

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ, ПОДЗЕМНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ И ГЕОМЕХАНИКА»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к самостоятельной работе под контролем преподавателя  
по дисциплине «**Технология строительства карьеров**»



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ, ПОДЗЕМНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ И ГЕОМЕХАНИКИ

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к самостоятельной работе под контролем преподавателя  
по дисциплине «**Технология строительства карьеров**»

**РАССМОТРЕНО**  
на заседании кафедры  
«Строительство зданий, подземных  
сооружений и геомеханика»  
Протокол № 6 от 14.01.2020 г.

**УТВЕРЖДЕНО**  
на заседании учебно-  
издательского совета ДОННТУ  
Протокол № \_\_ от \_\_. \_\_.2020 г.

Донецк - 2020

УДК 622.271:622.235:622.063.232

ББК 33.139

М54

**Рецензент:**

Мороз Олег Кузьмич – кандидат технических наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»

**Составитель:**

Шкуматов Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика».

М54

**Методические указания** к самостоятельной работе под контролем преподавателя по дисциплине «**Технология строительства карьеров**» [Электронный ресурс] : для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Шахтное и подземное строительство» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики; сост. А. Н. Шкуматов. – Электрон. дан. (1 файл, 14,8 Мб). – Донецк: ДОННТУ, 2020. – Систем. требования: Acrobat Reader.

Приведены темы, необходимый теоретический и иллюстративный материал для выполнения расчетно-графической работы и организации самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Технология строительства карьеров» вариативной части учебного плана.

Предназначено для студентов высших учебных заведений всех форм обучения специальности 21.05.04 «Горное дело» специализаций «Шахтное и подземное строительство». Может быть использовано при дипломном проектировании.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
Раздел 1 ИЗУЧАЕМЫЕ ТЕМЫ .....	8
Тема 1: Введение. Карьер. Схемы вскрытия карьерного поля .....	8
Контрольные вопросы к теме 1 .....	11
Тема 2: Организация строительства и реконструкции карьеров.....	11
Контрольные вопросы к теме 2 .....	15
Тема 3: Технологии строительства въездных и разрезных траншей.....	15
Контрольные вопросы к теме 3 .....	27
Тема 4: Технология взрывных работ на вскрышном уступе.....	28
Контрольные вопросы к теме 4 .....	35
Тема 5: Реконструкция карьеров с использованием подземных горных выработок.....	35
Контрольные вопросы к теме 5.....	48
Раздел 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО- ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ .....	49
2.1 Общие положения .....	49
2.2 Содержание и порядок выполнения контрольной работы .....	49
2.2.1 Расчет коэффициента вскрыши и изображение карьера в плане и в разрезе.....	49
2.2.2 Расчет параметров капитальной въездной траншеи и ее изображение в плане и в разрезе .....	51
2.3 Варианты заданий.....	54
2.4 Примеры выполнения .....	55
2.4.1 Пример расчета коэффициента вскрыши при горизонтальном и пологом залегании пласта .....	55
2.4.2 Пример расчета коэффициента вскрыши при наклонном залегании пласта .....	57
2.4.3 Пример расчета коэффициента вскрыши при крутом угле падения пласта.....	59
2.4.4 Пример расчета параметров въездной траншеи .....	60
3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ И САМОКОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ...	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ А: Геоинформационная система K-MINE .....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б: Нормы продолжительности и распределение капвложений при строительстве карьеров .....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ В: Оборудование для строительства траншей и выполнения вскрышных работ .....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ В1: Технические характеристики скреперов .....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ В2: Технические характеристики бульдозеров .....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ В3: Технические характеристики бурового оборудования .....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ В4: Технические характеристики экскаваторов .....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ В5: Технические характеристики автосамосвалов .....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ В6: Технические характеристики погрузчиков .....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ В7: Технические характеристики машин для зарядания ВВ .....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ В8: Техническая характеристика автономной водораспылительной установки .....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ В9: Технические характеристики отвалообразователей .....	103

## ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

**Аммиачная селитра** (а. ammonium nitrate; ф. nitrate d'ammonium) – слабое взрывчатое вещество, полученное взаимодействием аммиака с азотной кислотой.

**Бризантность** (а. brisance of explosives; ф. brisance des explosifs, pouvoir brisant) – способность взрывчатого вещества при взрывании дробить среду в непосредственной близости к заряду ВВ.

**Забой** (а. face, hole bottom; ф. front d'abattage, chantier, taille, fond) – поверхность массива, которая перемещается в процессе выемки горных работ.

**Взрыв** (а. explosion, blast; ф. explosion) – процесс быстрого физико-химического преобразования вещества, при котором выделяется энергия и выполняется работа.

**Взрывная технология** (а. explosion technology, blasting technology; ф. technique de l'explosion) – целенаправленное разрушение, перемещение, изменение структуры и формы природных и искусственных материалов, которое происходит за счет энергии взрыва.

**Взрывное горение** (а. deflagration, blast burning; ф. combustion par explosion) – одна из форм взрывного преобразования веществ различного агрегатного состава, распространяющаяся с дозвуковой скоростью.

**Взрывчатое вещество** (а. explosive, blasting agent; ф. explosif) – химическое соединение или смесь веществ, способных в определенных условиях к крайне быстрому (взрывному) химическому преобразованию, которое самораспространяется с выделением тепла и образованием газообразных продуктов.

**Воронка выброса** (а. explosion funnel, blasting cone; ф. cône d'arrachement) – воронка, создаваемая в массиве вследствие разрушения и перемещения горной породы при взрыве.

**Дефлаграция** (а. deflagration; ф. déflagration) – процесс выгорания заряда ВВ в результате его отказа или неполной детонации в шпуре (скважине) при производстве взрывных работ.

**Детонация** (а. detonation of explosives; ф. détonation des explosifs) – процесс химического преобразования ВВ, сопровождаемый выделением энергии, и распространяющийся по веществу в виде волны со сверхзвуковой скоростью.

**Детонирующий шнур** (а. detonating cord, explosive cord; ф. cordeau détonant, mèche détonante) – средство для передачи детонации зарядам ВВ; иногда используется в качестве самостоятельного заряда.

**Забойка** (а. tamping; ф. bourrage, bourre) – инертный материал, используемый для изоляции заряда ВВ.

**Заряд ВВ** (а. explosive charge; ф. charge explosive) – определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву.

**Импульс взрыва** (а. explosion impulse, blast surge; ф. impulsion explosive) – величина, характеризующая динамическое влияние взрыва, численно равное произведению избыточного давления продуктов взрыва на продолжительность его действия.

**Карьер** (а. quarry, open cast mine, open-cut mine; ф. mine à ciel ouvert, carrière) – горное предприятие, предназначенное для добычи полезных ископаемых открытым способом.

**Кучность** (а. close grouping of shots; ф. pose de roche compact) – понятие, характеризующееся объемом породы, перемещаемой взрывом в заданные контуры на открытой поверхности.

**Линия наименьшего сопротивления (ЛНО)** (а. line of the least resistance; ф. ligne de moindre résistance) – кратчайшее расстояние от середины заряда до открытой поверхности.

**Направленность выброса** (а. direction of outburst; ф. direction de dégagement instantané) – понятие, характеризующее коэффициентом, равным отношению объема породы, выброшенной в заданном направлении, ко всему объему взорванной породы.

**Невзрывная расширяющаяся смесь (НРС)** (а. nonexplosive expanding composition; ф. inexplosible dilatable mélange) – смесь, которая в результате реакции гидратации

увеличивает свой объем; при размещении в замкнутом объеме (скважине или шпуре) создает давление на его стенки.

**Негабарит** (а. oversize, lump; ф. hors gabarit) – отдельность полезного ископаемого или породы, полученная при ведении горных работ, превышающая по размеру кондиционный кусок.

**Патронированное ВВ** (а. packaged explosive; ф. cartouche d' explosive) – взрывчатое вещество, имеющее фиксированные геометрические размеры.

**Полутраншея** (а. semitranch; ф. semitranchée) – открытая выемка в грунте; отличается от траншеи отсутствием одного борта.

**Простейшая взрывчатая смесь (ПВС) (аммиачно-селитренное ВВ)** (а. elementary explosive composition, nitrate explosives; ф. élémentaire explosive mélange) – взрывчатая смесь, основной компонент которой – аммиачная селитра.

**Работоспособность (фугасность) ВВ** (а. strength of explosive; ф. capacité des explosifs) – способность ВВ выполнять при взрыве механическую работу за счет расширения газообразных продуктов взрыва.

**Рефрактор** (а. refractor; ф. réfracteur) – устройство для искривления/преломления ударной волны и продуктов детонации.

**Скважина** (а. drilling hole; ф. trou de forage) – полость круглого сечения диаметром более 75 мм и длиной более 5 м, созданная в толще пород при помощи механических средств.

**Траншея** (а. trench; ф. tranchée) – открытая выемка в грунте трапециевидного сечения.

**Ударная волна (УВ)** (а. blast wave; ф. onde explosive) – процесс кратковременного нарушения равновесного состояния среды, распространяющийся от источника взрыва.

**Уступ** (а. terrace; ф. terrasse) – часть толщи горных пород в карьере, имеющая рабочую поверхность в форме ступеньки, с размещенными на ней средствами выемки и транспортирования.

**Фугасность** (а. fugitivity; ф. fugacité) – способность ВВ выполнять при взрыве откалывание, разламывание и дробление плотной среды на значительном расстоянии от контакта заряда ВВ со средой (за границей бризантного действия), а также выбрасывать измельченную массу. Это действие взрыва, называемое фугасным или общим, измеряется объемом отбитой породы, который в сотни и тысячи раз превышает объем заряда и составляет значительную часть работы взрыва. Фугасное (общее) действие связано со значением полного импульса взрыва, зависит от энергии взрыва (за вычетом потерь) и, в отличие от бризантного действия, не зависит от скорости детонации ВВ.

**Шпур** (а. blast hole; ф. trou) – цилиндрическая полость диаметром до 75 мм и длиной до 5 м, созданная при помощи механических средств.

**Шпур врубовый** (а. blast hole for cuts; ф. trou d'entaille) – шпур для создания дополнительной открытой поверхности (вруба).

**Шпур оконтуривающий** (а. line hole; ф. trou de limite) – шпур для отбойки пород на контуре поперечного сечения горной выработки.

**Электровзрывная сеть** (а. firing circuit; ф. circuit de tir) – совокупность электродетонаторов, соединительной и магистральной сетей, соединенных между собой и источником тока.

**Электродетонатор (ЭД)** (а. electric blasting cap, electric detonator; ф. détonateur électrique, amorce d'allumage) – средство, предназначенное для возбуждения детонации заряда ВВ или детонирующего шнура.

**Эмульгатор** (а. emulsifying agent; ф. émulateur, agent émulsifiant) – стабилизатор эмульсий, вещество, способствующее созданию эмульсий и придания им стабильности.

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технология строительства карьеров» рассматривает схемы вскрытия карьеров, организацию строительства и реконструкции карьеров, технологии строительства въездных и разрезных траншей, организацию работ на вскрышном уступе, реконструкцию карьеров при помощи подземных горных выработок и вопросы технологической безопасности.

**Целью** дисциплины является приобретение студентами знаний и умений, необходимых для самостоятельного творческого решения задач, связанных с проектированием и практической реализацией технологических процессов строительства карьеров с применением различных схем вскрытия, путем усвоения лекционного материала и изучения новой научной литературы.

**Задачи** дисциплины заключаются в усвоении сущности и изучении современных технологий проведения горных выработок при разработке месторождений открытым и комбинированным способами, а также формировании навыков по расчету параметров буровзрывных работ при строительстве въездных траншей, полутраншей и туннелей.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать сущность и область применения различных схем вскрытия карьерного поля; технологий строительства туннелей, рудоспусков и въездных траншей; буровзрывную технологию вскрышных работ;

уметь выполнять обоснование целесообразности применения одной из схем вскрытия карьерного поля; рассчитывать параметры вскрывающих выработок; выбирать рациональный комплект оборудования для производства вскрышных работ; анализировать показатели работ и выявлять резервы производства.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования необходимых компетенций.

По определению, открытая разработка месторождений полезных ископаемых - это добыча полезных ископаемых непосредственно с земной поверхности [1]. Она состоит в подготовке поверхности (удаление плодородного слоя почвы, отвод поверхностных вод), осушении (в случае необходимости) месторождения, его вскрыши (строительстве траншей), выполнении вскрышных и отвальных работ; а также добычных работ – отделение полезных ископаемых от массива.

Для анализа ресурсов и запасов используют классификацию ООН (ГЕО-1, ГЕО-2, ГЕО-3), а также категории разведанности запасов (А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>).

Ежегодно в мире добывают порядка 100 миллиардов тонн полезного ископаемого.

При этом открытым способом добываются более 70% общего объема полезных ископаемых. Для строительных материалов эта доля достигает 90%.

Это вызывает необходимость постоянного совершенствования технологий строительства и реконструкции карьеров.

Учебное пособие предназначено для выполнения практических занятий, контрольной работы и организации самостоятельной работы студентов всех форм обучения при изучении дисциплины «Технология строительства карьеров» вариативной части учебного плана.

Также может быть использовано при дипломном проектировании.

## Раздел 1. ИЗУЧАЕМЫЕ ТЕМЫ

В соответствии с учебным планом рабочей программой дисциплины предусмотрено изучение следующих тем.

