.2. Конструкции скважинных зарядов: а) вертикальные скважины, сплошной заряд; б) вертикальная скважина рассредоточенный заряд; в) наклонная скважина рассредоточенный заряд; г) наклонная скважина сплошной заряд. 1 – промежуточный детонатор; 2 – ДШ или СИНВ, 3 – забойка, 4 – заряд, 5 – инертный материал

### Расчет параметров буровзрывных работ

Рациональная степень взрывного дробления пород определяют из выражения:

$$z = 1 + \frac{de^2}{E^{0,25} + K_{ВВ}} \quad (3.1)$$

где  $E$  – вместимость ковша экскаватора,  $m^3$ .

Удельный расход ВВ ( $кг/м^3$ ) определяют по формуле

$$q = \frac{5000 \cdot K_{ВВ} \cdot \sqrt[3]{\sigma_{сж}} \cdot (z - 1)}{\sigma_{сж} \cdot (705 - 968 \cdot d - 1,5 \cdot \beta + 0,6 \cdot H_y)}, \quad (3.2)$$

где  $K_{ВВ}$  – переводной коэффициент ВВ (табл. 3.4);  $\sigma_{сж}$  – предел прочности на сжатие, МПа (табл. 3.1);  $z$  – степень взрывного дробления;  $d$  – диаметр скважинного заряда (табл. 3.2), м;  $\beta$  – угол наклона скважин к горизонту, град;  $H_y$  – высота уступа (см. практическое занятие № 4), м.

Параметры сетки скважин определения глубины (м) скважины при известной высоте уступа:

$$L_{скв} = (H_y / \sin \beta) + l_{п} \quad (3.3)$$

где  $H_y$  – высота уступа (см. практическое занятие № 4), м;  $l_{п}$  – длина перебура, м:

$$l_{п} = 0,06 \cdot d \cdot \sigma_{сж} \quad (3.4)$$

Длина (м) сплошного заряда:

$$L_{зар} = L_{скв} - l_{заб} \quad (3.5)$$

где  $l_{заб}$  – длина забойки, м:

$$l_{заб} = l_{п} + 11,3 \cdot d^{0,75} \cdot de^{-0,5} \cdot \left( \frac{\Delta}{1000} \right)^{0,5} \quad (3.6)$$

Масса (кг) скважинного заряда:

$$Q_{скв} = P \cdot L_{зар} \quad (3.7)$$

где  $P$  – вместимость 1 м скважины, кг.

$$P = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \rho \quad (3.8)$$

где  $\rho$  – плотность ВВ, кг/м<sup>3</sup> (табл. 3.4).

При высоте уступа от 10 до 20м для более качественного дробления породы заряд ВВ целесообразно рассредоточивать на две части.

В этом случае масса части заряда составляет:

- верхней

$$Q_{зв} = 0,3 \cdot Q_{скв} \quad (3.9)$$

- нижней

$$Q_{зн} = 0,7 \cdot Q_{скв} \quad (3.10)$$

Между верхней и нижней частями заряда оставляется воздушный (инертный) промежуток, величина которого равна:

$$l_{пн} = 0,00125 (340 - 0,1 \cdot \sigma_{сж} - 0,01 \sigma_{сж}) \cdot L_{зар} \quad (3.11)$$

Далее определяют расстояние (м) между скважинами в ряду:

$$a = \sqrt{\frac{m \cdot Q_{скв}}{q \cdot N_y}}, \quad (3.12)$$

где  $m$  – коэффициент сближения скважин.

$$m = 0,85 + 0,3 \cdot de \quad (3.13)$$

Расстояние (м) между рядами скважин равно

$$b = a / m \quad (3.14)$$

Количество рядов скважин в заходке может быть только целым числом, т.е.

$$n_p = A / b \quad (3.15)$$

где  $A$  – ширина экскаваторной заходки, м.

В учебных целях ширину буровзрывной заходки рассчитывается по формуле

$$A = 1,7 R_{чу} \quad (3.16)$$



где  $A$  – ширина экскаваторной заходки, м;  $R_{\text{чу}}$  – радиус черпания на уровне стояния экскаватора (табл. 4.1), м.

Для качественного дробления породы необходимо, чтобы линия сопротивления по подошве уступа  $W$  (горизонтальное расстояние от первого ряда скважин до нижней бровки откоса уступа) отвечала следующим условиям:

$$W = b \quad (3.17)$$

где  $b$  – ширина призмы возможного обрушения, м;

$$b = H_{\text{у}} (\text{ctg } \alpha_{\text{у}} - \text{ctg } \alpha) \quad (3.18)$$

где  $\alpha$ ,  $\alpha_{\text{у}}$  – соответственно, рабочий и устойчивый углы откоса уступа ( $\alpha = 75^\circ$ ,  $\alpha_{\text{у}} = 60^\circ$ ), град.

В то же время расстояние от верхней бровки уступа до первого ряда скважин должно быть больше или равно (в соответствии с правилами техники безопасности) величине бермы безопасности ( $b = 3$  м), т.е. необходимо выполнение условия

$$b \geq 3 \quad (3.19)$$

Качество буровзрывных работ оценивается также таким показателем, как выход горной массы с 1 м скважины,  $\text{м}^3/\text{м}$ .

$$\eta = \frac{a \cdot b \cdot H_{\text{у}}}{L_{\text{скв}}} \quad (3.20)$$

### **Расчет производительности и необходимого количества буровых станков**

Бурение скважин буровым станком связано с выполнением основных и вспомогательных операций. К основным операциям относится собственно бурение скважины. К вспомогательным операциям относятся опускание, подъем, наращивание и разъединение бурового става, очистка скважины от бурового шлама, замена породоразрушающего инструмента, перемещение станка на место бурения новой скважины и др. Для конкретных условий бурения и принятого типа бурового станка с достаточной точностью можно считать, что время бурения и выполнения вспомогательных операций, приходящееся на 1 м скважины, является величиной постоянной.

Сменная производительность бурового станка, м/см

$$P_{\text{см}} = 65 - 25 \cdot d_e + 700 \cdot d - 150 \cdot d \cdot d_e, \quad (3.21)$$

Суточная производительность бурового станка, м/сут

$$P_{\text{сут}} = P_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}}, \quad (3.22)$$

где  $n_{\text{см}}$  – число смен в сутки ( $n_{\text{см}} = 3$ ).

Годовая производительность бурового станка, м/год

$$P_{\text{год}} = P_{\text{сут}} \cdot n_{\text{г}}, \quad (3.23)$$

где  $n_{\text{г}}$  – число рабочих дней бурового станка в году ( $n_{\text{г}} = 252$ ).

Необходимое количество буровых станков (рабочий парк):

$$N_{\text{рб}} = \frac{V_{\text{б.год}}}{P_{\text{год}}}, \quad (3.24)$$

где  $V_{\text{б.год}}$  – годовой объем бурения, м/год.

### **Задание**

1. Изучить принципы выбора буровых станков, типа взрывчатого вещества, средств взрывания.
2. Рассчитать параметры буровзрывных работ.
3. Рассчитать производительность и количество буровых станков
4. На основании расчетных данных построить рис. 3.1.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите технологические свойства пород, оказывающие наибольшее влияние на их взрываемость.
  2. Дайте определение удельного расхода взрывчатого вещества и назовите факторы определяющие расход ВВ.
  3. Назовите промышленные ВВ, применяемые на открытых горных работах, и средства их инициирования.
  4. Назовите основные параметры расположения скважинных зарядов.
  5. Порядок определения производительность буровых станков.
1. .

### **Практическая работа № 4**

#### **Расчет параметров выемочно-погрузочных работ**

**Цель работы** – получение навыками студентов изучение типов экскаваторных забоев, рассчитывать параметры основных эле-

ментов уступов и ширину рабочих площадок по мягким и скальным породам, определение производительности экскаваторов механических лопат.

### **Общие положения**

Выемочно-погрузочные работы представляют собой процесс отделения породы от целика или предварительно разрыхленного массива и перемещения ее в средства транспорта или отвал. Для механизации этого процесса используют одноковшовые выемочно-погрузочные машины циклического действия и многоковшовые экскаваторы непрерывного действия. Производительность экскавационных машин зависит от качества подготовки экскавируемых пород, транспортного оборудования, климатических условий и др. Особое влияние на производительность выемочно-погрузочных машин оказывают параметры экскаваторного забоя и технология работ. На практическом занятии рассматривают работу экскаваторов-мехлопат как наиболее распространенного типа выемочно-погрузочного оборудования, расчет ширины рабочей площадки и основных параметров уступа.