### **Тема 1: Введение. Карьер. Схемы вскрытия карьерного поля.**

Лекция 1: Введение. Современное состояние открытых горных работ.

Лекция 2: Карьер, его элементы и параметры. Схемы вскрытия карьерного поля.

Комбинированная схема вскрытия.

### **Тема 2: Организация строительства и реконструкции карьеров.**

Лекция 3: Периоды и порядок развития горных работ. Реконструкция карьеров.

Проект организации строительства.

Лекция 4: Проект производства работ. Система проектирования K-MINE.

Продолжительность строительства карьеров.

Лекция 5: Общая характеристика горно-строительных и монтажных работ. Временные здания и сооружения. Строительный и генеральный планы горных предприятий.

### **Тема 3: Технологии строительства въездных и разрезных траншей.**

Лекция 6: Сущность способов проходки въездных и разрезных траншей.

Лекция 7: Расчёт параметров взрывания на выброс при проходке въездной траншеи.

Лекция 8: Расчет камерных зарядов.

Лекция 9: Взрывная технология предварительного щелеобразования при строительстве капитальной въездной траншеи. Расчет параметров взрывных работ при щелеобразовании.

Лекция 10: Методика расчета безопасных расстояний при взрывах на выброс.

Лекция 11: Меры по повышению безопасности буровых и взрывных работ при строительстве траншей.

### **Тема 4: Технология взрывных работ на вскрышном уступе.**

Лекция 12: Современные взрывчатые вещества для открытых горных работ.

Технология заряжания скважин.

Лекция 13: Конструкции скважинных зарядов. Управление импульсом взрыва.

### **Тема 5: Реконструкция карьеров с использованием подземных горных выработок.**

Лекция 14: Подземные горные выработки в карьерах. Карьерные рудоспуски и рудоскаты. Обоснование перехода траншеи в туннель.

Лекция 15: Технология строительства транспортных туннелей. Конструкции и технология строительства порталов в мягких и скальных породах.

Лекция 16: Строительство протяженной части туннеля.

Лекция 17: Организация работ и расчет затрат на погрузочно-транспортные работы.

### **Тема 1: Введение. Современное состояние открытых горных работ**

Тема является вступительной. По определению, открытая разработка месторождений полезных ископаемых - это добыча полезных ископаемых непосредственно из земной поверхности [1]. Она состоит в подготовке поверхности земли (в основном в удалении плодородного пласта, выводе поверхностных вод), осушении (в случае необходимости) месторождения, его вскрыши (сооружении траншей), выполнении вскрышных работ (в том числе отвальных работ) и работ добывающих — обособлении полезных ископаемых от массива. Осуществляется с помощью открытых горных выработок - карьеров.

#### ***Современное состояние открытых горных работ***

Необходимо ознакомиться с общим годовым объемом добычи полезных ископаемых в мире. Для анализа ресурсов и запасов используют классификацию ООН (ГЕО-1, ГЕО-2, ГЕО-3), а также категории разведанности запасов (А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>).

В результате изучения темы студент должен владеть общей информацией об открытой разработке, мировых и региональных запасах полезных ископаемых.

Особенно широко представлены в Донецком бассейне каменноугольные отложения (известняки, песчаники, сланцы, угли и др.). Пермские отложения, состоящие главным образом из аргиллитов, алевролитов, песчаников, доломитов, каменной соли, гипс, ангидрита, доломитизированных известняков, в северо-западной части бассейна заполняют обширные Кальмиус-Торецкую и Бахмутскую котловины. Здесь же встречаются и естественные выходы (обнажения) юрских пород- озерных глин, известняков, песчаников, конгломератов. Меловые отложения (мел, мергели, пески и глины) расположены на западных и северных окраинах Донбасса.

Крупнейшие месторождения каменной соли - Артемовское и Славянское. Калийная соль добывается в районе городов Краматорск и Часов-Яр. Мел для содового производства – в Райгородском месторождении. Основной сырьевой базой цементного сырья является Амвросиевская группа месторождений, которая обеспечивает работу Амвросиевского цементного комбината. На базе Краматорского месторождения мела и глины работает Краматорский цементно-шиферный комбинат.

В Донбассе есть два разведанных месторождения кварцевого песка: Авдеевское и Ново-Михайловское. Гипс и ангидрит разведаны на 8 месторождениях, из которых эксплуатируется 2: Артемовское и Михайловское. Разведано 12 меловых месторождений, из которых эксплуатируется 4: Шидловское, Маякское №2, Красненское и Ямское.

Разведано 22 месторождения строительных песков, из которых 5 месторождений эксплуатируются: Червонополянское, Краснолиманское, Ямпольское, Кутейниковское и Петровское. Имеется 49 месторождений кирпично-черепичного сырья. Наиболее известные: Очеретинское, Авдеевское, Горловское, Карловское и Пантелеймоновское. Есть 3 керамзитовых месторождения: Харцызское, Снежнянское и Восточно-Волынцевское. Разведано крупное Камышовское месторождение базальтов (Старобешевский район).

Разведано 14 месторождений песчаника, из которых разрабатываются: Буденновское, Орлово-Слободское, Еленовское и др. Кристаллические породы найдены в 11 месторождениях, из которых разрабатываются 7: Караньское, Кальчикское, Хлебодаровское, Анадольское и др.

Облицовочные материалы:

- Стрелковое месторождение граносиенитов;
- Первомайское месторождение мрамора.

Среди месторождений огнеупорных глин Донбасса высоким качеством выделяется Часов-Ярское. Глину этого уникального месторождения широко используют металлурги, стекольная и радиоэлектронная промышленность.

Имеются тугоплавкие (керамические) глины (Артемовское, Курдюмовское, Никифоровское, Николаевское, Попаснянское), которые используются для изготовления керамических изделий.

### ***Карьер, его элементы и параметры.***

**Карьер** – совокупность горных выработок, образованных при добыче полезного ископаемого открытым способом; горное предприятие по добыче полезных ископаемых открытым способом [1] (рис.2.1).

**Разрез** – карьер по добыче угля открытым способом [1].

Месторождение или его часть, разрабатываемую одним карьером, называют **карьерным полем** [1]. Карьерное поле является объемной геометрической фигурой, характеризующейся размерами в плане и глубиной

**Земельным отводом** называется участок земной поверхности, выделенный предприятию (организации) для своих нужд [1].

**Горным отводом** называют часть земных недр, представляемая организации или предприятию для промышленной разработки содержащихся в ней полезных ископаемых [1].

### ***Схемы вскрытия карьерного поля***

Вскрытие для открытой разработки месторождений включает проведение наклонных **капитальных въездных траншей** с поперечным сечением ступенчатой формы или в виде трапеции (траншеи) или треугольника (полутраншеи) с поверхности земли или разрабатываемой части карьера к вновь создаваемым рабочим горизонтам [2].

Непосредственным продолжением капитальной траншеи является горизонтальная выработка с трапецеидальным (треугольным) поперечным сечением – **разрезная траншея** (полутраншея), проводимая для создания первоначального фронта горных работ. Разрезные траншеи проходятся для вскрытия рабочих горизонтов с целью создания первоначального вскрышного или добычного фронта. Уклон их обычно выбирается с учётом естественного стока грунтовых и ливневых вод к насосным станциям. Срок службы разрезных траншей зависит от интенсивности ведения горных работ. Схема вскрытия месторождения зависит от формы и размеров карьерного поля, угла падения пластов, физико-механических свойств пород, глубины отработки, рельефа местности, типа принятого горнотранспортного оборудования. Классификация схем вскрытия приведена в табл. 1.1 [2].

Таблица 1.1 – Классификация схем вскрытия карьерного поля

Тип	Схема вскрытия	Классификационные признаки разделения		
		по месту расположения траншей и стационарности	по направлению движения	по количеству вскрывающих уступов
А.	<b>Траншейная</b>			
1.	Наклонными траншеями	Внешними стационарными	одинарными	отдельными
				групповыми
				общими
			парными	отдельными
				групповыми
				общими
		Внутренними: стационарными; полустационарными; скользящими	одинарными	отдельными
				групповыми
				общими
			парными	отдельными
				групповыми
				общими
2.	Крутыми траншеями	Оборудованными подъемниками: конвейерными; бесклетевыми с тягачами; клетевыми; скиповыми		
Б.	<b>Подземная</b>	горизонтальными выработками (туннелями, штольнями); наклонными выработками (наклонными стволами, скатами, наклонными туннелями); вертикальными выработками (вертикальными стволами, рудоспусками); системой подземных (горизонтальных, наклонных, вертикальных) выработок		
В.	<b>Бестраншейная</b>	всех уступов (с применением кабель-кранов и др.); вскрышных уступов (с применением транспортно-отвальных мостов, консольных отвалообразователей и др.); добычных уступов (с перевалкой полезного ископаемого на площадки вскрышных уступов и т.п.)		
Г.	<b>Комбинированная</b>	сочетание различных вариантов траншейной, подземной и бестраншейной схем		

#### **Комбинированная схема вскрытия**

Требования к схеме вскрытия месторождений при комбинированном способе разработки сводятся к следующему:

- использование карьерного пространства в качестве основной или вспомогательной вскрывающей выработки на стадиях строительства и эксплуатации подземного рудника;
- создание единой транспортной схемы для выдачи рудной массы;
- резервирование на поверхности карьера мест для размещения поверхностных зданий и сооружений подземного рудника;
- формирование при постановке карьера предельное положение площадок, берм, съездов для заложения рудовыдачных и вспомогательных подземных выработок, размещения пунктов перегрузки, дренажных выработок и сооружений, вентиляционных и энергетических установок;
- учёт при определении местоположения подземных вскрывающих выработок, наряду с традиционными факторами, перспектив развития горных работ в карьере и особенности сдвига массивов пород под влиянием подземных и открытых горных работ;
- разработка мероприятий по уменьшению размеров зон деформирования подрабатываемых бортов карьера в местах размещения подземных капитальных вскрывающих выработок;
- размещение отвалов вскрышных пород и рудных складов с учётом требований проветривания шахт и обеспечения устойчивости подрабатываемых бортов карьера.

Для проверки усвоения темы необходимо подготовить ответы на контрольные вопросы, которые приведены ниже и в разделе «КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ».

### **Контрольные вопросы к теме 1**

1. Назовите цель и содержание дисциплины.
2. Что студент должен знать и уметь после изучения дисциплины?
3. Дайте определение открытой разработки и перечислите работы, выполнение которых она предусматривает.
4. Чему равен общий годовой объем добычи полезных ископаемых в мире?
5. Каково соотношение открытых и подземных работ в мире?
6. Дайте характеристику состояния открытых горных работ в регионе.
7. Назовите полезные ископаемые, которые добывают в Донбассе.
8. В чем состоит различие между карьером и разрезом?
9. Дайте определение траншеи.
10. Дайте определение полутраншеи.
11. Перечислите виды траншей.
12. Назовите схемы вскрытия карьерных полей.
13. Назовите основные элементы карьера.
14. Назовите основные параметры карьера.
15. Что включает подготовка поверхности карьерного поля к разработке?
16. Что такое вскрышные работы? Их состав.
17. Что такое коэффициент вскрыши и как его определить?

### **Тема 2: Организация строительства и реконструкции карьеров**

Порядок и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участки называется *системой разработки*. Принятая система разработки должна обеспечить их планомерность и экономическую эффективность, предусмотренную производственную мощность карьера, полноту извлечения запасов, комплексное использование всех полезных ископаемых, безопасность ведения работ, охрану недр и окружающей среды.

По способу осуществления вскрышных работ и технологии перемещения горных пород в отвалы существует следующая классификация систем открытой разработки

месторождений полезных ископаемых: *бестранспортная; экскаватор-карьер; транспортно-отвальная; специальная; транспортная; комбинированная* [2].

*Основными целями и задачами реконструкции являются:*

- ликвидация «узких мест» в производстве и диспропорции между мощностью горного предприятия и пропускной способностью основных, вспомогательных и обслуживающих участков и цехов:

- увеличение производственной мощности объекта и объема выпускаемой продукции.

Объем продукции на действующих предприятиях может быть увеличен за счет расширения существующих производственных площадей без существенного изменения технического и организационного уровня производства.

Выбор наиболее эффективных направлений капитальных затрат зависит от показателей сравнительной эффективности строительства и реконструкции промышленных предприятий.

*Основные направления реконструкции карьеров* [3]

На многих карьерах в процессе эксплуатации производится полное или частичное изменение технологических схем, Спосособ вскрытия, расширение проектных контуров, замена оборудования более совершенным, а также ряд других работ, выполнение которых приводит к реконструкции горного предприятия.

Во время реконструкции обычно выполняется комплекс горно-капитальных, строительных и монтажных работ с целью увеличения добычи полезного ископаемого, продления срока службы карьера, повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции.

Проектирование предприятий может осуществляться в две стадии – технический проект и рабочие чертежи или в одну стадию – техно-рабочий проект (технический проект, совмещенный с рабочими чертежами).

Обязательной частью каждого технического проекта открытой разработки рудных или угольных месторождений является *проект организации строительства*.

Проект организации строительства карьера или разреза должен быть оформлен в виде пояснительной записки с графической частью. Карьер с въездными траншеями, промплощадку и жилой массив располагают согласно генеральному плану.

Строительство карьера делится на следующие периоды: подготовительный, основного строительства и ликвидационный (введение карьера в эксплуатацию). При реконструкции карьеров в проектах организации строительства необходимо решить дополнительные вопросы об очередности работ с указанием объектов, которые остаются на период проведения строительно-монтажных работ, и другие.

*Проект производства работ (ППР) содержит* [3]:

- комплексный сетевой график или календарный план производства работ;
- график поступления на строительство основного оборудования, материалов, полуфабрикатов и строительных конструкций;
- схемы и технологические карты на основные горнопроходческие и горновскрышные работы с указанием последовательности и методов их выполнения;
- решения по производству монтажных работ (план монтажной площадки с расстановкой монтажного оборудования; схему последовательности монтажных операций и технологические карты монтажа наиболее сложного оборудования);
- схемы производства работ по осушению месторождения, технологические карты на устройство дренажных шахт для карьеров;
- рабочие чертежи временных зданий, сооружений и общекарьерных комплексов;
- рабочие чертежи или схемы на монтаж средств диспетчеризации;
- генеральный план строительства всей площадки с уточненным расположением на ней временных зданий и сооружений, внеплощадочных и внутриплощадочных коммуникаций и сетей, подводимых к местам потребления, и с выделением работ, выполняемых в подготовительный период;

- решения по безопасности ведения работ в период строительства карьера, мероприятия по борьбе с газом и пылью;
- краткую пояснительную записку, содержащую необходимые обоснования основных решений проекта производства работ и технико-экономические показатели.

Проект производства работ при реконструкции карьера составляется в том же объеме, что и на новое строительство, с учетом особенностей производства работ на действующем предприятии.

Для автоматизации разработки ППР используют *геоинформационную систему (ГИС) K-MINE*. Она может быть использована:

- при проектировании границ карьеров и отвалов, шахтных полей, объектов строительства и транспортных магистралей;
- при топографической съемке земной поверхности, геологических и геодезических поисках;
- при разработке генпланов предприятий для управления геопромышленными территориями;
- при создании электронных карт местности, населенных пунктов, сооружений;
- при создании и ведении государственных кадастров (земляного, городского, градостроительного и др.);
- при наблюдениях за деформациями земной поверхности, зданий, сооружений, коммуникаций и т.д.

Структура системы и пример работы модуля по расчету параметров БВР приведены в приложении А. Группа компаний «КАИ» обеспечивает не только внедрение АСУ на базе K-MINE, но и обучение специалистов, техподдержку, адаптацию под требования заказчика и разработку индивидуальных решений.

#### *Продолжительность строительства карьеров*

Продолжительность подготовительного периода зависит от производственной мощности предприятия, условий осуществления строительства и обычно составляет от 4-х до 10-ти мес [3].

Продолжительность основного периода зависит от срока монтажа горнотранспортного оборудования, используемого при строительстве, его производительности и объема горно-капитальных работ.

В некоторых случаях при неглубоком залегании рудного тела и небольшом объеме вскрышных и горно-капитальных работ период строительства карьера определяется продолжительностью строительства зданий, сооружений и коммуникаций рудника или обогатительного комплекса.

В табл. Б.1 (приложение Б) приведены нормы продолжительности строительства рудных карьеров (СН 440-72). Вправо от разделяющей черты приведены нормы, определяемые продолжительностью выполнения горно-капитальных и вскрышных работ, а влево – нормы, определяемые сроками строительства зданий и сооружений. В табл. Б.2 дано примерное распределение капитальных затрат и затрат на строительно-монтажные работы по годам строительства.

Ввод карьера в эксплуатацию производится после завершения строительства пускового комплекса зданий и сооружений, определенного в проекте, и горных работ, позволяющих начать выдачу товарной продукции (кондиционной сырой или подготовленной руды). В *объем горно-строительных работ* входит комплекс мероприятий, осуществляемых в пределах горного отвода от начала строительства до сдачи карьера в эксплуатацию.

Положение горных работ при сдаче карьера в эксплуатацию должно быть таким, при котором:

- создан необходимый и достаточный фронт работ на добычных уступах, обеспечивающий нормальную расстановку добычных экскаваторов;
- создан необходимый и достаточный фронт работ на вскрышных уступах и отвалах, обеспечивающий расстановку вскрышных экскаваторов и отвального оборудования;

- вскрыты и подготовлены к выемке запасы полезного ископаемого согласно проекту;
- созданы транспортные подступы и дороги к вскрышным и добычным горизонтам и на отвалах, а также проектное путевое развитие станций, разъездов и вспомогательных путей на поверхности.

Генеральный план карьера включает промплощадку, карьер с въездными траншеями и отвалами и жилой поселок [3].

Генеральные планы в зависимости от назначения и состава элементов подразделяются на: проектные, строительные, разбивочные и исполнительные.

На *строительных планах* указывают комплекс временных и постоянных объектов, используемых при строительстве (реконструкции) карьера. Приводится титульный список зданий с указанием их размеров в плане, объемов, материалов изготовления. Более подробно рассматривается в ПЗ №2. В табл. 2.1 приведена характеристика основных видов генеральных планов в зависимости от размеров промплощадки, сложности и насыщенности плана зданиями и сооружениями.

Таблица 2.1 – Виды генеральных планов

Генеральный план			
проектный	строительный	разбивочный	исполнительный
<b><i>I. Назначение планов</i></b>			
Размещение всех постоянных зданий и сооружений на поверхности и трасс подземных коммуникаций	Размещение основных постоянных и всех временных зданий и сооружений	Перенос проекта в натуру; содержит данные геодезической подготовки	Отражение фактического положения застройки
<b><i>II. Основа для проектирования генерального плана</i></b>			
Топографическая (М 1:1000 – 1:500) и инженерно-геологическая характеристика площадки	Проектный генеральный план и проект организации строительства	Проектный план и исходные данные по привязкам к геодезическим пунктам	Съемка осуществленных в натуре сооружений
<b><i>III. Масштабы выпускаемых планов</i></b>			
1:500 – опорная схема; генеральный план; 1:1000 на стадии проектного задания; 1:500 на стадии рабочих чертежей	1:500 на стадии рабочих чертежей	1:500 для малых площадок, 1:1000 для больших	1:1000 при редкой застройке, 1:500 при густой
<b><i>IV. Подразделение генеральных планов крупных промышленных площадок</i></b>			
Основной, всех зданий и сооружений на поверхности	План основной площадки	План со строительной разбивочной сеткой зданий и сооружений на поверхности	Оперативные фиксирующие сооружения, возведенные на данный период и пополняемые по ходу строительства.
План подземных и воздушных коммуникаций	План дополнительной площадки, занятой временными сооружениями на период строительства	То же, подземных коммуникаций	Окончательные, составляемые после завершения строительства в качестве приложения к актам сдачи в эксплуатацию.
План вертикальной планировки	—	То же, вертикальной планировки и водоотвода	—
План безрельсовых дорог и водоотвода	—	—	—

*Временные здания и сооружения* строят, как правило, по типовым проектам; размеры затрат на временные здания и сооружения не должны превышать нормативов удельной стоимости. Потребность во временных зданиях и сооружениях рассчитывается с учетом существующих или постоянно строящихся жилого поселка, производственной базы, объектов строящегося предприятия в следующем порядке:

- устанавливают перечень временных зданий и сооружений и их значение;
- определяют необходимую мощность объектов производственного назначения или полезную площадь временных зданий и сооружений для объектов складского, административно-бытового, жилого и культурно-бытового назначения;
- определяют тип и число временных зданий и сооружений и затраты на их возведение;
- указывают номера типовых проектов и места получения унифицированных инвентарных деталей временных зданий и сооружений.

Площадь временных зданий административного и санитарно-бытового назначения (канторы, табельные, гардеробные, душевые и т.д.) определяется в соответствии со СНиП П-92–76 на основании расчетного числа рабочих, ИТР, служащих, МОП и охраны на основном и вспомогательном производствах по годам строительства. При этом учитывается, что в максимально загруженную смену число рабочих принимается до 70% от списочного состава, а ИТР, служащих, МОП и т. д. – до 80%.

## **Контрольные вопросы к теме 2**

1. Назовите периоды развития горных работ в карьере.
2. Назовите цели реконструкции карьеров.
3. Назовите стадии проектирования карьеров.
4. Что такое проект организации строительства (ПОС) карьера?
5. Назначение и состав ПОС.
6. Назовите особенности проектов реконструкции карьеров.
7. Что такое проект производства работ (ППР)?
8. Назначение и состав ППР.
9. Назовите назначение системы ГИС К-MINE.
10. Перечислите модули, входящие в состав системы проектирования ГИС К-MINE.
11. Что включает полный цикл проектирования и управления буровзрывными работами в карьере при помощи ГИС К-MINE?
12. Назовите факторы, влияющие на продолжительность строительства карьера.
13. Перечислите требования к горным работам при сдаче карьера в эксплуатацию.
14. Перечислите основные виды монтажных работ при строительстве карьера.
15. От чего зависит площадь временных зданий и сооружений при строительстве карьера?
16. Что такое генеральный план карьера?
17. Что содержит генеральный план карьера?
18. Что такое строительный план карьера?
19. Что содержит строительный план карьера?
20. Чем отличается стройгенплан от генплана?

## **Тема 3: Технологии строительства въездных и разрезных траншей**

Существуют следующие технологии строительства въездной траншеи [2]:

- транспортная схема по нескальным породам;
- транспортная схема по скальным породам с помощью механических средств;
- транспортная схема по скальным породам с помощью буровзрывных работ;
- бестранспортная схема с помощью только механических средств;

- бестранспортная схема с помощью взрыва на выброс (с оконтуриванием или без него).

На проходке траншей используются, главным образом, экскаваторы всех типов либо самостоятельно, либо в сочетании с транспортными средствами. Реже применяются скреперы (приложение В1) и бульдозеры (приложение В2), а также массовые взрывы на выброс. От скорости проходки траншей зависят продолжительность вскрытия и подготовка новых горизонтов, наличие или отсутствие достаточного фронта добычных и вскрышных работ.

В зависимости от числа проходимых слоев различают: проходку траншей сразу на всю высоту уступа; послойную проходку траншей с разбивкой сечения траншеи по высоте на несколько слоев.

*Проходка траншей драглайнами (приложение В4) [3]*

Этот способ проходки применяется на нескальных и скальных породах и имеет несколько вариантов в зависимости от используемого оборудования. Особенности этой технологии: траншея проходится сразу на все проектное сечение; породы складываются экскаватором вдоль траншеи на верхней площадке уступа либо по одну, либо по обе стороны от траншеи.

*Проходка траншей экскаваторами типа «механическая лопата» [3]*

Проходка траншей выполняется торцевым забоем с применением «механических лопат» и рельсового или автомобильного транспорта. Используется два варианта:

- с нижней погрузкой, когда экскаватор, стоящий на дне траншеи, грузит породу в транспортные средства, расположенные также на дне траншеи;

- с верхней погрузкой, когда экскаватор, стоящий на дне траншеи, грузит породу в транспортные средства, расположенные на кровле уступа.

Если траншея проходится в скальных породах с применением рельсового транспорта, то полный цикл проходки включает в себя следующие операции: бурение скважин (приложение В3); зарядание и взрывание скважин (приложение В7); экскавацию; настилку железнодорожных путей; вторичное бурение и взрывание негабаритных кусков.

*Проходка траншей с погрузкой породы в автомобильный транспорт [3]*

При наличии необходимых транспортных средств при проходке траншей предпочтение отдается автомобильному транспорту (приложение В5). В этом случае значительно улучшается использование экскаваторов, а организация работ упрощается. Это обусловлено: отсутствием объема путевых работ по сравнению с ж/д транспортом; сокращением простоев из-за отсутствия порожняка; улучшением использования разгрузочных параметров экскаватора за счет удобной постановки автосамосвалов под погрузку. При этом применяют тупиковую (рис.3.1, а) и кольцевую (рис.3.1, б) схемы подачи автосамосвала под погрузку.

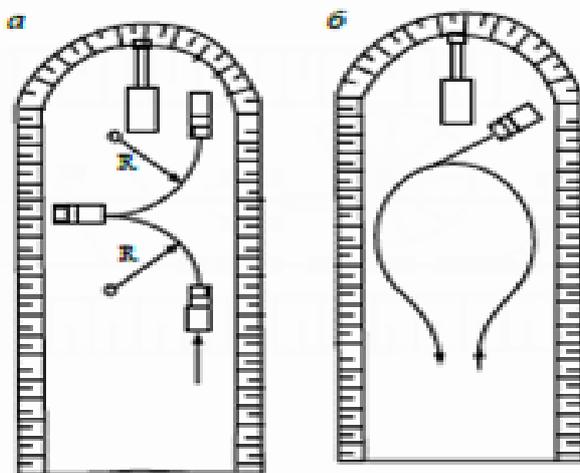


Рисунок 3.1 - Проходка траншей с нижней погрузкой в автосамосвалы при их подаче: а – тупиковой; б – кольцевой

Сокращение ширины траншеи возможно за счет устройства ниш с интервалами между ними, обеспечивающими необходимую частоту подачи автосамосвалов в забой.