Основными технологическими параметрами одноковшовых экскаваторов являются: вместимость ковша, габариты, масса, преодолеваемый уклон, удельное давление и рабочие параметры. К рабочим параметрам экскаватора относят радиус, высоту черпания и разгрузки, глубину копания (рис. 4.1).

Радиус черпания ( $R_{ч}$ ) – горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до режущей кромки ковша.

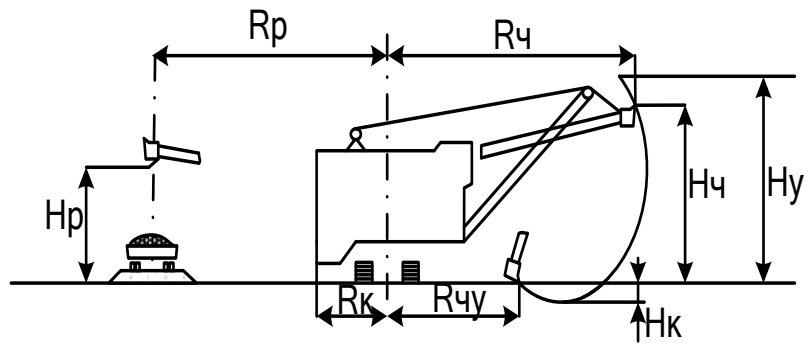
Радиус черпания на горизонте установки экскаватора ( $R_{чу}$ ) – максимальный радиус черпания на уровне установки экскаватора. Высота черпания ( $H_{ч}$ ) – вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до режущей кромки ковша.

Радиус разгрузки ( $R_{р}$ ) – горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до середины ковша в момент разгрузки.

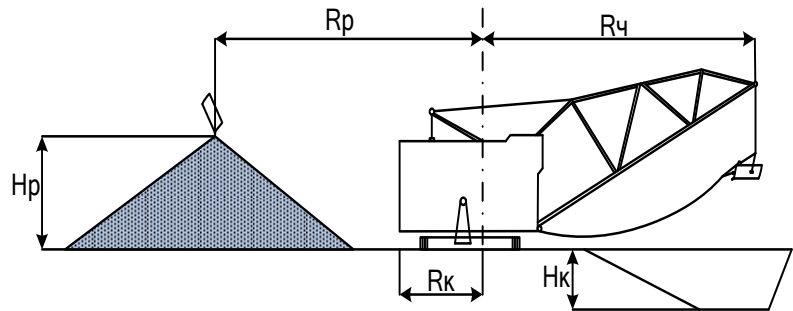
Высота разгрузки ( $H_{р}$ ) – вертикальное расстояние от горизонта установки экскаватора до нижней кромки открытого днища ковша при разгрузке.

Технологические параметры экскаватора зависят от длины и угла наклона стрелы и рукояти и могут быть минимальными ( $\min$ ) и максимальными ( $\max$ ).

Экскаватор типа  
прямая мехлопата  
(механическая или  
гидравлическая)



Экскаватор  
шагающий  
(драглайн)



Экскаватор  
типа обратная гид-  
равлическая лопата

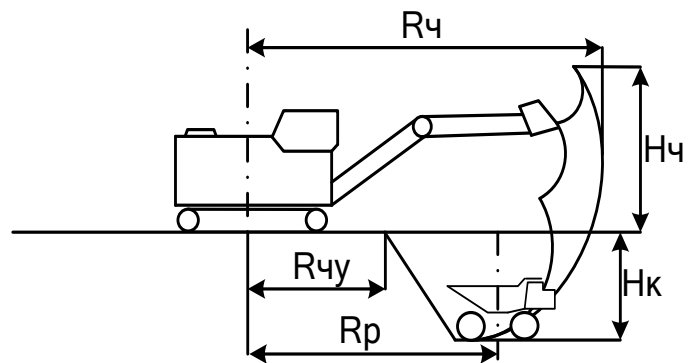


Рис.4.1. Рабочие параметры одноковшовых экскаваторов

Различают три типа экскаваторных забоев: торцевой (боковой), тупиковый (траншейный), фронтальный (продольный). Наибольшее распространение получил торцевой забой, при котором обеспечивается высокая производительность экскаватора. Это объясняется небольшим средним углом поворота экскаватора на разгрузку (не более 90 градусов), удобной подачей транспортных средств под погрузку и минимальными простоями при перемещении транспортных коммуникаций. Тупиковый забой применяют при проведении траншей. Фронтальный забой используют редко, в основном при разработке разнородных заходок. При этом типе забоя из-за большего среднего угла поворота экскаватора к разгрузке,

малой ширины заходки, частого перемещения экскаватора и транспортной полосы производительность экскаватора является низкой.

Забой-площадку применяют при разработке горных пород выемочно-транспортирующими машинами типа бульдозер и скрепер.

По взаимному расположению забоя и горизонта установки экскаватора различают следующие способы выемки: с верхним черпанием (рис. 4.2 а, б); с нижним черпанием (рис. 4.2 в, г).

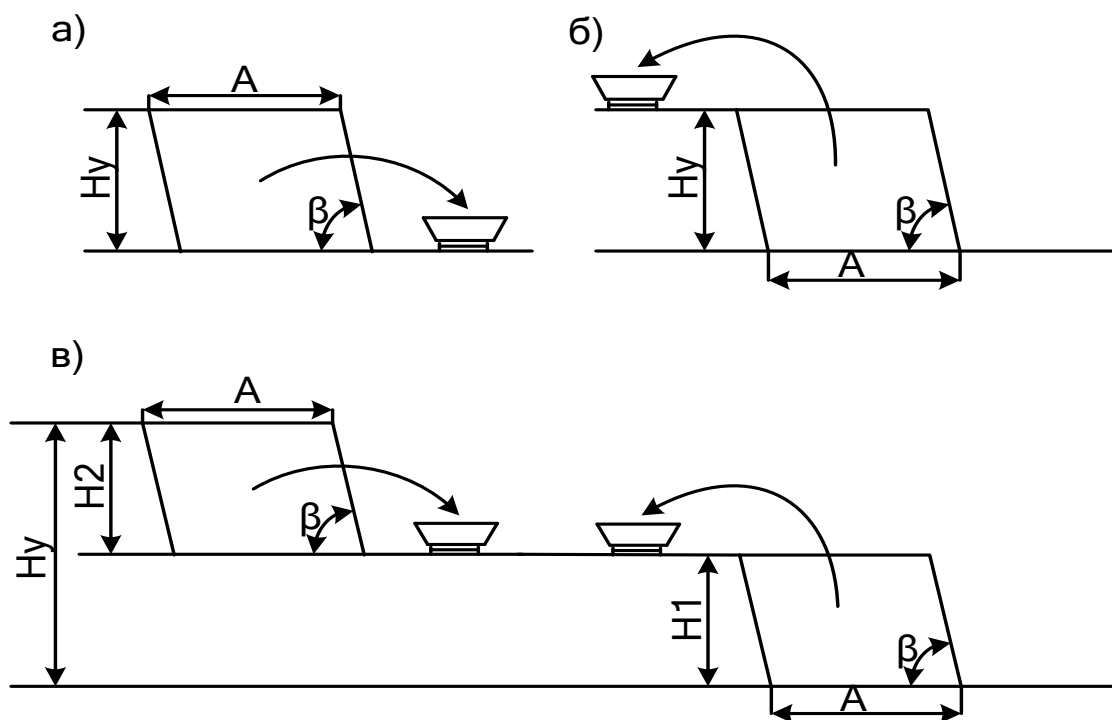


Рис. 4.2. Способы выемки и погрузки породы экскаватором:  
а) погрузка на уровне стояния; б) погрузка выше уровня стояния;  
в) комбинированная погрузка

Для механизации этого процесса наиболее часто используют одноковшовые экскаваторы циклического действия. Производительность экскаваторов зависит от качества подготовки экскавируемых пород, транспортного оборудования, климатических и других условий, в частности параметров экскаваторного забоя и принятой технологии разработки месторождения.

Таблица 4.1.