#### *Послойная проходка траншеи торцевым забоем*

Для повышения скорости проходки траншей на ряде карьеров применяют послойную выемку взорванной массы в процессе проходки. Сечение траншеи разбивается по глубине на слои. Высота слоя определяется в зависимости от высоты разгрузки экскаватора и транспортных средств. Каждый слой вынимается за один рабочий ход экскаватора на всю длину взорванного участка траншеи.

В большинстве случаев верхнюю часть взорванной массы вынимают послойно (2-3 слоя), нижнюю – тупиковой проходкой.

При комбинированной проходке траншеи используют два варианта:

- верхняя часть взорванной массы вынимается послойно, а остальная масса - тупиковым забоем с погрузкой в думпкары;
- верхняя часть обрабатывается послойно с погрузкой в думпкары, а нижняя - тупиковым забоем с погрузкой в автосамосвалы.

#### *Комбинированный способ*

Применяют для проведения широких траншей полным сечением. Его варианты:

- драглайн (приложение В4) работает по бестранспортной схеме, а «механическая лопата» - по транспортной;
- драглайн, работая с опережением, вынимает породу из одной части сечения траншеи и укладывает ее в отвал, располагаемый на борту, а порода из другой части разрабатывается «механической лопатой» и грузится в ж/д составы, путь для которых укладывается в части траншеи, где породы предварительно вынуты драглайном.

#### *Специальные способы*

К специальным относятся способы, при которых применяются колесные скреперы (приложение В1), бульдозеры (приложение В2) и гидромеханизация. При гидромеханизации вода размывает мягкие породы, однако, это требует большого расхода воды и электроэнергии.

*Массовые взрывы на выброс и сброс* также применяют при разработке месторождений открытым способом. Далее приведен расчет параметров скважинных зарядов на выброс. Номера формул, рисунков и таблиц те же, что и в Лекции 7, для удобства использования в практических занятиях.

Масса заряда выброса определяется по формуле М. М. Борескова [4]:

$$Q = q_r \cdot W^3 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot n^3), \text{ кг}, \quad (7.1)$$

где  $q_r$  – расчетный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>;  $W$  – линия наименьшего сопротивления (ЛНС), м;  $n$  – показатель действия взрыва.

Значение ЛНС определяется:

$$W = l_{\text{забойки}} + \frac{l_{\text{заряда}}}{2}, \text{ м}, \quad (7.2)$$

где  $l_{\text{забойки}}$  - длина забойки, м;  $l_{\text{заряда}}$  - длина заряда, м.

Длина забойки зависит от диаметра скважины  $d_{\text{скв}}$ :

$$l_{\text{забойки}} = 15 \cdot d_{\text{скв}}, \text{ м}, \quad (7.3)$$

Заряд занимает оставшееся место, т.е. его длина равна

$$l_{\text{заряда}} = l_c - l_{\text{забойки}}, \text{ м}, \quad (7.4)$$

Показатель действия взрыва связан с радиусом воронки выброса  $r_g$ :

$$n = \frac{r_g}{W} \text{ или } r_g = n \cdot W. \quad (7.5)$$

Для формирования выемок заряды размещают в один или несколько рядов [5].

При однорядном размещении расстояние между зарядами ( $W > 1,5$  м)

$$a = 0,5 \cdot W \cdot (n + 1), \text{ м.} \quad (7.6)$$

Таблица 7.1 - Значения  $a$  для часто используемых величин  $n$

$a$	$1,25W$	$1,5W$	$1,8W$	$2,0W$
$n$	1,5	2,0	2,5	3,0

При двухрядном или многорядном размещении и одновременном взрывании зарядов расстояние между рядами  $b$  принимается равным расстоянию между зарядами в ряду.

Если расстояния между зарядами в соседних рядах не равны между собою, то:

$$b = \frac{a_1 + a_2}{2}, \text{ м,} \quad (7.7)$$

где  $a_1$  и  $a_2$  – расстояния между зарядами в 1-м и 2-м рядах, соответственно.

При  $n = 1 \div 2$  глубина видимой части траншеи (рис.7.1) определяется как

$$h = 0,33 \cdot W \cdot (2 \cdot n - 1), \text{ м.} \quad (7.8)$$

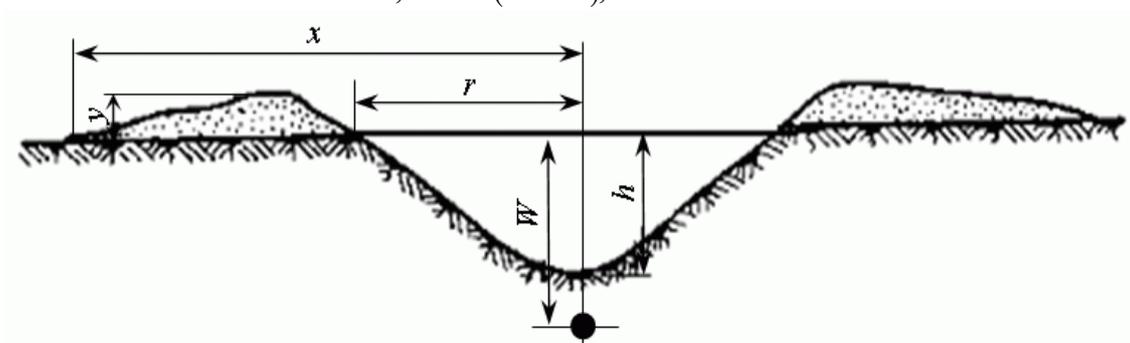


Рисунок 7.1 - Схема действия заряда выброса

В глинистых и суглинистых почвах

$$h = 0,45 \cdot W \cdot (2 \cdot n - 1), \text{ м.} \quad (7.9)$$

В скальных породах при  $n > 2$  при нормальном выбросе глубина видимой части траншеи определяется

$$h = 0,33 \cdot W \cdot (2 \cdot n - 1), \text{ м.} \quad (7.10)$$

В скальных породах при  $n > 2$  при усиленном выбросе глубина видимой части траншеи равна ЛНС.

При проектировании траншей заданного профиля показатель действия взрыва  $n$ , количество рядов зарядов  $N_{\text{ряд}}$  и расстояние между рядами  $b$  вычисляют графически с таким расчетом, чтобы проектируемая воронка отвечала заданному профилю выемки.

При трехрядном размещении одновременно взрывааемых зарядов значение  $n$  для зарядов среднего ряда принимается на 0,5 большим, чем для зарядов крайних рядов. В случае замедленного или короткозамедленного взрывания для зарядов среднего ряда значение  $n$  увеличивается на 0,2-0,3.

При взрывании на выброс в условиях горизонтального рельефа (рис.7.1) ширина и высота развала породы определяется

$$x = 5 \cdot n \cdot W, \text{ м;} \quad (7.11)$$

$$y = \frac{0,7 \cdot W}{n}, \text{ м.} \quad (7.12)$$

Расчет распределения объема породы  $V_r$ , которая при выбросе взрывом размещается на разном расстоянии  $r_x$  от края воронки выброса, определяется [5]:

$$V_r = \left[ 1 - \left( \frac{x - n \cdot W - r_x}{x - n \cdot W} \right)^2 \right] \cdot 100, \% \quad (7.13)$$

Масса заряда выброса, ось которого параллельна открытой поверхности (т.е. при наклонных скважинах), равняется:

$$Q = \frac{2 \cdot q_r \cdot W^2 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot n^3)}{n + 1} \cdot l_{\text{заряда}}, \text{ кг.} \quad (7.14)$$

Формула (7.14) справедлива для  $l_{\text{заряда}} \geq a$ , где  $a$  вычисляется в соответствии с формулой (7.6). Глубина видимой выемки рассчитывается в соответствии с формулой (7.8) или (7.9). Для заряда в оболочке диаметр равен

$$d_z = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\Delta_{\text{зар}} \cdot l_{\text{заряда}}}}, \text{ кг,} \quad (7.15)$$

где  $Q$  – масса заряда, кг;  $\Delta_{\text{зар}}$  – плотность заряжения ВВ, кг/м<sup>3</sup>;  $l_{\text{заряда}}$  – длина заряда, м.

В случае, если одним зарядом не может быть получена выемка заданного профиля (недостаточная ширина понизу), параллельно размещают два или три заряда, которые отдалены один от другого на величину  $a$ , значение которой определяется при помощи формулы (7.6). Заряды могут взрываться одновременно или с замедлением. При этом показатель действия взрыва  $n$  для зарядов, которые взрываются с замедлением, определяется аналогично. Параметры зарядов выброса в скважинах, оси которых перпендикулярны поверхности, рассчитываются таким же образом, как и параметры сосредоточенных зарядов, с учетом прочности и размещения скважин.

Принимается следующий порядок расчета:

- в соответствии с заданными параметрами выемки вычисляют массу сосредоточенного заряда  $Q$  при помощи формулы (7.1) и расстояние между зарядами в ряду  $a$  - формулы (7.6);

- устанавливают глубину скважин  $l_c = (1,1 \div 1,2) \cdot W$ , м;

- определяют вместимость одной скважины  $Q_c$  при условии ее заполнения ВВ на 2/3 глубины;

- определяют расстояние  $a_c$  между скважинами.

Расстояние между скважинами принимается равным  $a$  при  $Q < Q_c$ .

Если  $Q > Q_c$ , скважины сближают, определяя расстояние между ними как

$$a_c = a \cdot \frac{Q_c}{Q}, \text{ м.} \quad (7.16)$$

Формулу (7.16) рекомендуется использовать, если  $\frac{Q_c}{Q} > \frac{1}{3}$ . При  $\frac{Q_c}{Q} < \frac{1}{3}$  необходимо делать кусты из 2-3-х скважин. При этом за расчетную массу заряда  $Q_c$  принимают суммарную массу заряда в кусте.

#### Метод камерных зарядов [4]

При этом методе взрывание производится сосредоточенными зарядами большой величины (от нескольких до сотен и тысяч тонн), которые помещаются в специальные выработки (камеры), объем их соответствует объему установленных расчетом зарядов ВВ. Для этого в массиве проходят вертикальные шурфы или горизонтальные штольни и в их

конце или в ответвлениях сооружают камеры. Подготовительные выработки проходят обычно Т- или Г-образной формы, чтобы затруднить выброс из камеры газов при взрыве и максимально использовать энергию ВВ для разрушения и перемещения массива. Площадь сечения подводящих выработок принимается минимальной, но не менее  $1,2 \text{ м}^2$  для штолен и  $1 \text{ м}^2$  для шурфов.

Взрыв на выброс обычно выполняется с двусторонним (рис. 3.2, а) или преимущественно односторонним (рис. 3.2, б) размещением выброшенной породы.

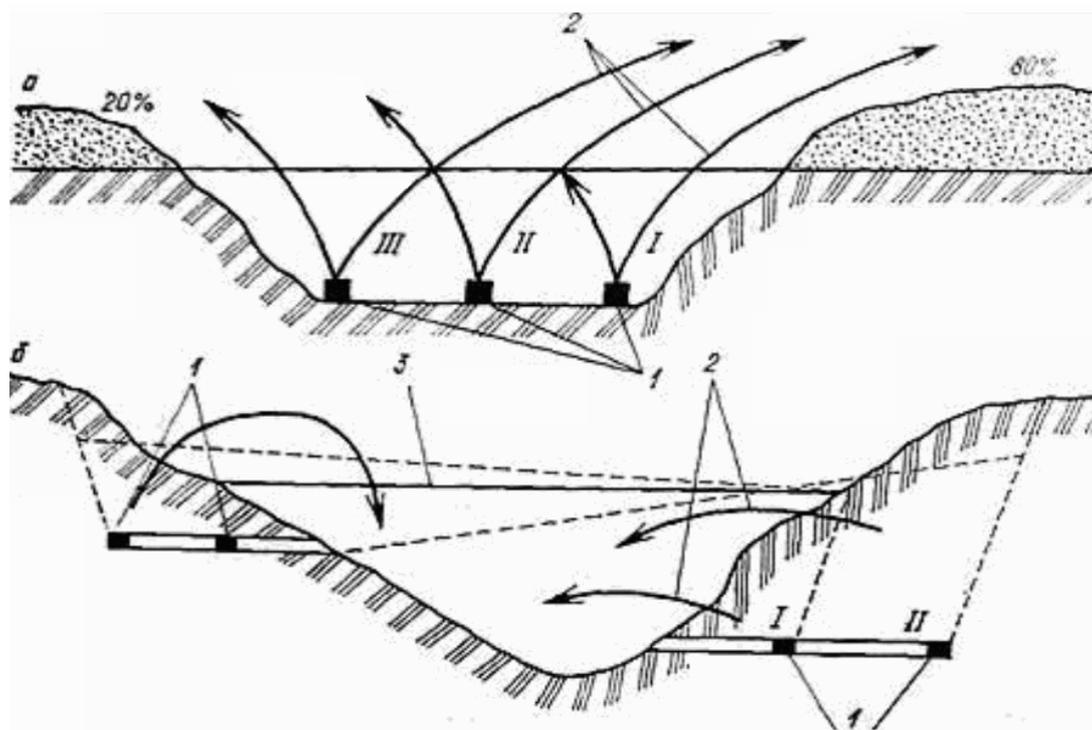


Рисунок 3.2 – Направления разлёта породы при камерных зарядах: а – при устройстве выемки; б – при устройстве насыпи; 1 – заряды ВВ; 2 – направления перемещения взорванной породы; 3 – проектная линия верха насыпи; I, II, III – очередность взрывания зарядов

Направленность выброса достигается применением двух или более рядов зарядов, взрывааемых разновременно. Для этого сначала взрывают заряды I (один или несколько), действие которых направлено вверх (см. рис.3.2, б). В процессе взрыва открывается боковая дополнительная поверхность для зарядов II. Через 1—2 секунды взрывают заряды II, которые выбрасывают породу в сторону образованной дополнительной поверхности и отталкивают в том же направлении поднимающуюся вверх породу от взрыва зарядов I.

Заряжание камер производится через подводящие горные выработки зарядными машинами или вручную. При ручном заряжании взрывчатое вещество в заводской упаковке (мешки, ящики и др.) укладывается в камере в виде штабелей. Объём камер в этом случае используется на 60-70% и трудоёмкость процесса заряжания увеличивается на 30-40% по сравнению с механическим способом. Конструкция камерного заряда предусматривает укладку не менее двух боевиков в каждый заряд. Инициирование заряда для соблюдения условий безопасности осуществляют обычно бескапсюльным способом с применением детонирующего шнура.

Метод применяется для обрушения и перемещения больших объёмов скальных и мягких горных пород взрывами на сброс и выброс, для образования различных выемок глубиной до 20 м и более, при строительстве дорог в горной местности. На карьерах камерные заряды применяются редко при высоте уступа не менее 15 м, при невозможности бурения взрывных скважин из-за неровной поверхности верхней площадки уступа.

*Взрывная технология предварительного щелеобразования при строительстве капитальной въездной траншеи [6]*

При строительстве капитальной въездной траншеи целесообразно применять метод предварительного щелеобразования, который заключается в создании экранирующей щели на контуре траншеи.

Разрушение породы идет по поверхностям нарушений ее геологической структуры. Это разрешает получать борта траншеи с гладкими откосами и снижать разрушение законтурной части массива, а также уменьшает сейсмическое влияние на дома и сооружения на земной поверхности. При контурном взрывании вдоль линии откоса борта траншеи (полутраншеи) бурят скважины диаметром 76-105 мм, в которых размещают заряды пониженной плотности (0,1-1,0 кг на 1 м скважины). Низкая плотность заряжения достигается за счет создания воздушных зазоров по длине и по радиусу заряда (рис.9.1). Номера формул, рисунков и таблиц те же, что и в Лекции 9, для удобства использования в практических занятиях.

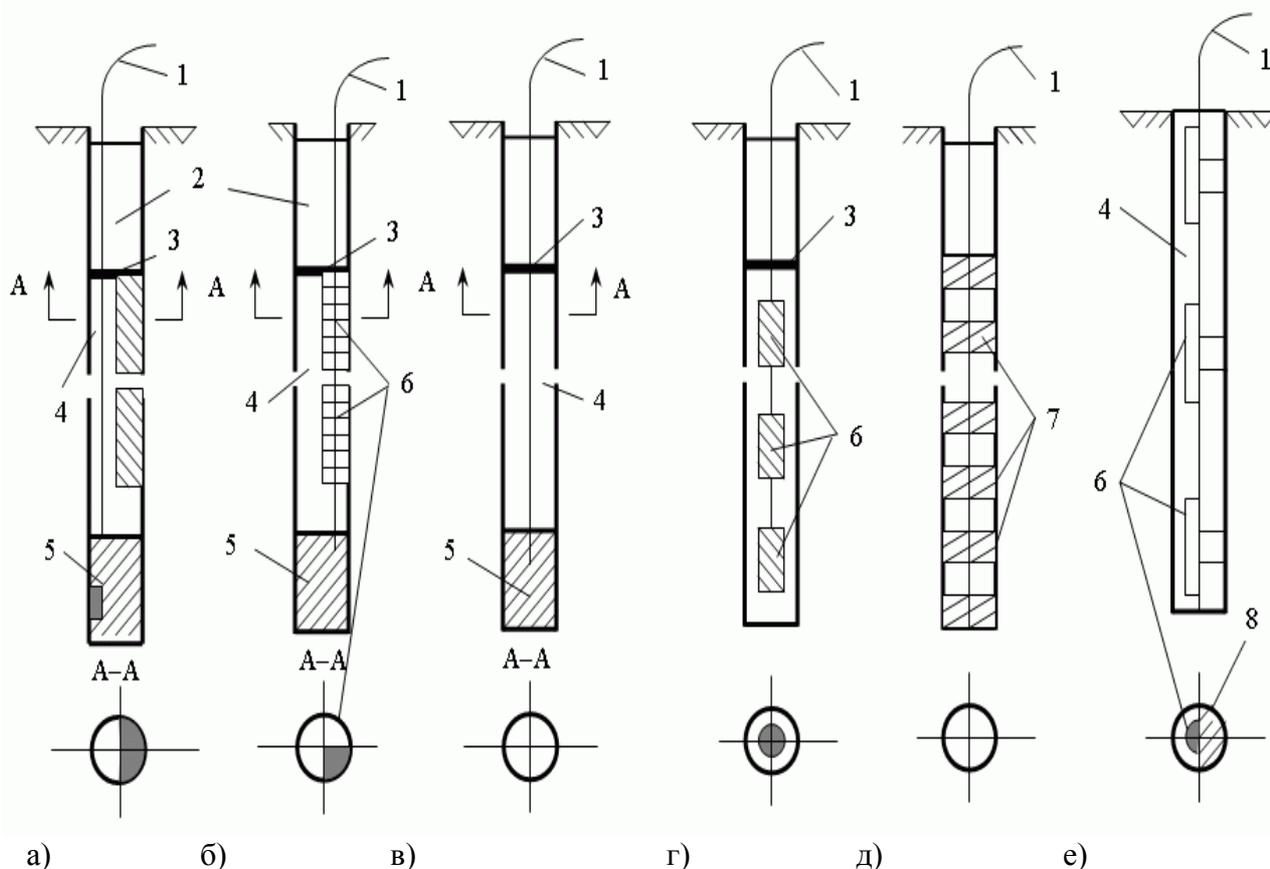


Рисунок 9.1 - Конструкции скважинных зарядов, размещаемых на контуре траншеи:

- a* – сплошной заряд диаметром 16-20 мм;
- б* – полупатроны ВВ;
- в* – воздушный промежуток;
- г* – патроны ВВ, которые прикреплены к детонирующему шнуру (ДШ);
- д* – рассредоточенный заряд из сыпучего ВВ;
- е* – стержневой заряд;
- 1 – ДШ;
- 2 – забойка;
- 3 – бумажная пробка;
- 4 – воздушный промежуток;
- 5 – донные заряды;
- 6 – полупатроны ВВ;
- 7 – патроны ВВ;
- 8 – деревянная рейка

*Технология изготовления скважинного заряда для щелеобразования [6]*

Конструкция скважинного заряда приведена на рис.9.2. Патроны ВВ привязывают к шпагату (при вертикальной скважине) или к деревянному стержню (при наклонной скважине). Шпагат привязывается к деревянной планке длиной большей, чем диаметр скважины, а стержень раскрепляется в устье скважины при помощи уплотнителей параллельно ее оси. Заряд не должен касаться стенок скважины.

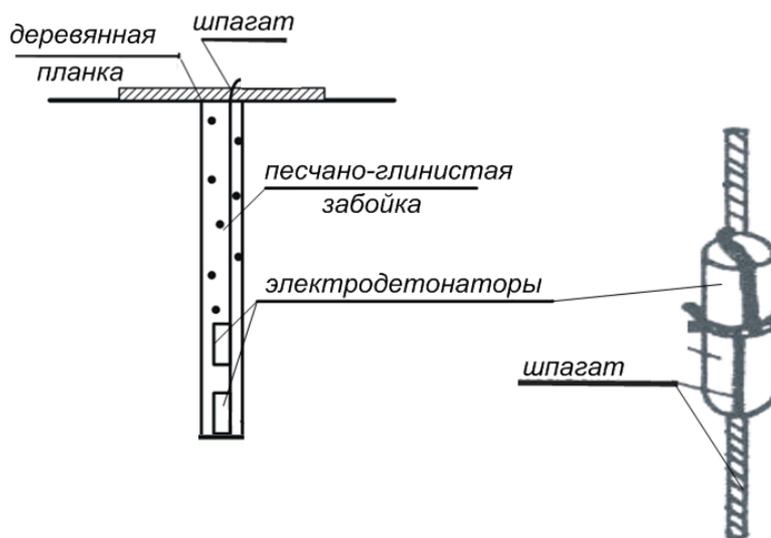


Рисунок 9.2 - Конструкция заряда скважины для щелеобразования

В качестве забойки используют песчано-глиняные пыжи длиной, достаточной для заполнения пустоты между зарядом и устьем скважины.

*Расчет параметров взрывных работ при щелеобразовании [6]*

Расстояние между скважинами для предварительного щелеобразования определяется по формуле (9.1).

$$a = K \cdot d_{\text{скв}} \cdot \left(1 + 2^{\frac{1}{n}}\right) \cdot \left[ \frac{2 \cdot \nu \cdot P_0 \cdot \left(\frac{V_3}{V_c}\right)^{\chi}}{\sigma_p \cdot (1 - \nu) \cdot (1 + C)} \right]^{\frac{1}{m}}, \text{ м}, \quad (9.1)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий ориентацию природных трещин в массиве горных пород относительно плоскости оконтуривания, 0,95-1,2;  $d_{\text{скв}}$  - диаметр скважины, м;  $n$  - степень угасания ударной волны в зоне создания направленной трещины;  $\nu$  - коэффициент Пуассона;  $P_0$  - детонационное давление в заряде ВВ, Па;  $V_3$  - объем заряда ВВ в скважине, м<sup>3</sup>;  $V_c$  - объем скважины, м<sup>3</sup>;  $\chi$  - показатель адиабаты, 1,17-1,25;  $\sigma_p$  - прочность горной породы при растяжении, Па;  $C$  - безразмерная величина;  $m$  - степень угасания ударной волны в зоне разрушения.

Диаметр скважины для предварительного щелеобразования,  $d_{\text{скв}}$ , определяется типом буровой установки и *должен быть в 3-3,5 раза большим* диаметра заряда ВВ.

Степень угасания ударной волны в зоне создания направленной трещины:

$$n = 2 - \frac{\nu}{1 - \nu}. \quad (9.2)$$

Объем заряда ВВ в скважине вычисляется следующим образом

$$V_n = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot l_{\text{заряда}}, \text{ м}^3, \quad (9.3)$$

где  $d_3$  - диаметр заряда ВВ, м;  $l_{\text{заряда}}$  - длина заряда ВВ в скважине, м.

Объем скважины вычисляется следующим образом

$$V_c = \frac{\pi \cdot d_{\text{скв}}^2}{4} \cdot l_c, \text{ м}^3, \quad (9.4)$$

где  $l_c$  - длина скважины, м.

Длину оконтуривающих скважин принимают равной длине скважин для взрыва на выброс. В том случае, когда к сохранению бортов предъявляются повышенные требования, длина оконтуривающих скважин должна на 7-12 диаметров превышать длину скважин для взрыва на выброс (соответственно в трещиноватых и монолитных породах).

Плотность заряжения скважины вычисляется

$$\Delta_{зар} = \delta_n \cdot \frac{V_3}{V_c}, \text{ кг/м}^3, \quad (9.5)$$

где  $\delta_n$  - плотность патронирования, кг/м<sup>3</sup>.

Для определения объемной плотности заряжения контурных скважин при методе предварительного щелеобразования (оконтуривания) в зависимости от прочности горных пород для разных типов ВВ используется графическая зависимость, приведенная на рис.9.3.

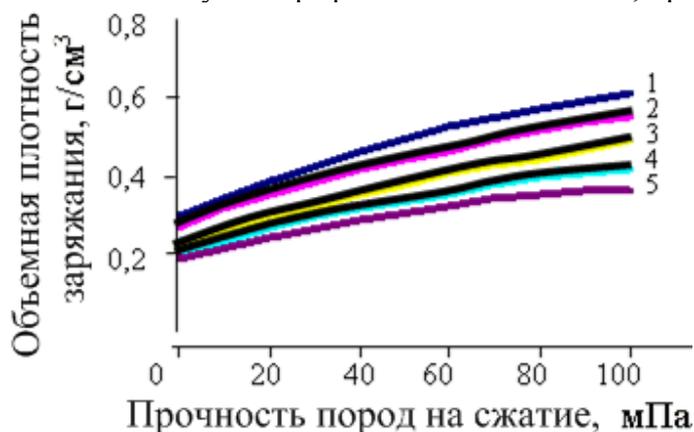


Рисунок 9.3 - Зависимость объемной плотности заряжения контурных скважин от прочности пород: 1 – аммонит ПЖВ - 20; 2 – аммонит № 6; 3 – аммонит № 6 ЖВ; 4 – детонит 6А; 5 – детонит 10А

Детонационное давление (Па) в заряде ВВ определяется по формуле:

$$P_d = \frac{\Delta_{зар} \cdot D^2}{4}, \quad (9.6)$$

где  $D$  - скорость детонации, м/с.

Степень угасания ударной волны в зоне разрушения:

$$m = 2 + \frac{\nu}{1-\nu}. \quad (9.7)$$

Безразмерный коэффициент

$$C = \frac{\Delta_{зар} \cdot D}{\gamma \cdot C_n}, \quad (9.8)$$

где  $\gamma$  - плотность горной породы, кг/м<sup>3</sup>;  $C_n$  - скорость продольной волны в массиве, м/с.