## Рабочие параметры экскаваторов мехлопат

Параметры	Марка экскаватора						
	ЭКГ-5А	ЭКГ-9УС	ЭКГ-12	ЭКГ-15	ЭКГ-18	ЭКГ-20А	ЭКГ-5А-УС
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	5,0	9,0	12,0	15,0	17	20,0	5,0
Максимальный радиус черпания $R_{ч\text{ MAX}}$ , м	14,5	19,8	18,4	22,6	22,6	22,1	23,7
Максимальный радиус разгрузки $R_{р\text{ MAX}}$ , м	12,3	17,9	16,3	20,0	20,0	20,0	22,1
Максимальная высота черпания $H_{ч\text{ MAX}}$ , м	10,3	17,6	13,5	16,4	15,6	17,9	22,2
Максимальная высота разгрузки $H_{р\text{ MAX}}$ , м	6,7	12,5	8,6	10,0	10,0	11,5	17,5
Радиус черпания на горизонте установки экскаватора $R_{чу}$ , м	9,04	13,5	12,6	15,6	15,6	15,2	14,5
Радиус вращения кузова $R_{к}$ , м	5,0	7,8	7,7	10,0	-	9,6	7,78
Радиус разгрузки при максимальной высоте разгрузки $R_{р}^H$ , м	11,8	15,6	15,4	19,5	-	18,2	18,6

24

### Технологические схемы выемки горных пород экскаваторами-мехлопатами в торцевом (боковом) забое

Расчет параметров забоев технологических схем заключается в определении высоты уступа, ширины заходки, углов рабочего и устойчивого откосов уступа, мест расположения в забое экскаватора и транспорта под погрузку (рис. 4.3).

Расчет параметров забоя технологических схем заключается в определении высоты уступа, ширины заходки, углов откоса уступа и параметров места расположения экскаватора.

При разработке мягких пород с целью исключения образования навесей и козырьков высота уступа не должна превышать максимальной высоты черпания экскаватора:

$$H_y \leq H_{ч.\text{max}} \quad (4.1)$$

где  $H_y$  – высота уступа, ( $H_y = h_0$ ) м;  $H_{ч.мах}$  – высота черпания экскаватора (табл. 4.1), м.

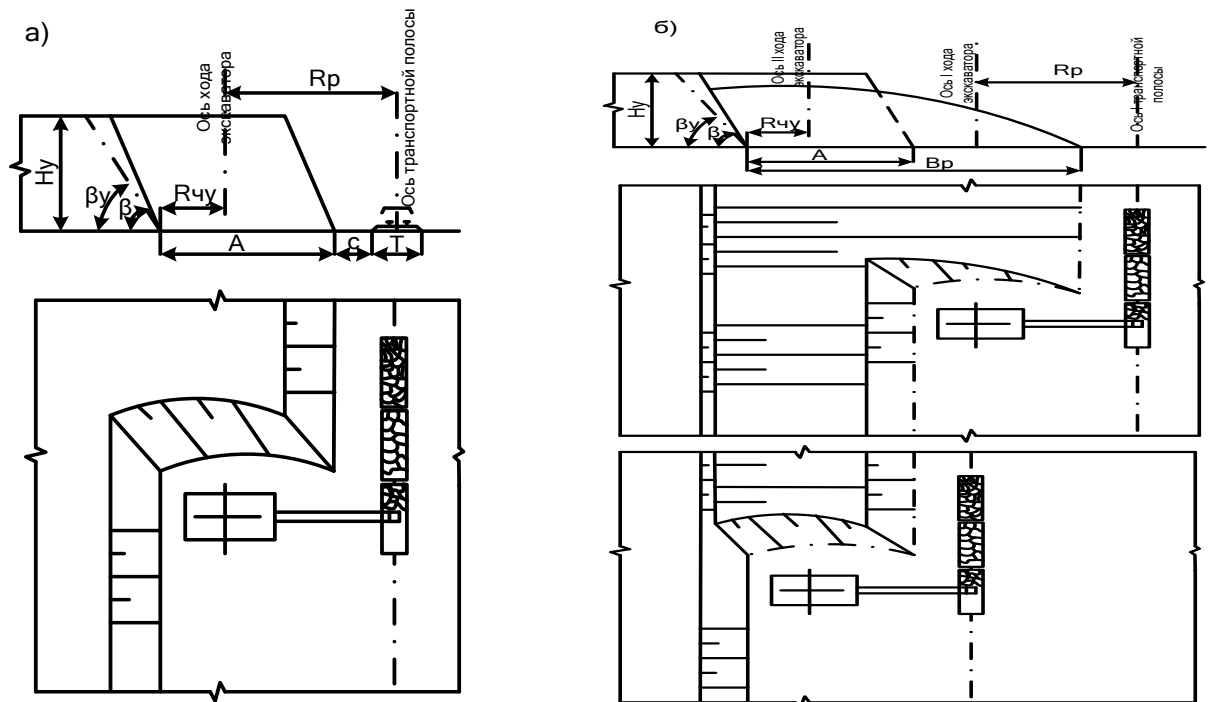


Рис. 4.3. Технологические схемы выемки пород экскаваторами мехлоптами в боковом забое:  
а) мягких; б) взорванных скальных пород

При разработке скальных пород высота уступа в массиве должна удовлетворять следующему условию:

$$H_y \leq 1,5 H_{ч} \quad (4.2)$$

В то же время высота развала  $H_p$  в этом случае должна удовлетворять условию:

$$H_p \leq H_{ч.мах} \quad (4.3)$$

Ширину заходки в боковом забое определяют по формуле

$$A = 1,7 R_{чу} \quad (4.4)$$

где  $R_{чу}$  – радиус черпания на горизонте установки экскаватора (табл. 4.1), м.

Углы откосов уступа принимаются в следующих пределах:

- в массиве мягких пород  
рабочий  $\alpha = 35-45^\circ$ ;  
устойчивый  $\alpha_y = 30-35^\circ$ ;
- в массиве коренных пород  
рабочий  $\alpha = 75^\circ$ ;

устойчивый  $\alpha_y = 60^\circ$ .

Расчет параметров этой схемы ведется для условий, когда марка экскаватора типа мехлопата задана в исходных данных, либо когда экскаватор необходимо выбрать по заданной высоте уступа.

При определении параметров рабочей площадки следует стремиться к тому, чтобы ее ширина была минимальной. Чем меньше ширина рабочей площадки, тем меньше текущий коэффициент вскрыши, значит меньше будет и себестоимость добычи полезного ископаемого.

### **Технологическая схема работы мехлопаты при разработке мягких пород траншейном забое с погрузкой средства транспорта на уровне стояния экскаватора**

Технологическая схема, приведенная на рис. 4.4 может применяться с использованием экскаваторов типа прямая и обратная лопата с электрическим или гидравлическим приводом, автомобильным, реже конвейерным и железнодорожным видами транспорта.

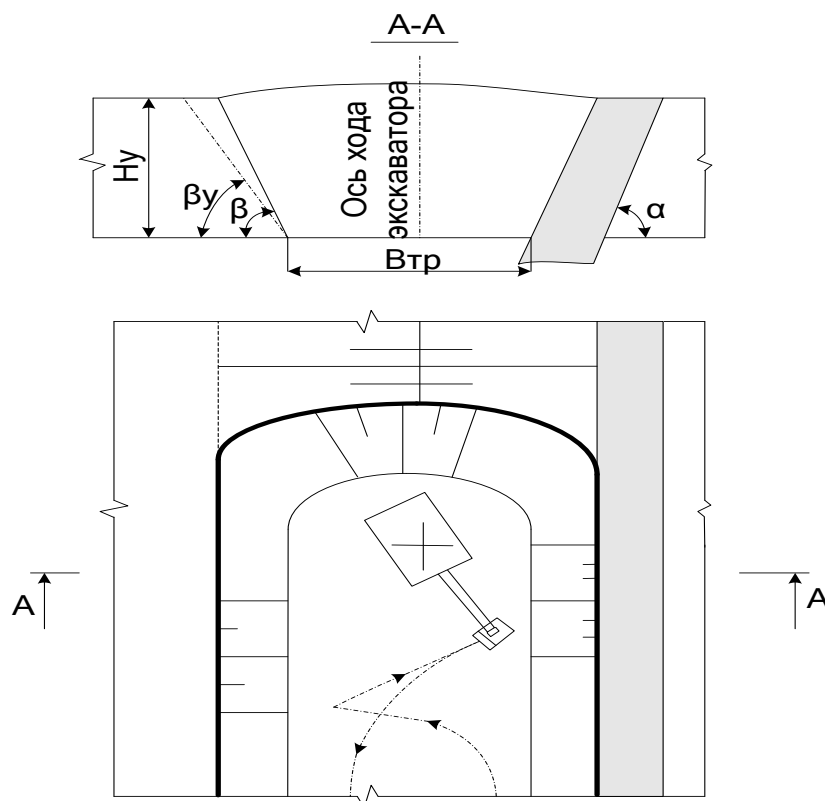


Рис. 4.4. Схема работы мехлопаты при разработке скальных пород в траншейном забое с погрузкой в средства транспорта на уровне стояния экскаватора



При проходке разрезной траншеи по скальным породам, ось хода экскаватора располагается, как правило, по центру траншеи.