Радиус воронки выброса равен половине расстояния между скважинами

$$r = \frac{a}{2}, \text{ м.} \quad (9.9)$$

Длина забойки вычисляется по (9.10) и должна быть не менее 1 м.

$$l_{забойки} = 15 \cdot d_{скв}, \text{ м.} \quad (9.10)$$

Длина скважины без перебура определяется по формуле

$$l_c^0 = \frac{H}{\sin \alpha}, \text{ м}, \quad (9.11)$$

где  $\alpha$  - угол откоса борта траншеи, град.

Длина скважины с перебуrom равняется

$$l_c = l_c^0 + l_{\text{перебура}}, \text{ м}, \quad (9.12)$$

где  $l_{\text{перебура}}$  – длина перебура, м.

Длина заряда в скважине равняется

$$l_{\text{заряда}} = l_c - l_{\text{забойки}}, \text{ м}. \quad (9.13)$$

Масса заряда определяется по формуле

$$Q = q_r \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{3} \cdot l_c, \text{ кг}, \quad (9.14)$$

где  $q_r$  – удельный расход используемого ВВ, кг/м<sup>3</sup>;  $\frac{\pi \cdot r^2}{3} \cdot l_c$  - объем взорванной породы, м<sup>3</sup>.

$$q_r = q_n \cdot \frac{300}{P}, \text{ кг/м}^3, \quad (9.15)$$

где  $q_n$  – нормативный удельный расход ВВ работоспособностью 300 см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>;  $P$  – работоспособность применяемого ВВ, см<sup>3</sup>.

Масса 1 м заряда скважины при гранулированных ВВ вычисляется:

$$\gamma_n = \frac{\pi \cdot d_{\text{скв}}^2}{4} \cdot \Delta_{\text{зар}}, \text{ кг/м}. \quad (9.16)$$

Длина заряда в скважине, необходимого для размещения гранулированного ВВ массой  $Q$ , определяется по формуле

$$l_r = \frac{Q}{\gamma_n}, \text{ м}. \quad (9.17)$$

### **Методика расчета безопасных расстояний при взрывах на выброс [7]**

#### *Расстояние, безопасное по разлету отдельных кусков породы*

Безопасным является расстояние, которое обеспечивает сохранение механизмов, зданий и сооружений от повреждений кусками породы, разлетающимися при взрывании. Для серий зарядов с разными  $W$  и  $n$  радиус безопасной зоны определяется в соответствии с данными, приведенными в табл. 5.4 ПЗ №5.

#### *Сейсмически безопасное расстояние*

Расстояния, на которых колебания почвы, вызванные одновременным взрывом сосредоточенного заряда ВВ, становятся безопасными для зданий и сооружений, вычисляются по формуле:

$$r_c = K_2 \cdot K_c \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q_0}, \text{ м},$$

где  $K_2$  – коэффициент, зависящий от свойств грунта в фундаменте охраняемого здания;  $K_c$  – коэффициент, зависящий от типа зданий и сооружений и характера построек;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от условий взрывания;  $Q_0$  – масса одновременно взрывающегося заряда, кг.

При одновременном (без замедления) взрывании группы из  $N$  зарядов ВВ общей массой  $Q_0$  в тех случаях, когда расстояние от охраняемого объекта до ближайшего заряда и

до наиболее удаленного заряда различаются не более чем на 20%, безопасное расстояние определяют по формуле:  $r_c = \sqrt[6]{N} \cdot K_z \cdot K_c \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q_0}$ , м.

При неодновременном взрывании  $N$  зарядов ВВ общей массой  $Q_0$  с интервалом замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс безопасное расстояние определяется в соответствии с формулой:

$$r_c = K_z \cdot K_c \cdot \frac{\alpha}{\sqrt[4]{N}} \cdot \sqrt[3]{Q_0}, \text{ м.}$$

*Расстояние, безопасное по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения*, рассчитывается в соответствии с формулами:

$$r_g = k_g \cdot \sqrt[3]{Q_0}, \text{ м, } r_g = K_g \cdot \sqrt{Q_0}, \text{ м,}$$

где  $K_g, k_g$  – коэффициенты пропорциональности, значения которых зависят от условий расположения и массы заряда, а также от степени допускаемых повреждений зданий или сооружений (табл. 5.8 ПЗ №5).

*Радиус безопасного влияния воздушной ударной волны на человека* рассчитывается в соответствии с формулой:  $r_{min} = 15 \cdot \sqrt[3]{Q_0}$ , м.

*Расстояние, безопасное по действию отравляющих газов, при условии отсутствия ветра* или в направлении, перпендикулярном распространению ветра, рассчитывается в соответствии с формулой:

$$r_r = 160 \cdot \sqrt[3]{\sum Q}, \text{ м,}$$

где  $\sum Q$  - суммарная масса взрывающего ВВ, кг.

*Расстояние, безопасное по действию отравляющих газов в направлении, противоположном распространению ветра*, рассчитывается в соответствии с формулой:

$$r_r = 160 \cdot \sqrt[3]{\sum Q \cdot (1 + 0,5 \cdot V_g)}, \text{ м,}$$

где  $V_g$  - скорость ветра перед взрывом, м/с.

Из всех рассчитанных расстояний безопасным является максимальное [7].

### ***Меры по повышению безопасности буровых работ***

При бурении установки размещают не ближе 3-х м от верхней бровки уступа. Перемещение этих установок с поднятой мачтой по уступу разрешается только по спланированной горизонтальной площадке. При бурении скважин первого ряда буровые станки располагают так, чтобы их продольные оси были перпендикулярны бровке уступа. Управление установками шарошечного бурения на 1-м ряде скважин должно быть дистанционным. Подъемные канаты буровых установок должны иметь 5-тикратный запас прочности и осматриваться не реже 1-го раза в неделю. Пробуренные скважины следует закрывать пробками или металлическими листами сразу после бурения.

Если скважины были пробурены установками огневого бурения, то их зарядание производится не ранее, чем через 24 часа после окончания бурения.

### ***Меры по повышению безопасности взрывных работ при взрывании на выброс***

К массовым взрывам на открытых горных работах относят взрывы смонтированных в общую взрывную сеть 2-х и более скважинных зарядов независимо от длины заряжаемой выработки, а также взрыв одиночных зарядов в выработках длиной больше 10 м.

Взрыв основной и дублирующей сетей ДШ выполняется от одного инициатора.

Охранная зона определяется в проекте. На открытых горных работах при длительном (больше смены) зарядании, в зависимости от горнотехнических условий, она должны

составлять не менее 20 м от ближайшего заряда. Охранная зона устанавливается: при электрическом взрывании – перед началом установки боевиков, а при взрывании при помощи ДШ – перед началом монтажа взрывной сети. При этом охранная зона распространяется как на рабочую площадку того уступа, на котором проводится зарядание, так и на ниже- и вышерасположенные уступы. В пределах охранной зоны на ниже- и вышерасположенных уступах допускается движение транспорта только по установленным трассам для выполнения карьером (разрезом) запланированного объема работ.

Для оповещения про выполнение взрывных работ используют также флаг–мачту [6]. Материал изготовления мачты - сосна влажностью до 23%, флаг - матерчатый.

Для персонала, связанного со взрывными работами, используют в качестве укрытия передвижные блиндажи с деревянными или железобетонными перекрытиями [6]. Блиндажи устанавливают на таком расстоянии от места взрыва, которая гарантирует персоналу безопасность от повреждений воздушной ударной волной. Установка блиндажа на салазках позволяет перемещать его при помощи бульдозера или скрепера в любую точку карьерного поля.

### ***Правила безопасности при изготовлении ПВС***

В соответствии с [7], изготовление ВВ на предприятиях -потребителях, подготовку ВВ заводского производства к механизированному заряданию необходимо выполнять по «Правилам обустройства и безопасной эксплуатации стационарных пунктов изготовления простейших гранулированных и водосодержащих ВВ, а также подготовки ВВ заводского изготовления на предприятиях, которые ведут взрывные работы».

На территории, где изготавливается ПВС-1У, запрещается выполнять любые работы, не связанные с приготовлением и загрузкой ВВ. Каждый рабочий должен выполнять только порученную ему работу, по которой он получил инструктаж.

При изготовлении ПВС-1У АБС стационарно заземлен. Для проверки полноты детонации ВВ отбирают пробу массой 15 кг из дозатора АБЗ или бункера зарядной машины в емкость, изготовленную из искробезопасного материала. При неудовлетворительных результатах испытаний выполняется повторная проверка. При получении повторного отрицательного результата тестов выполняют общий контроль до получения положительных результатов тестов в 5-ти партиях.

После изготовления каждых 100 т ПВС-1У в конце смены собирают остатки ВВ на площадке, лотке, ленте конвейера, площадке растаривания, в барабане-смесителе, загрузочной площадке и в вентиляционной системе. Их сжигают на специально отведенном для этого месте на полигоне склада взрывчатых материалов. Сжигание производит мастер-взрывник или лицо, назначенное руководителем БВР. Зона в радиусе 50 м от места сжигания должна быть очищена от легковоспламеняющихся материалов.

### ***Требования [7] при зарядании сухих скважин***

Перед началом зарядания на границах опасной зоны устанавливают посты. Доступ в зону становится закрытым. Перед заряданием скважины мастер-взрывник должен измерить ее глубину, а потом следить за заполнением скважины ВВ (длиной заряда). Затем следует измерить длину оставшейся свободной части скважины.

Патроны, опускаемые в скважину, должны иметь крепкое веревочное ушко. Опускать такие патроны в скважины разрешается только при помощи крепкого шпагата или веревки. Бросать патроны запрещается.

При глубине скважины большей 15 м в ней прокладывают 2 линии детонирующего шнура – основную и дублирующую. Отрезки ДШ, выходящие из скважины, должны иметь длину не менее 250 мм. Их присоединяют к магистральной линии ДШ при помощи клейкой ленты. Длина соединения должна быть не менее 100 мм.

Заполнение скважин забоечным материалом необходимо осуществлять осторожно. При этом электрический провод и ДШ должны иметь слабины. В качестве забойки нельзя применять кусковатый или горючий материалы.

### Контрольные вопросы к теме 3

1. Что такое капитальная и разрезная траншея (котлован)?
2. Формы сечения и параметры траншей и полутраншей.
3. Классификация траншей по продолжительности эксплуатации и назначению.
4. Назовите технологии строительства въездных траншей.
5. Какие работы выполняют при применении транспортной схемы по скальным породам?
6. Организация работ при использовании транспортной схемы по скальным породам с помощью механических средств.
7. Организация работ при использовании транспортной схемы по скальным породам с помощью БВР.
8. Организация работ при использовании бестранспортной схемы.
9. Организация работ при использовании бестранспортной схемы с помощью взрыва на выброс (с оконтуриванием или без него).
10. Типы экскаваторов для выемки и погрузки горной массы.
11. Основные технические параметры колесных скреперов.
12. Основные технические параметры колесных бульдозеров.
13. Основные технические параметры погрузчиков.
14. Основные технические параметры экскаваторов типа «прямая механическая лопата».
15. Основные технические параметры экскаваторов типа «обратная механическая лопата».
16. Основные технологические параметры драглайнов.
17. Область использования автомобильного транспорта.
18. Область использования конвейерного транспорта.
19. Транспортно-отвальные конвейерные установки.
20. Приведите схему действия заряда выброса.
21. Приведите формулу М.М. Борескова для расчета заряда выброса.
22. Приведите формулу для расчета ширины развала породы.
23. Приведите формулу для расчета высоты развала породы.
24. Приведите схему действия камерного заряда.
25. Приведите формулу М.М. Борескова для расчета камерного заряда на выброс.
26. Приведите конструкции скважинных зарядов, размещаемых на контуре траншеи.
27. Приведите формулу для определения расстояния между скважинами при предварительном щелеобразовании.
28. Чему равно соотношение между диаметрами скважины и патроном ВВ при щелеобразовании?
29. Чему равен радиус воронки выброса?
30. Приведите формулу для определения сейсмически безопасного расстояния при взрывании на выброс.
31. Как определяется безопасное расстояние, безопасное по разлету отдельных кусков породы, при взрывании на выброс?
32. Приведите формулу для определения сейсмически безопасного расстояния при взрывании на выброс.
33. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения, при взрывании на выброс.
34. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию ударной воздушной волны на человека, при взрывании на выброс.
35. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию отравляющих газов в направлении, противоположном распространению ветра, при взрывании на выброс.
36. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию отравляющих

газов при отсутствии ветра или в направлении, перпендикулярном распространению ветра, при взрывании на выброс.

37. Что такое охранная зона при выполнении ВР?

38. Какие сигналы подаются при выполнении ВР?

39. Приведите конструкцию флаг-мачты.

40. Приведите конструкцию передвижного ж/б блиндажа.

41. Назовите минимальное расстояние размещения буровой установки от верхней бровки уступа.

42. Порядок обращения с аммиачной селитрой при изготовлении ПВС.

43. Порядок обращения с дизтопливом при изготовлении ПВС.

44. Требования к АБС при изготовлении ПВС.

45. Обязанности мастера-взрывника при зарядании скважин.

46. При какой глубине скважины необходима прокладка дублирующей линии ДШ?

47. Чему равна минимальная длина отрезков ДШ, выходящих из скважин?

#### **Тема 4: Технология взрывных работ на вскрышном уступе**

##### *Современные взрывчатые вещества для открытых горных работ*

Мировое годовое потребление промышленных ВВ составляет 7,5 млн.т. В США их производят около 2 млн.т, в России и Китае – по 1,2 млн.т. ЮАР и Австралия – по 0,9 млн.т, страны ЕС – 0,6 млн.т, в Украине – 0,1 млн.т. Анализ мирового опыта применения взрывчатых веществ свидетельствует о том, что объем ВВ, в состав которых входит тротил, постоянно уменьшается. В США использование таких промышленных ВВ запрещено почти 30 лет назад, в Европе – 20 лет назад.

Их заменили ПВС, ЭВВ и ГВВ, объем применения которых в промышленности США составляет 80%. В России этот показатель достигает 62% и в общем объеме выпуска промышленных ВВ эмульсионные опережают всю остальную номенклатуру выпускаемых составов.

Достоинствами применения ПВС, ЭВВ и ГВВ являются:

- возможность изготовления непосредственно на месте использования;
- невысокая стоимость по сравнению с традиционными ВВ;
- повышение экологической безопасности.

##### *Простейшие взрывчатые смеси*

К простейшим взрывчатым веществам относится игданит (АСДТ) – смесь аммиачной селитры (94%) с дизельным топливом (6%). В международной транскрипции она называется ANFO. Игданит обладает следующими преимуществами: не содержит в своем составе взрывчатых компонентов; простой технологией изготовления; низкой стоимостью.

Недостатком игданита является низкая физическая стабильность состава, обусловленная стеканием дизельного топлива с гранул аммиачной селитры за счет ее высокой гигроскопичности.

Поскольку АС покрыта тонким слоем своего водного раствора, то нефтепродукт с ней не смешивается. Поэтому затруднен поверхностный контакт нитрата аммония с жидким ДТ, в результате чего наблюдается расслоение нефтепродукта в заряде. Это приводит к снижению энергии взрыва на 30%. Для повышения физической стабильности игданита следует использовать пористую АС, а в качестве горючего компонента – дизельное топливо с индексом 3 или А с температурой застывания -35°C или -55°C. Возможно применение маловязких нефтяных масел.

На основе аммиачной селитры с добавлением горючих добавок создана бестротиловая простейшая взрывчатая смесь ПВС-1У, состав которой приведен в табл.4.1 и соответствует требованиям нормативных документов. Характеристики ПВС-1У приведены в табл.4.2.

Таблица 4.1 – Состав ПВС-1У

Состав	Значение, %
Аммиачная селитра марок А или Б	90
Дизельное топливо	3
Железородный концентрат	4
Угольный порошок	3

Таблица 4.2 – Характеристики ПВС-1У

Показатель	Ед.изм.	Значение
Плотность заряжания в скважине	кг/дм <sup>3</sup>	1,0
Кислородный баланс	%	- 0,05
Теплота взрыва	кДж/кг	3580
Объем газов взрыва	л/кг	905
Критический диаметр	мм	85
Скорость детонации	км/с	2,52

#### *Эмульсионные и гелеобразные взрывчатые вещества*

ЭВВ и ГВВ относятся к 1-му классу промышленных взрывчатых веществ и используются на открытых горных работах. ЭВВ имеют плотность, превышающую плотность воды, поэтому их можно применять как в сухих, так и в обводненных скважинах без дополнительных мероприятий. ЭВВ и ГВВ представляют собой смеси раствора окислителя с горючим. Смеси с твердым горючим называются *взвесьми*, а с жидким, нерастворимым в растворе окислителя горючим, - *эмульсиями*. Эмульсионные взрывчатые вещества являются продуктом эволюции акваторов, изобретенных в начале 70-х годов, которые изготовляли из горячего концентрированного раствора селитры с добавлением загустителя (крахмала, гуаргама) и тринитротолуола.

Эмульсии подразделяются на два типа: прямые - эмульсии масла в воде (М/В), и обратные - эмульсии воды в масле (В/М). Характеристики ЭВВ сведены в табл.4.3.

Таблица 4.3 - Характеристики ЭВВ

Марка ВВ	Теплота взрыва (ккал/кг)	Плотность заряжания (кг/м <sup>3</sup> )	Концентрация энергии (ккал/дм <sup>3</sup> )	Скорость детонации (км/с)
Украинит (Украина)	820	1200	960	4,5
Гелекс Р80 (Украина)	796	1300	996	5,2
Поремит (Россия)	690	1250	865	5,1
Гранемит (Россия)	870	1300	1130	4,6
Эмульхим ШМ (Россия)	840	1200	1008	4,8
ЭТВ-30 (Казахстан)	853	1250	1007	5,75
ЭТВ-40 (Казахстан)	830	1360	1096	5,95
ЭТВ-П (Казахстан)	803	1150	907	5,35
HEF 250 (MSI, США)	807	1150	928	4,9
Нобелит-2000 (Германия)	740	1150	858	4,5
Дупо SL-700 (Швеция)	765	1000	765	4
Нобелит DN (Швеция)	526	1230	647	5,7
Элаунит 710 (Китай)	827	1200	940	5,32
Элацит 710 (Болгария)	635	1250	794	5,65
ERT (Испания)	835	1350	980	5,0
Ламбрекс-1 (Австрия)	765	1200	918	5,6
Кимит (Финляндия)	750	1200	900	4,6
Шита-Майт (Япония)	700	1150	805	5,3

### *Технология заряжания скважин*

Заряжание скважин выполняется механизировано или, в виде исключения, вручную. Для механизированного заряжания скважин гранулированными ВВ используются зарядные машины МЗ-3Б или МЗ-4. Их технические характеристики приведены в приложении В7.

После окончания заряжания приступают к забойке оставшейся свободной части скважины. Следует не допускать взрывания без забойки, т.к. при этом усиливается воздействие воздушной ударной волны, увеличивается разлет породы и недостаточно используется энергия взрыва на измельчение породы. Засыпка в скважины ВВ и забойки должна выполняться таким образом, чтобы не оборвать детонирующий (огнепроводный) шнур или электропровод.

Для уменьшения трудозатрат и повышения надежности при заряжании скважин с образованием воздушных промежутков разработаны и изготавливаются *мешки воздушных промежутков скважинные* - мешки ВПС [6]. Они используются для создания воздушных промежутков в скважинных зарядах, отделения сухих верхних частей зарядов из неводоустойчивых взрывчатых веществ от нижних обводнённых частей скважинных зарядов, а также рассредоточения зарядов в обводненных частях скважин.

Мешки ВПС состоят из рукавов, воронок, колец и грузов. Из рукавов изготавливают мешки, прошивая или перевязывая нижние торцы рукавов. Воронки пришивают к верхним торцам мешков. Кольца вшивают в верхние части воронок. Грузы привязывают у дна мешков к нижним торцам рукавов. Рукава изготавливают из полипропиленовой ткани или полиэтиленовой плёнки. Диаметры рукавов на 10-20 мм больше диаметров скважин, в которых размещаются мешки ВПС. При наполнении материалом мешки удерживаются в неподвижном положении за счет сил трения мешка о стенки скважин.

Кольца изготавливают из стальной проволоки диаметром 4-6 мм. Диаметры колец на 200 мм больше диаметра скважин, в которые размещаются мешки ВПС. Мешки ВПС в транспортном положении намотаны на кольца. Изготовление воронок из полипропиленовой ткани уменьшает транспортные габариты мешков ВПС.

При установке мешки и воронки разматывают с колец и при помощи грузов опускают в скважины. Кольца опираются на устья скважин и удерживают мешки раскрытыми в заданном положении. При этом дно мешка располагается в скважине на глубине, равной длине мешка ВПС. Создание преграды в скважине дном мешка с диаметром, большим диаметра скважины, позволяет разделить заряд в требуемом месте с оставлением под ним воздушного промежутка. По мере заполнения усилие затягивания мешка в скважину уменьшается до полного распора мешка о стенки скважины. Полный распор происходит при равенстве давления ВВ на дно мешка и силы трения мешка о стенки скважины. При коэффициенте трения 0,2 (мокрые грязные стенки) распор материала о стенки скважины произойдет при загрузке в мешок ВПС материала, занимающего пять диаметров скважины.

Масса материала для полного распора для скважин  $\varnothing 214$ , длиной 1070 мм, составляет 31-36 кг; для скважин  $\varnothing 244$  и длиной заряда 1220 мм - 40-47 кг, соответственно. Дальнейшая загрузка в мешки ВПС любого количества ВВ и забоечного материала не приводит к их затягиванию.

### *Конструкция сплошного скважинного заряда*

Конструкция сплошного скважинного заряда приведена в ПЗ №6. В связи с тем, что скважинные заряды могут иметь различную (достаточно большую) длину, т.е. являются удлиненными, для поддержания устойчивой незатухающей детонации по всей колонке протяженного сплошного заряда ВВ, особенно низкочувствительного к детонационному импульсу, требуется установка нескольких боевиков со штатными средствами инициирования по длине колонки заряда. Это усложняет процесс монтажа взрывной сети, снижает надежность и безотказность срабатывания скважинного заряда ВВ. Известно, что устойчивая (стационарная) скорость детонации  $D_{ВВ}$  гранулированного или водосодержащего ВВ при нормальном инициировании устанавливается на длине участка разгона, равном 2-3-м диаметрам заряда.

При взрывании удлиненными зарядами из низкочувствительных ВВ, особенно в скважинах малого диаметра, невозможно обеспечить устойчивую скорость детонации по всей длине колонки заряда. При недостаточном инициирующем импульсе детонация ВВ может протекать в затухающем режиме.

Ударная волна, распространяющаяся по колонке заряда ВВ, вызывает срабатывание инициатора взрыва с дополнительным промежуточным детонатором с последующим разгоном детонации на участке заряда длиной  $L_p$  до устойчивого стационарного режима.

#### *Конструкция скважинного заряда с промежутками*

Для повышения эффективности взрывных работ в производственной практике также применяют технологию взрывания скважинных зарядов с осевыми и радиальными воздушными или водными промежутками, позволяющими за счет изменения внутренней газодинамики расширяющихся продуктов взрыва управлять импульсом взрыва и длительностью его воздействия на стенки скважины, а также осуществлять многократное нагружение горного массива энергией взрыва.

Конструкция скважинного заряда с одним воздушным промежутком приведена в [6]. Осевые *воздушные* промежутки позволяют осуществлять перераспределение энергии взрыва непосредственно на дробление за счет сокращения энергозатрат на пластические деформации и переизмельчение горного массива вблизи заряда. При этом инициирование отдельных участков ВВ разной длины  $l_{\text{заряда}_i}$  обычно осуществляется боевиками при помощи детонирующих шнуров или неэлектрических систем взрывания. Детонация разных по длине участков рассредоточенного заряда завершается, как правило, одновременно. При этом взаимодействующие в воздушном промежутке продукты детонации сильно различаются по массе, скорости и запасу энергии, что приводит в процессе столкновения газовых потоков к образованию в направлении оси заряда новых результирующих ударных волн, значительно меньшей интенсивности, что может привести к снижению КПД взрыва.

Длины участков скважинного заряда, разделенных воздушными промежутками, определяются количеством и местом установки боевиков, а также способом инициирования. Участки ВВ могут быть выполнены из взрывчатого вещества с одинаковой скоростью детонации или из нескольких взрывчатых веществ, отличающихся по скорости детонации. Детонация рассредоточенных участков скважинного заряда ВВ вызывается инициирующими импульсами боевиков (промежуточных детонаторов). Боевики могут располагаться на границе разделов (забойка – ВВ; ВВ – воздушный промежуток; ВВ – дно скважины), в средних частях участка или в любом сочетании мест, указанных выше. Инициирование боевиков осуществляется мгновенно или с замедлением – электрическими или неэлектрическими детонаторами, а также электронным способом, например, с использованием многоканальных программируемых взрывных приборов. В каждом участке заряда устанавливаются один или несколько боевиков, инициируемых таким образом, чтобы детонация ВВ на всех участках заряда завершалась одновременно.

При применении зарядов с рассредоточенными воздушными промежутками используются следующие **технологические способы их создания**.

1) Размещение в скважинах приспособлений, состоящих из деревянных или пластмассовых дисков и деревянных стержней. Диаметр дисков составляет 0,8-0,95 диаметра скважины, длина стержней равна длине воздушного промежутка. Для предупреждения просыпания ВВ зазор между стенкой скважины и диском уплотняют бумагой или полипропиленовой тканью мешков из под ВВ.

2) Подвешивание на уровне верхней части воздушного промежутка преграды, препятствующей просыпанию ВВ. Преграда может быть изготовлена из небольшого количества ВВ (10-15 кг), упакованного в бумажный патрон или патрон другой конструкции. Подвешивание преграды производится на прочном шнуре, прикрепленном к деревянному бруску, длиной большей диаметра скважины, расположенному поверх устья скважины. Для

предупреждения просыпания ВВ зазор между стенкой скважины и преградой уплотняется бумагой или полипропиленовой тканью мешков из под ВВ.