Марка автосамосвала выбирается исходя из вместимости ковша экскаватора и дальности транспортирования вскрыши в соответствии. Ширина траншеи по низу, по возможности установки экскаватора, м

$$B_T = 2 (R_k + m) \quad (4.5)$$

Ширину траншеи обычно принимают минимальной по требованию установки автотранспорта и возможностям экскаватора.

При необходимости ширина траншеи может быть увеличена. В этом случае экскаватор передвигается зигзагообразно или траншею проводят короткими поперечными заходками.

### Расчет ширины рабочих площадок

При расчете ширины рабочей площадки необходимо исходить из того, чтобы ее ширина была минимальной. Чем меньше ширина рабочей площадки, тем больше угол откоса рабочего борта и меньше текущий коэффициент вскрыши, а это, в свою очередь, приводит к снижению себестоимости добычи единицы полезного ископаемого. Ниже рассмотрен расчет ширины рабочей площадки при разработке рыхлых и скальных пород (рис. 4.5, а, б). При применении на карьере на вскрышных работах автомобильного транспорта ширину рабочей площадки (м) определяют следующим образом:

- по рыхлым породам

$$Ш_{рп.м} = A + C + T + П + b, \quad (4.6)$$

- по взорванным породам

$$Ш_{рп.ск} = B_p + C + T + П + b, \quad (4.7)$$

где  $b$  – берма безопасности соответственно по наносам и скальным породам, м;  $П$  – ширина площадки для размещения дополнительного оборудования ( $П = 5-6$ ), м;  $T$  – ширина транспортной полосы определяется (для автотранспорта  $T = 7$ ; для железнодорожного транспорта  $T = 5$ ), м;  $C$  – расстояние от нижней бровки развала (уступа) до транспортной полосы ( $C = 1,0-2,0$ ), м;  $B_p$  – ширина развала, м.

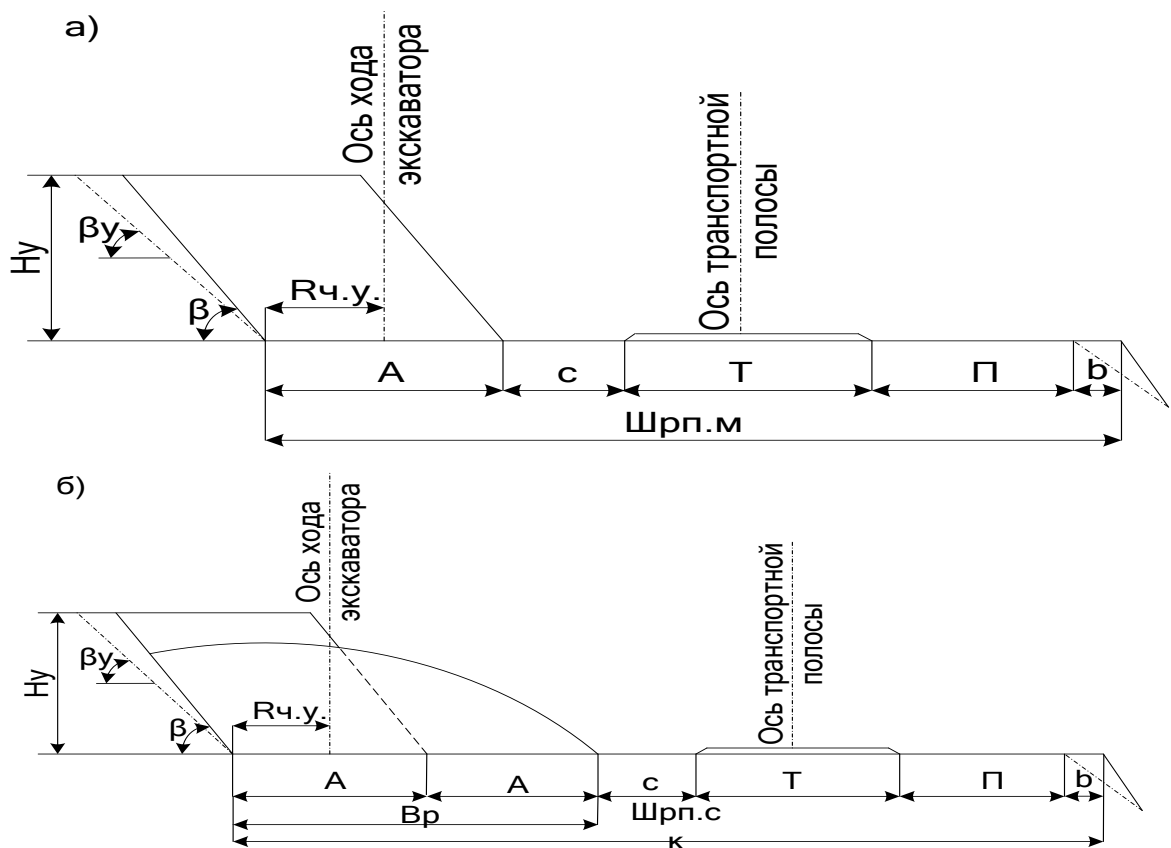


Рис. 4.5. Схема к расчету ширины рабочей площадки:  
 а) по мягким породам; б) по взорванным породам

## Расчет производительности экскаваторов прямая лопата

Различают паспортную, техническую и эксплуатационную производительность экскаватора. В свою очередь эксплуатационная производительность может быть сменной, суточной, месячной и годовой.

**Паспортная производительность экскаватора** ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяется только конструктивными параметрами машин:

$$Q_{\text{э.п}} = \frac{3600 E}{t_{\text{ц.п}}}, \quad (4.8)$$

где  $E$  – вместимость ковша экскаватора,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{ц.п}}$  – паспортная продолжительность цикла экскаватора (табл. 4.4), с.

**Технической производительностью** ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) является наибольшая возможная часовая производительность экскаватора при непрерывной работе в конкретных горно-геологических условиях:

$$Q_{э.г} = \frac{3600 \cdot E \cdot K_3 \cdot K_э}{t_ц}, \quad (4.9)$$

где  $K_3$  – коэффициент влияния параметров забоя ( $K_3 = 0,8–0,9$ );  $K_э$  – коэффициент экскавации (табл. 4.2);  $t_ц$  – продолжительность цикла экскавации в конкретных горно-геологических условиях (табл. 4.3), с.

Коэффициент экскавации представляет собой следующее выражение:

$$K_э = \frac{K_н}{K_р}, \quad (4.10)$$

где  $K_н$  – коэффициент наполнения ковша (табл. 4.3);  $K_р$  – коэффициент разрыхления породы в ковше (табл. 4.3).

Таблица 4.2

Коэффициенты разрыхления горной массы и наполнения ковша

Категория пород по блочности	Расчетная плотность горной массы в целике, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент разрыхления породы в ковше	Коэффициент наполнения ковша	Коэффициент экскавации
		$K_р$	$K_н$	$K_э$
I	1600	1,15	1,05	0,91
II	1800	1,25	1,05	0,84
III	2000	1,35	0,95	0,70
IV	2500	1,50	0,90	0,60
V	3500	1,60	0,90	0,56

Таблица 4.3

Время цикла экскаватора при погрузке в транспорт, с

Категория пород по блочности	Марка экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-9УС	ЭКГ-12	ЭКГ-20
I	25,0	29,0	31,5	32,5
II	27,7	32,1	34,8	35,8

Категория пород по блочности	Марка экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-9УС	ЭКГ-12	ЭКГ-20
III	29,8	34,7	38,0	38,8
IV	31,7	36,9	40,1	41,2
V	33,2	38,2	41,3	42,7
Паспортное время цикла тц.п, с	23	26	28	28

Примечание. Время цикла экскаватора ЭКГ-10 может быть принято равным времени цикла ЭКГ-8И, а для экскаватора ЭКГ-15 – равным времени цикла ЭКГ-12.

Сменная эксплуатационная производительность ( $\text{м}^3/\text{см}$ ) характеризует объем работы, который выполняет экскаватор за смену с учетом времени на технические, технологические и организационные перерывы.

$$Q_{\text{э.см}} = Q_{\text{э.т}} \cdot T_{\text{э.см}} \cdot K_{\text{и}} \quad (4.11)$$

где  $T_{\text{э.см}}$  – продолжительность смены ( $T_{\text{э.см}} = 8$ ), ч;  $K_{\text{и}}$  – коэффициент использования экскаватора в течение смены ( $K_{\text{и}} = 0,6-0,8$ ).

Суточная производительность экскаватора,  $\text{м}^3/\text{сут}$

$$Q_{\text{э.с}} = Q_{\text{э.см}} \cdot n_{\text{э.см}} \quad (4.12)$$

где  $n_{\text{э.см}}$  – количество смен работы экскаватора в течение суток ( $n_{\text{э.см}} = 3$ ).

Месячная производительность экскаватора,  $\text{м}^3/\text{мес.}$

$$Q_{\text{э.м}} = Q_{\text{э.с}} \cdot n_{\text{э.р}} \quad (4.13)$$

где  $n_{\text{э.р}}$  – количество рабочих дней экскаватора в течение месяца ( $n_{\text{э.р}} = 21$ ).

Годовая производительность экскаватора,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$Q_{\text{э.г}} = Q_{\text{э.с}} \cdot n_{\text{э.г}} \quad (4.14)$$

где  $n_{\text{э.г}}$  – количество рабочих дней экскаватора в году ( $n_{\text{э.г}} = 252$ ).

Необходимое количество экскаваторов в работе (рабочий парк)

$$N_{\text{э.р}} = \frac{V}{Q_{\text{э.г}}}, \quad (4.15)$$

где  $V$  – годовой объем горной массы, вскрыши и полезного ископаемого, перерабатываемой карьером (практическое занятие № 2, формулы 2.9-2.11), м<sup>3</sup>/год.

Инвентарный парк экскаваторов:

$$N_{э.и} = N_{э.р} \cdot f_{э}, \quad (4.16)$$

где  $f_{э}$  – коэффициент резерва экскаваторного парка ( $f_{э} = 1,2-1,4$ ).

### **Задание**

1. Изучить технологические и рабочие параметры экскаваторов, типы экскаваторных забоев.
2. Рассчитать параметры технологические схемы выемки горных пород экскаваторами-мехлопатами в торцевом (боковом) забое и построить схему, изображенную на рис. 4.3.
3. Рассчитать параметры рабочих площадок и построить схему, изображенную на рис. 4.5.
4. Рассчитать производительность и количество экскаваторов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение выемочно-погрузочным работам.
2. Назовите технологические параметры экскаваторов.
3. Дайте определение рабочим параметрам экскаваторов.
4. Назовите типы забоев экскаваторов и дайте им характеристику.
5. Назовите основные параметры забоя экскаватора мехлопаты.
6. Как определяется высота уступа, ширина заходки при отработке экскаватором-мехлопатой наносов, коренных пород.
7. Назовите основные параметры разрезной траншеи.
8. Дайте определение паспортной, технической и эксплуатационной производительности экскаваторов.

## **Практическое занятие № 5**

### **Технологический расчет при перемещении карьерных грузов автотранспортом**

**Цель работы** – изучение студентами навыков выполнения технологического расчета при работе карьерного автотранспорта.

### **Общие положения.**

Карьерный транспорт предназначен для перевозки горной массы от забоев к пунктам разгрузки и является связующим звеном в общем технологическом процессе. Ему присущи следующие особенности: значительный объем и сосредоточенная направленность перемещения карьерных грузов при относительно небольшом расстоянии транспортирования; периодический перенос забойных и отвальных путей (автодорог) в процессе работы карьера; значительная крутизна преодолеваемых подъемов в груженом направлении.

**Интенсивность работы карьерного транспорта характеризуется грузооборотом карьера, который определяется количеством груза, перемещаемого в единицу времени. Различают часовой, сменный, суточный и годовой грузообороты карьера, м<sup>3</sup>**

$$Q_{гр} = \frac{V}{T}, \quad (5.1)$$

где  $V$  – объем горной массы, перевозимой карьерным транспортом за время  $T$ .

Грузооборот (или его часть), характеризуемый устойчивым во времени направлением перемещения, называется **грузопотоком**. Грузопоток может быть сосредоточенным, когда все грузы перемещаются из карьера в одном направлении по одним транспортным коммуникациям, и рассредоточенным, когда не соблюдаются вышеуказанные условия.

Транспортные коммуникации характеризуются планом и профилем трассы. План трассы (горизонтальная проекция трассы) состоит из кривых участков и закруглений, сопряженных переходными кривыми.

Продольный профиль (вертикальная проекция) трассы состоит из подъемов, спусков и горизонтальных участков. Величина подъема ( $i$ ) измеряется тангенсом его угла, выраженным в тысячных долях (промилях, ‰):

$$i = 1000 \operatorname{tg} \left( \frac{h_{п}}{l} \right), \quad (5.2)$$

где  $h_{п}$  – высота подъема (спуска) на участке длиной  $l$ , м.

Максимальный уклон ( $i$ ) в грузовом направлении называется ограничивающим (руководящим). Обычно этот уклон достигает своих значений в выездных траншеях.

По **принципу действия** весь **карьерный транспорт** делится на два вида: **непрерывный** (конвейерный, трубопроводный, канатные дороги); **цикличный** (железнодорожный, автомобильный, скиповой, конвейерные поезда, пневмоконвейерный, гравитационный). Из всех этих видов в настоящее время наибольшие объемы горной массы на карьерах перевозятся **автомобильным и железнодорожным** транспортом.

На данном практическом занятии рассматривается технологический расчет автомобильного транспорта.

### **Технологический расчет автомобильного транспорта**

Технологический расчет автомобильного транспорта состоит в обосновании типа автосамосвалов, определении их производительности и необходимого количества, а также пропускной и провозной способности автодорог, организации движения автотранспорта. Тип автосамосвала рекомендуется выбирать исходя из дальности транспортирования горной массы из забоя к месту его складирования и вместимости ковша экскаватора, применяемого на погрузке (табл. 5.1). Как правило, число автосамосвалов рассчитывается для каждого экскаватора. Рабочий парк устанавливается по условию обеспечения непрерывной работы рабочего парка экскаваторов при ритмичной подаче порожних автосамосвалов в забой.

Число автосамосвалов, которое может эффективно использоваться в комплексе с одним экскаватором:

$$n_a = \frac{T_p}{t_{п}}, \quad (5.3)$$

где  $T_p$  – время рейса автосамосвала, мин;  $t_{п}$  – время погрузки автосамосвала, мин.

$$T_p = t_{п} + t_{дв} + t_p + t_m + t_{ож}, \quad (5.4)$$

где  $t_{п}$  – время погрузки автосамосвала, мин;  $t_{дв}$  – время движения в грузовом и порожнем направлении, мин;  $t_p$  – время разгрузки (табл. 5.4), мин;  $t_m$  – время на маневры, мин;  $t_{ож}$  – время ожидания автосамосвала у экскаватора (табл. 5.4), мин.

Время погрузки автосамосвала (мин):

$$t_{\text{п}} = \frac{V_{\text{а}} \cdot K_{\text{р}}}{60 \cdot E \cdot K_{\text{н}}} \cdot t_{\text{ц}}, \quad (5.5)$$

где  $V_{\text{а}}$  – вместимость кузова автосамосвала (в целике, табл. 5.2),  $\text{м}^3$ ;  $K_{\text{р}}$ ,  $K_{\text{н}}$  – коэффициенты, соответственно, разрыхления и наполнения ковша (табл. 4.3);  $E$  – вместимость ковша экскаватора,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла экскавации в конкретных горно-геологических условиях, с.

Время движения автосамосвала, мин

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}}, \quad (5.6)$$

где  $t_{\text{гр}}$ ,  $t_{\text{пор}}$  – время движения автосамосвала, соответственно, в грузовом и порожняковом направлениях, мин:

$$t_{\text{гр}} = K_{\text{рт}} \cdot \left( \frac{60L_{\text{от}}}{v_{\text{от}}} + \frac{60L_{\text{ст}}}{v_{\text{ст}}} + \frac{60L_{\text{зд}}}{v_{\text{зд}}} \right); \quad (5.7)$$

$$t_{\text{пор}} = K_{\text{рт}} \cdot \left( \frac{60L_{\text{от}}}{v'_{\text{от}}} + \frac{60L_{\text{ст}}}{v'_{\text{ст}}} + \frac{60L_{\text{зд}}}{v'_{\text{зд}}} \right) \quad (5.8)$$

где  $L_{\text{от}}$  – длина отвальных дорог ( $L_{\text{от}} = 1,5-2,0$ ), км;  $L_{\text{ст}}$  – длина стационарных дорог, равна расстоянию от карьера до отвала, км;  $L_{\text{зд}}$  – длина забойных дорог ( $L_{\text{зд}} = 0,5 L_{\text{к}}$ ), км;  $L_{\text{к}}$  – длина карьера по дну, км;  $v_{\text{от}}$ ,  $v_{\text{ст}}$ ,  $v_{\text{зд}}$  и  $v'_{\text{от}}$ ,  $v'_{\text{ст}}$ ,  $v'_{\text{зд}}$  – скорости движения автосамосвала, соответственно, в груженом и порожняковом направлениях, по отвальным, стационарным и забойным автодорогам, км/ч (табл. 5.3);  $K_{\text{рт}}$  – коэффициент, учитывающий разгон и торможение автосамосвала ( $K_{\text{рт}} = 1,1$ ).

Время на маневры автосамосвала при погрузке и разгрузке, мин

$$t_{\text{м}} = t_{\text{мп}} + t_{\text{мр}}, \quad (5.9)$$

где  $t_{\text{мп}}$ ,  $t_{\text{мр}}$  – время на маневры, соответственно, при погрузке и разгрузке автосамосвала (табл. 5.4), мин.

Таблица 5.1

Условия применения карьерных автосамосвалов

Вместимость ковша экскаватора, $\text{м}^3$	Дальность транспортирования, км			
	1	3	5	7
5	БелАЗ-540А	БелАЗ-7548	БелАЗ-7509	БелАЗ-7509



Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Дальность транспортирования, км			
	1	3	5	7
	БелАЗ-7548			
10	БелАЗ-7548 БелАЗ-7509	БелАЗ-7509	БелАЗ-75191	БелАЗ-75191
15	БелАЗ-75191	БелАЗ-75191 БелАЗ-7521	БелАЗ-7521	БелАЗ-7521
20	БелАЗ-75191 БелАЗ-7521	БелАЗ-75191 БелАЗ-7521	БелАЗ-75191 БелАЗ-7521	БелАЗ-75191 БелАЗ-7521

Таблица 5.2

Вместимость кузова автосамосвала при транспортировке различных категорий пород по крепости

Марка автосамосвала	Грузоподъемность, т	Вместимость кузова, м <sup>3</sup>	Категория пород по блочности				
			I	II	III	IV	V
БелАЗ-540А	27	15,3	16,9	15,0	13,5	10,8	7,7
БелАЗ-7548	42	21,7	25,0	22,2	20,0	16,0	11,4
БелАЗ-7509	75	41,0	46,8	41,6	37,5	30,0	21,4
БелАЗ-75191	110	44,0	68,8	61,1	55,0	44,0	31,4
БелАЗ-7521	180	95,0	112,5	100	90	72	51,4

Техническая производительность автосамосвала, м<sup>3</sup>/ч

$$Q_{a.T} = \frac{60 V_a}{T_p} \quad (5.10)$$

Сменная производительность автосамосвала, м<sup>3</sup>/см

$$Q_{a.CM} = \frac{60 \cdot T_{a.CM} \cdot K_{и.а}}{T_p} V_a, \quad (5.11)$$

где  $K_{и.а}$  – коэффициент использования автосамосвала в течение смены ( $K_{и.а} = 0,7-0,8$ );  $T_{а.см}$  – продолжительность смены, ( $T_{а.см} = 8$ ), ч.

Суточная производительность автосамосвала,  $м^3/сут$

$$Q_{а.с} = Q_{а.см} \cdot n_{а.см}, \quad (5.12)$$

где  $n_{а.см}$  – количество рабочих смен автосамосвала в сутки ( $n_{а.см} = 3$ ).

Месячная производительность автосамосвала,  $м^3/мес$

$$Q_{а.м} = Q_{а.с} \cdot n_{а.м}, \quad (5.13)$$

где  $n_{а.м}$  – количество рабочих дней автосамосвала в течение месяца ( $n_{а.м} = 21$ ).

Годовая производительность автосамосвала ( $м^3/год$ ):

$$Q_{а.г} = Q_{а.м} \cdot n_{а.г}, \quad (5.14)$$

где  $n_{а.г}$  – количество рабочих дней автосамосвала в течение года ( $n_{а.г} = 252$ ).

Таблица 5.3

### Скорости движения автосамосвалов

Характеристика автодорог	Скорости движения автосамосвала, км/ч	
	с грузом	без груза
Стационарные	34-45	45-50
• бетонные	30-32	36-42
• щебеночные		
Отвальные	14-17	16-19
Забойные	11-13	14-15

Рабочий парк автосамосвалов

$$N_{а.р} = \frac{V_{в.г} \cdot K_{н.р}}{Q_{а.г}}, \quad (5.15)$$

где  $V_{в.г}$  – годовой грузооборот карьера (см. практическое занятие № 2 формула (2.9-2.11)),  $м^3/год$ ;  $K_{н.р}$  – коэффициент неравномерности работы транспорта ( $K_{н.р} = 1,1-1,5$ ).

Инвентарный парк автосамосвалов:

$$N_{и.а} = \frac{N_{а.р}}{\tau_r}, \quad (5.16)$$

где  $\tau_r$  – коэффициент готовности автопарка ( $\tau_r = 0,7-0,9$ ).

Таблица 5.4

Продолжительность вспомогательных операций, мин

Марка автосамосвала	Время на маневры при погрузке		Время на манев- ры при разгрузке, $t_{MP}$	Время разгрузки, $t_r$	Время ожидания, $t_{ож}$
	Схема подъезда автосамосвала				
	сквозная и кольце- вая $t_{МП}$	тупиковая $t_{МП}$			
БелАЗ-540А	0,5	0,6	0,5	0,9	0,4
БелАЗ-7548	0,5	0,6	0,5	0,9	0,4
БелАЗ-7509	0,6	1,0	0,6	1,0	0,4
БелАЗ-75191	0,8	1,2	1,0	1,5	0,6
БелАЗ-7521	0,9	1,4	1,2	1,5	0,6

Пропускная способность автодороги есть максимально возможное число автосамосвалов, которые могут пройти по ее ограничивающему участку в единицу времени (ч):

$$\lambda_{п} = \frac{1000v_{кт} \text{ пп Кн.д}}{l_{и}}, \quad (5.17)$$

где  $v_{кт}$  – скорость движения автосамосвала в капитальной траншее ( $v_{кт} = 16-18$ ), км/ч; пп – число полос движения; Кн.д – коэффициент неравномерности движения (Кн.д = 0,7–0,8);  $l_{и}$  – интервал следования автосамосвалов, м.

$$l_{и} = v_{кт} + 0,04 v_{кт} + 6 \geq 50. \quad (5.18)$$

Провозная способность автодорог ( $m^3/ч$ ):

$$\lambda_{а} = \frac{\lambda_{п} V_{а}}{f} \geq Q_{ч.к}, \quad (5.19)$$

где  $f$  – коэффициент резерва ( $f = 1,75-2,0$ );  $Q_{ч.к}$  – часовой грузооборот карьера по горной массе (см. практическое занятие № 6, формула (6.3)),  $m^3/ч$ .

Производительность карьерного автотранспорта в значительной мере зависит от схемы подъезда автосамосвала к забою и установки его у экскаватора. В зависимости от размеров рабочей площадки и условий работы экскаватора возможны сквозной подъезд автосамосвала к экскаватору, подъезд с кольцевым и тупиковым разворотами.

Сквозной подъезд применяется при наличии двух выездов с рабочего горизонта. Подъезд с кольцевым разворотом используют при встречном движении автотранспорта и достаточной для разворота ширине рабочей площадки. Подъезд с тупиковым разворотом используют в стесненных условиях, когда невозможно осуществить кольцевой разворот. Чаще всего эту схему используют в тупиковых и траншейных забоях.

### **Задание**

1. Изучить особенности работы карьерного транспорта, показатели интенсивности работы карьерного транспорта, характеристику транспортные коммуникации на открытых горных работах.
2. Выполнить технологический расчет автомобильного транспорта: обосновать типа автосамосвала, определить его производительность и необходимое количество.
3. Рассчитать пропускную и провозную способность карьерных автодорог.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите особенности работы карьерного транспорта.
2. Дайте определение грузопотоку карьера.
3. Назовите составляющие продолжительности рейса автосамосвала.
4. От каких факторов зависит производительность автосамосвала.
5. Дайте определение пропускной и провозной способности автомобильных дорог.
6. Как рассчитывать рабочий и инвентарный парк транспортных средств

## **Практическое занятие № 6**

### **Отвалообразование вскрышных пород и расчет параметров бульдозерного отвала**

**Цель работы** - изучение студентами навыков определения параметров бульдозерного отвалообразования при использовании автомобильного транспорта.

#### **Общие положения**

Искусственная насыпь, образуемая в результате складирования пустых пород, называется **отвалом**, а совокупность производственных операций по приему и размещению вскрышных пород на отвале – **отвальными работами**. По месту расположения отвалов относительно конечных контуров карьера различают **внутренние** (в контурах карьера), **внешние** (вне контуров карьера) и **комбинированные**, когда одну часть породы перемещают на внешние отвалы, а другую - на внутренние.

По высоте отвалы бывают **одно-** и **многоярусные**.

Отвалы характеризуются следующими основными параметрами: высотой и числом уступов (ярусов), углом откосов отвала и отвального яруса, числом, приемной способностью и длиной отвалных тупиков (участков).

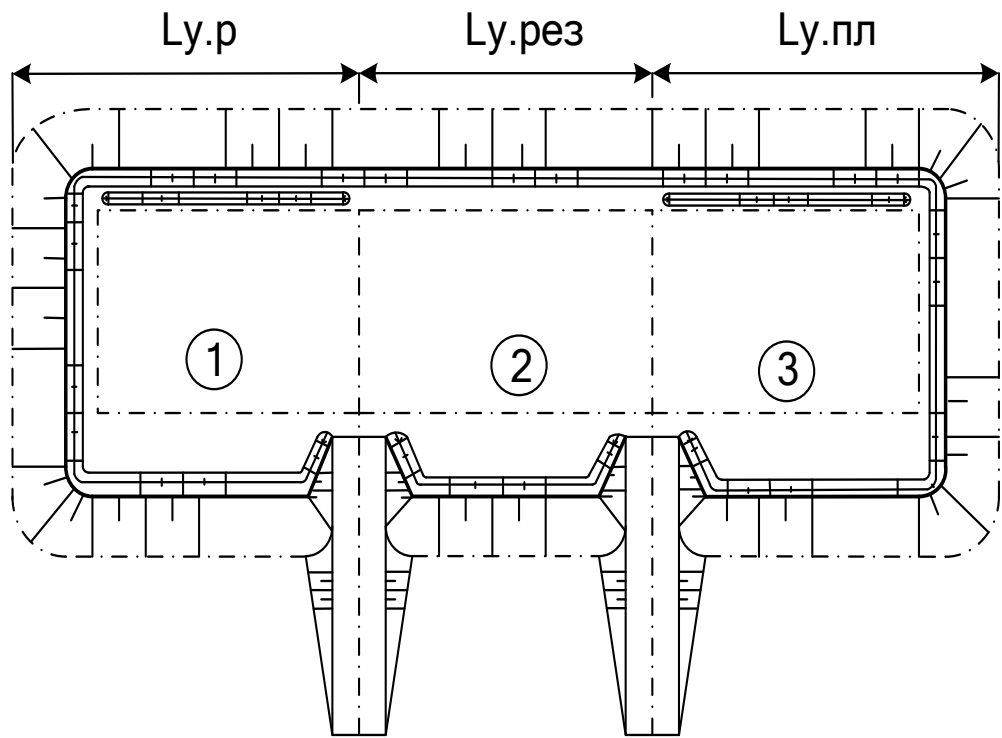
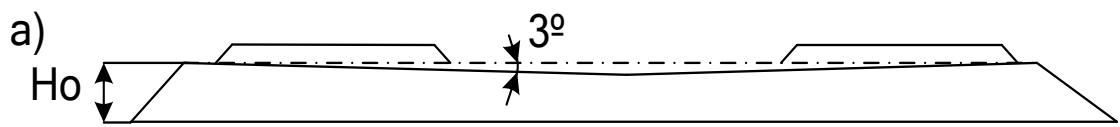
В настоящее время основной объем вскрышных пород перевозится на отвалы железнодорожными и автомобильными видами транспорта.

На данном практическом занятии для закрепления знаний о процессе отвалообразования рассматривается расчет параметров бульдозерного отвала при применении автомобильного транспорта.

#### **Расчет параметров бульдозерного отвала**

При использовании автомобильного транспорта процесс отвалообразования включает разгрузку автосамосвалов на верхней площадке отвального уступа, перемещение пород бульдозером под откос уступа, ремонт и содержание автодорог.

Существуют два способа бульдозерного отвалообразования – **площадной и периферийный** (рис. 6.1 а, б).



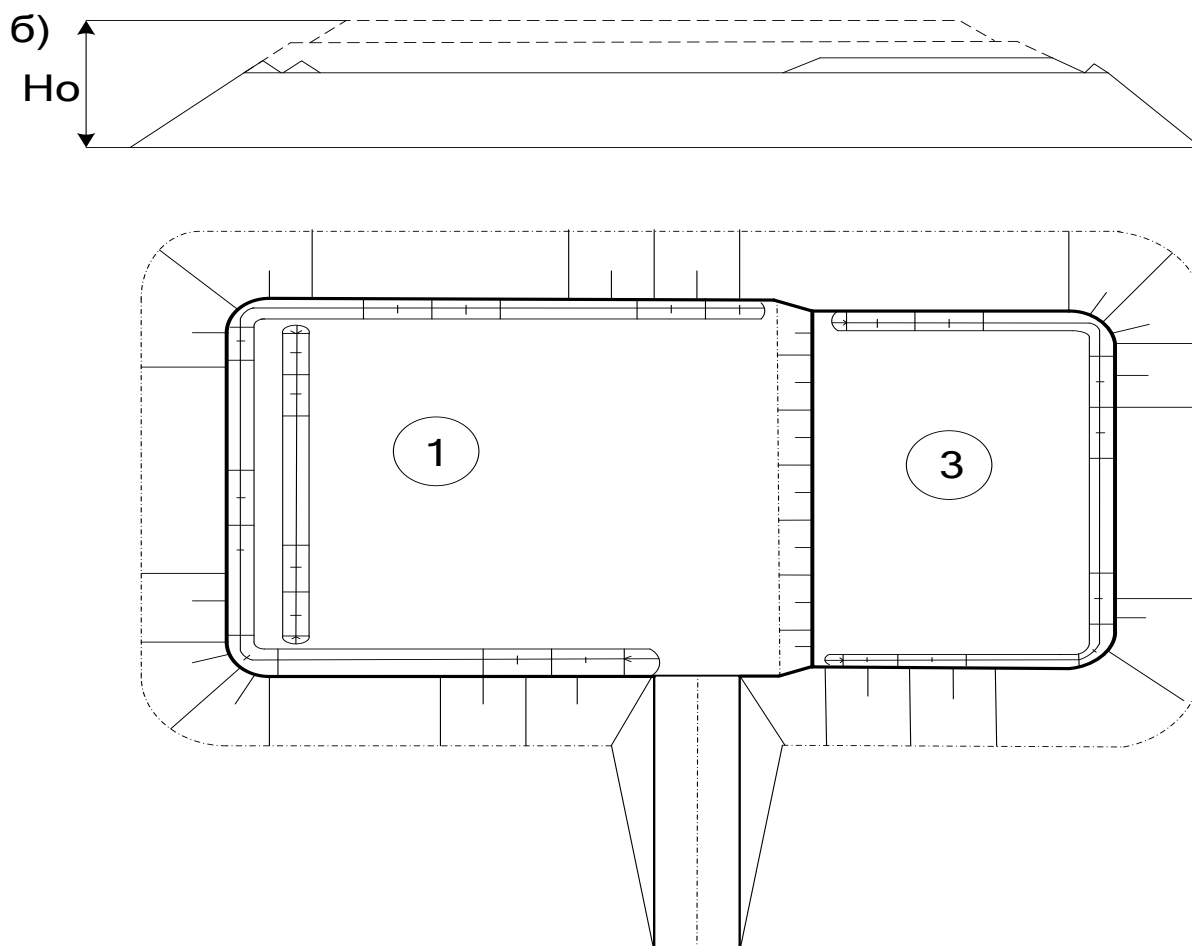


Рис. 6.1. Способы бульдозерного отвалообразования:  
 а – периферийный; 1 – разгрузочный участок, 2 – резервный  
 участок, 3 – планировочный участок; б – площадной

При **площадном** способе автосамосвалы разгружаются по всей площади отвала, затем площадь отвала планируется и укатывается катками. Аналогичным образом отсыпаются последующие вышележащие слои. Бульдозерный отвал в этом случае развивается по вертикали вверх. Из-за большого объема планировочных работ этот способ является более дорогостоящим, чем периферийный, и поэтому он применяется редко, в основном при укладке мягких малоустойчивых пород (рис. 6.1, б).

При **периферийном** способе на устойчивых отвалах автосамосвалы, грузоподъемностью до 75 т, разгружаются прямо под откос, а большей грузоподъемности – на расстоянии 3-5 м от верхней бровки откоса отвала. Затем эта порода перемещается бульдозером под откос, т.е. в этом случае отвал развивается в плане.

В целях безопасности, чтобы исключить возможность падения автосамосвала с отвала при непосредственной разгрузке под откос, у верхней бровки отвала устанавливаются деревянные или металлические упоры для задних колес автосамосвала или отсыпают породный вал, высотой 0,5–0,8 м и шириной 2,0–2,5 м. Кроме того, в этих же целях поверхность бульдозерного отвала должна иметь уклон 3–5° в сторону центра отвала (рис. 6.1 а).

На практическом занятии рассматривается расчет параметров бульдозерного отвала при периферийном способе.

Параметры отвала рассчитывают следующим образом.

Площадь, занимаемая отвалом (для равнинной поверхности), м<sup>2</sup>:

$$S_o = \frac{V_v \cdot K_{po}}{H_o \cdot K_o}, \quad (6.1)$$

где  $V_v$  – объем вскрышных пород, подлежащих размещению в отвале за срок существования карьера (см. практическое занятие № 2, формула (2.11)), м<sup>3</sup>;  $K_{po}$  – остаточный коэффициент разрыхления пород в отвале ( $K_{po} = 1,06–1,15$ );  $K_o$  – коэффициент, учитывающий использование площади отвала (при одном ярусе  $K_o = 0,8–0,9$ ; при двух –  $K_o = 0,6–0,7$ );  $H_o$  – высота отвала (на равнинной поверхности  $H_o = 30$  м).

При известной площади, принятой форме и заданной одной из сторон отвала определяют его размеры в плане. В учебных целях можно принять длину отвала равной 1,5–2,0 км.

Среднее число автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа

$$N_{a.ч} = \frac{Q_{ч.к} \cdot K_n}{Q_{a.т}}, \quad (6.2)$$

где  $Q_{ч.к}$  – часовая производительность карьера по вскрыше, м<sup>3</sup>/ч;  $K_n$  – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ( $K_n = 1,25–1,5$ );  $Q_{a.т}$  – объем вскрыши, перевозимой автосамосвалом в течение часа (см. практическое занятие № 5, формула (5.10)), м<sup>3</sup>/ч.

Часовая производительность карьера по вскрыше:

$$Q_{ч.к} = \frac{V_{в.г}}{n_{рд} \cdot 24}, \quad (6.3)$$



где  $V_{в.г}$  – годовой объем вскрыши (см. практическое занятие № 2, формула (2.19),  $m^3/год$ ;  $прд$  – количество рабочих дней карьера в году ( $прд = 252$ ).

Число автосамосвалов, одновременно разгружающихся на отвале:

$$Na.o = \frac{Na.ч \cdot tp}{60}, \quad (6.4)$$

где  $tp$  – продолжительность разгрузки и маневрирования при разгрузке автосамосвала (см. практическое занятие № 5, табл. 5.4), мин.

Длина фронта разгрузки на отвале (м):

$$Lф = Na.o \cdot lп \quad (6.5)$$

где  $lп$  – ширина полосы по фронту отвала, занимаемая автосамосвалом при маневрировании ( $lп = 18-20$ ), м.

**Число разгрузочных участков отвала, находящихся в одновременной работе**

$$Nr.y = \frac{Lф}{li}, \quad (6.6)$$

где  $li$  – длина одного участка ( $li = 60-80$ ), м.

Число планировочных участков:

$$Nп.y = Nr.y \quad (6.7)$$

Число резервных участков

$$Nr = (0,5-1,0) Nr.y \quad (6.8)$$

Общее количество участков

$$Ny = Nr.y + Nп.y + Nr \quad (6.9)$$

Общая длина отвального фронта работ:

$$Lф.o = (60-80) Ny \quad (6.10)$$

### **Расчет производительности бульдозера при планировке отвала**

Техническая производительность бульдозера ( $m^3/ч$ ) на планировочных работах

$$Qб.т = \frac{3600 \cdot F \cdot hc}{n \cdot t}, \quad (6.11)$$

где  $h_c$  – глубина слоя планировки ( $h_c = 0,2-0,4$ ), м;  $n$  – число проходов по одному месту, ( $n = 2-3$ );  $t$  – время, затрачиваемое на проход (планирование, поворот и переключение передач) по одной полосе ( $t = 35-50$ ), с;  $F$  – площадь, планируемая бульдозером за один проход,  $m^2$ .

$$F = L (B - b_{пр}) \quad (6.12)$$

где  $L$  – длина полосы, планируемой за один проход ( $L = 20-60$ ), м;  $B$  – длина отвала (лемеха) (табл. 6.1), м;  $b_{пр}$  – ширина перекрытия планируемых полос, ( $b_{пр} = 0,3-0,5$ ), м.

Годовая производительность бульдозера,  $m^3/год$

$$Q_{б.г} = Q_{б.т} \cdot T_{б.см} \cdot K_{и.б} \cdot n_{б.см} \cdot n_{б.г} \quad (6.13)$$

где  $K_{и.б}$  – коэффициент использования бульдозера в течение смены ( $K_{и.б} = 0,8-0,9$ );  $T_{б.см}$  – продолжительность смены ( $T_{б.см} = 8$ ), ч;  $n_{б.см}$  – количество смен в сутках ( $n_{б.см} = 3$ );  $n_{б.г}$  – количество рабочих дней бульдозера в году ( $n_{б.г} = 252$ ).

Число рабочих бульдозеров на отвале (рабочий парк):

$$N_{б.р} = \frac{V_{ч.б}}{Q_{б.т}}, \quad (6.14)$$

где  $Q_{б.т}$  – часовая производительность бульдозера на планировочных работах,  $m^3/ч$ ;  $V_{ч.б}$  – часовой объем бульдозерных работ на отвале,  $m^3/ч$ .

$$V_{ч.б} = Q_{ч.к} \cdot K_з \quad (6.15)$$

где  $K_з$  – коэффициент заваленности отвала породой ( $K_з = 0,5-0,7$ );  $Q_{ч.к}$  – часовая производительность карьера по вскрыше (см. формулу (6.3)),  $m^3/ч$ .

Общее количество бульдозеров:

$$N_{б} = N_{б.р} \cdot f_{б}. \quad (6.16)$$

где  $f_{б}$  – коэффициент резерва ( $f_{б} = 1,3-1,4$ ).

Таблица 6.1

Размеры отвала (лемеха) отечественных бульдозеров

Модель			Размеры отвала (лемеха), м	
экскаватора	бульдозера	базового трактора	длина (В)	высота (hл)
ЭКГ-5А	ДЗ-8	Т-100М	3,03	1,10

Модель			Размеры отвала (лемеха), м	
экскаватора	бульдозера	базового трактора	длина (В)	высота (hл)
	ДЗ-19	Т-100МГП	3,03	1,25
	ДЗ-27СА	Т-100МГП	3,20	1,30
ЭКГ-8И	ДЗ-24А	Т-180	3,65	1,23
	ДЗ-24	Т-180Г	3,92	1,35
ЭКГ-12	ДЗ-60	Т-330	5,00	1,20
	ДЗ-34С	ДЭТ-250	4,54	1,55
ЭКГ-20	ДЗ-63	Т-500	4,00	1,60
	ДЗ-64	Т-500	4,30	1,58

### Задание

1. Изучить общие положения по отвалообразованию вскрышных пород.
2. Изучить способы бульдозерного отвалообразования.
3. Рассчитать параметры бульдозерного отвалообразования при периферийном способе отсыпки отвала и нарисовать схему, изображенную на рис. 6.1а.

### Вопросы для самоконтроля

1. Назовите особенности работы карьерного транспорта.
2. Дайте определение грузопотоку карьера.
3. Назовите составляющие продолжительности рейса автосамосвала.
4. От каких факторов зависит производительность автосамосвала.
5. Дайте определение пропускной и провозной способности автомобильных дорог.
6. Как рассчитывать рабочий и инвентарный парк транспортных средств

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анистратов, Ю. И. Технологические процессы открытых горных работ: учеб. для вузов / Ю. И. Анистратов, К. Ю. Анистратов. – М.: Горное дело, 2008. – 447 с.
2. Трубецкой, К. Н. Справочник. Открытые горные работы / К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, Е.К. Винницкий [и др.]. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.
3. Трубецкой, К. Н. Проектирование карьеров: учебник / К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин. – М.: АГН, 2001. – 535 с.
4. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом (ПБ 05-619-03). Серия 05. Выпуск 3 / колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 152 с.
5. Анистратов, Ю. А. Технологические процессы открытых горных работ. – М.: Недра, 1995. – 350 с.
6. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах / НИИОГР. – Челябинск, 1991. – 350 с.
7. Репин, Н. Я. Подготовка горных пород к выемке: учеб. пособие. Ч. 1. – М.: Мир горной книги, МГГУ, 2009. – 188 с.
8. Репин, Н. Я. Выемочно-погрузочные работы: учеб. пособие / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. – М.: Горная книга, 2010. – 267 с.