3) Перегораживание скважины на уровне верхней части воздушного промежутка эластичными оболочками, накачанными сжатым воздухом или газом. Газ выделяется при химической реакции веществ, размещенных в оболочке, после их опускания в скважину на заданную глубину. Вследствие неровной поверхности стенок скважин без дополнительного уплотнения возможно просыпание ВВ верхней части заряда между стенками эластичной оболочки и стенками скважины. Возможна также потеря газа из оболочки и, как следствие, просыпание ВВ из верхней части заряда.

**Применение зарядов с воздушными промежутками**, кроме улучшения измельчения горных пород, сокращает удельный расход ВВ на 10-25%. Выход негабаритных блоков уменьшается в 2-3 раза. При этом выход горной массы с одного метра скважины увеличивается в 1,5 раза. Производительность экскаватора при погрузке более мелко и равномерно раздробленной горной массы возрастает на 13-50%. Также снижается сейсмическое действие взрыва. Кроме этого повышается угол откоса уступа, развал взорванной горной массы становится более компактным и удобным для выемки, значительно уменьшаются заколы вглубь массива.

При формировании скважинного заряда из отдельных участков взрывчатого вещества, разделенных **жидкостными** промежутками, детонация всех рассредоточенных участков заряда ВВ при срабатывании боевиков завершается одновременно. Плотность жидкостных промежутков в таких зарядах изменяется в пределах 800-1400 кг/м<sup>3</sup>. Одновременное завершение детонации при срабатывании боевиков обеспечивается оптимальным соотношением длины активного участка заряда ВВ, расположенного между границей раздела «ВВ – жидкостный промежуток» и центром установки ближайшего боевика, и длины жидкостных промежутков.

Для создания жидкостных промежутков можно использовать воду, водный или водно-гликолевый раствор неорганического окислителя, карбамида, пламягасящих солей, а также различные недетонирующие технические водно-масляные эмульсии. Разрушение горной породы взрывом зарядов, разделенных жидкостными промежутками, основано на механизме воздействия на стенки скважины гидроударной волны, создаваемой продуктами взрыва и вызывающей гидропоток с образованием дополнительных областей кавитации. Под действием взрыва активного участка заряда, расположенного между границей раздела ВВ с жидкостным промежутком и ближайшим к нему боевиком, жидкость переходит в парообразное состояние (парогаз). Расширяясь, парогаз действует своим парциальным давлением на стенки скважины, проникает в трещины породного массива и, за счет эффекта расклинивания, обеспечивает более интенсивное дробление горной породы. За счет комбинированного воздействия при взрыве энергии ударных волн, гидропотока и зон кавитации осуществляется многократное нагружение горных пород и увеличивается время активного воздействия продуктов взрыва на разрушаемый массив.

Для усиления радиального действия взрыва в скважинном заряде также создают промежутки из *инертного* материала – буровой мелочи.

### **Управление импульсом взрыва**

Управлять характером взрывного разрушения массива можно изменением величины и направления импульса взрыва. Взрыв создает ударную волну. Расчет ее параметров свидетельствует, что давление на фронте падающей волны составляет  $(2-3) \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup> в зависимости от типа ВВ. Достигнув дна скважины, падающая ударная волна отражается, при этом на ее фронте давление возрастает до  $1,7 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup> и больше. Это значительно превышает прочность породы, приводит к ее переизмельчению и дополнительным затратам энергии на разрыв межмолекулярных связей.

Усиление давления на фронте ударной волны в процессе отражения является основным фактором, приводящим к диссипативным потерям энергии на бесполезное

сотрясение массива. Для перераспределения импульса взрыва из осевого направления в радиальное в донной части скважины размещают дополнительные устройства (рис.4.1) – **рефракторы** (устройство для отклонения ударной волны и продуктов детонации) [6, 9].

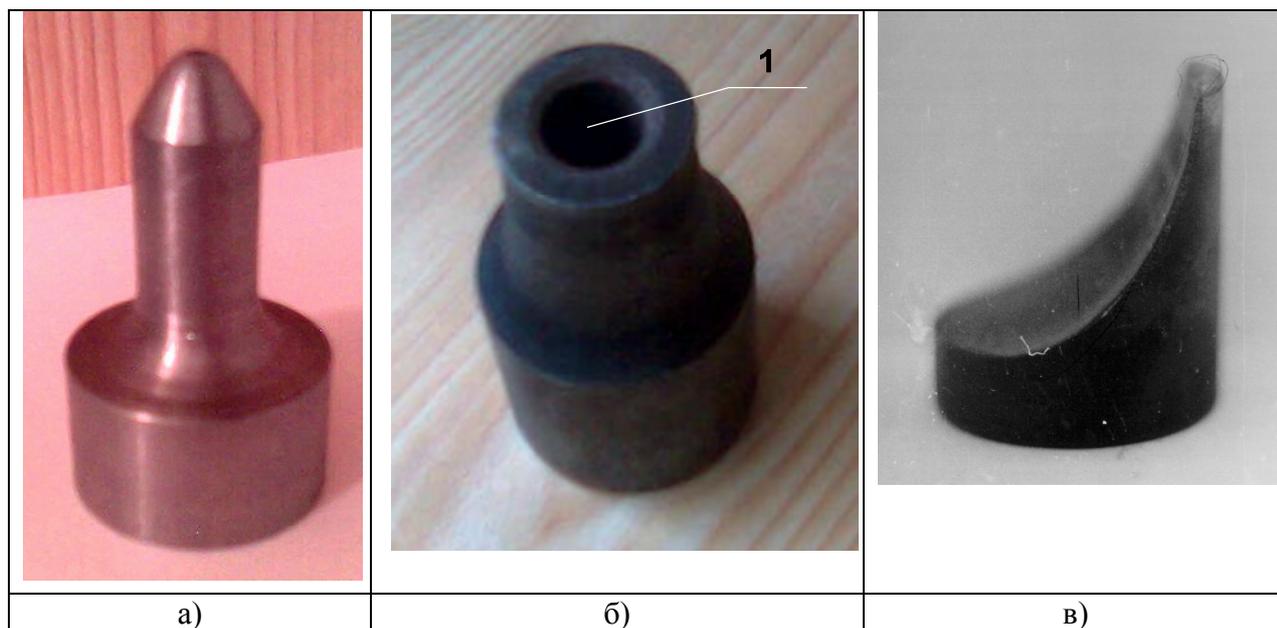


Рисунок 4.1 –Рефракторы: а) для осесимметричного перераспределения импульса взрыва; б) для скважинного заряда на контакте пород разной прочности: 1 – осевой канал; в) для асимметричного перераспределения импульса взрыва

*Конструкция скважинного заряда с рефрактором для осесимметричного перераспределения импульса взрыва*

Для повышения коэффициента использования скважины (КИС) и более равномерного измельчения породы используют рефрактор, обеспечивающий осесимметричное перераспределение продуктов взрыва (рис.4.1, а). Его рациональными параметрами являются: диаметр цилиндрической части  $D$ ; общая длина рефрактора  $H$ ; длина цилиндрической части  $h$ ; радиус поверхности сопряжения  $R$ ; диаметр головной части  $d$ , а также параметры затупленного конуса, которым заканчивается головная часть: длина  $h_k$ , радиус затупления  $r$ , полуугол при вершине  $\alpha$ . Диаметр цилиндрической части  $D = d_{скв}$ . Боковая поверхность рефрактора образована вращением ломанной кривой второго порядка вокруг вертикальной оси с закругленной головной частью, обеспечивающей минимальное сопротивление продуктам взрыва. Необходимым условием является плавность профиля, обеспечивающая разворот потока продуктов взрыва, движущегося в середине скважины. Многократно отраженные от стенок скважины продукты взрыва, сталкиваясь с криволинейной поверхностью сопряжения головной и цилиндрической частей рефрактора, также перераспределяются в радиальном направлении, т.е. перпендикулярно к оси заряда. Исследования формы головной части рефрактора свидетельствуют о том, что при увеличении ее диаметра  $d$  в интервале  $(0 - 0,38) \cdot d_{скв}$  осевой импульс взрыва увеличивается, потому что передается через торец головной части и боковую поверхность.

При значениях диаметра больших  $0,38 \cdot d_{скв}$  происходит все больший отход головной волны от боковой поверхности рефрактора. Осевой импульс уменьшается вследствие увеличения полуугла  $\alpha$  при вершине конуса обтекания. Продукты детонации «подрезаются» осевой ударной волной, изменившей свое направление. Площадь их соприкосновения с боковой поверхностью уменьшается. При дальнейшем увеличении диаметра головной части рефрактора возрастает лобовое сопротивление. Пропорционально ему возрастает осевой импульс, который достигает минимального значения при значении диаметра головной части

$d = 0,4 \cdot d_{скв}$ . Существенное влияние на перераспределение импульса взрыва из осевого направления в радиальное оказывает длина рефрактора  $H$ . Поскольку рефрактор создает промежуток в скважинном заряде, то для определения его влияния выполнено сравнение экспериментальных зависимостей осевого импульса взрыва от длины воздушного промежутка и от длины рефрактора. Рациональная длина -  $H = 1,97 \cdot d_{скв}$ .

Другие рациональные параметры рефрактора для осесимметричного перераспределения импульса взрыва, соответственно, составляют:  $h = 0,2 \cdot H$ ;  $R = 0,5 \cdot (D - d)$ ;  $h_{к} = 0,15 \cdot H$ ;  $r = 0,18 \cdot d$  и  $\alpha = 41,4^\circ$ .

Скважинный заряд с использованием рефрактора работает следующим образом. При взрыве промежуточного детонатора (гексаген-тротиловой шашки ТГ-400 с ЭД) и заряда ВВ ударная волна распространяется ко дну скважины. Продукты взрыва, перемещающиеся в направлении дна скважины, после встречи с рабочей поверхностью рефрактора изменяют свою форму. Они из потока цилиндрической формы, движущегося вдоль оси скважины, переходят в поток плоской формы, направление движения которого относительно первоначального изменяется на  $90^\circ$ . При этом энергия продуктов детонации направляется на выполнение полезной работы по подрезанию породного массива в донной части скважины. Использование таких рефракторов обеспечивает значения коэффициента использования скважины, близкие к 1.

#### *Конструкция скважинного заряда, содержащего рефрактор с осевым каналом*

Если скважина пересекает горные породы разной прочности, то в месте их контакта размещают рефрактор с осевым каналом. Он усиливает влияние продуктов детонации (рис. 4.1, б) в требуемой зоне. Осевой канал (1) в рефракторе необходим для того, чтобы сдетонировала нижерасположенная часть заряда. Для предотвращения затухания детонации диаметр осевого отверстия должен быть больше критического для данного типа ВВ. Торцевая поверхность рефрактора, который примыкает к патронам ВВ, плоская. Назначение и форма боковой поверхности аналогичны описанным выше. При этом в конструкции скважинного заряда используется 2 рефрактора: для осесимметричного перераспределения продуктов взрыва и с осевым каналом. Заряд работает следующим образом. При взрыве промежуточный детонатор, в качестве которого используют тротиловую (Т-400) или гексаген-тротиловую (ТГ-400) шашку с ЭД или ДШ, инициирует заряд ВВ.

Продукты детонации распространяются вдоль оси заряда в направлении дна скважины. Встретив рефрактор с осевым каналом, установленный на контакте пород разной крепости, они изменяют форму потока и направление движения из осевого в радиальное. Тем самым оказывается более интенсивное влияние на прочный слой горных пород. Часть продуктов детонации проходит сквозь осевой канал рефрактора, приобретает кумулятивные свойства и инициирует нижерасположенную часть заряда. Рефрактор, который размещается в донной части скважины, выполняет функции, описанные выше. В скважинах значительной длины (большей 25 м) при необходимости устанавливают несколько рефракторов с осевым каналом (промежуточных).

#### *Конструкция скважинного заряда с рефрактором для асимметричного перераспределения импульса взрыва*

Рефрактор для асимметричного перераспределения импульса взрыва (рис. 4.1, в) используют с целью сохранения массива горных пород за контуром буровзрывного блока. Его изготавливают в виде пространственной конструкции, созданной пересечением боковой поверхности основного цилиндра другим (секущим). Ось секущего цилиндра перпендикулярна оси основного. При этом торцевая поверхность одного цилиндра, примыкающая ко дну скважины, плоская. Боковая поверхность рефрактора имеет плавный профиль, обеспечивающий постепенное сужение потока ПД и его разворот в радиальном направлении от оси заряда.

При этом цилиндрическая форма потока продуктов взрыва изменяется на плоскую, распространяющуюся в середину буровзрывного блока. Поток газов взрыва подрезает породный массив в донной части скважины, доводя коэффициент использования скважин до значения, близкого к 1.

#### Контрольные вопросы к теме 4

1. Назовите объем мирового потребления промышленных ВВ.
2. Доля применения ПВС и ЭВВ.
3. Достоинства ПВС и ЭВВ.
4. Технические характеристики ПВС-1У.
5. Как заряжают обводненные скважины?
6. Конструкция мешка для создания воздушных промежутков в скважине (ВПС).
7. Изобразите конструкцию сплошного скважинного заряда.
8. Для чего нужны воздушные или инертные промежутки в конструкции скважинного заряда?
9. Изобразите конструкцию скважинного заряда с воздушными промежутками.
10. Технология создания воздушных промежутков.
11. Назовите достоинства скважинного заряда с жидкостными промежутками.
12. Что такое рефрактор? Его местоположение в заряде.
13. Изобразите конструкцию рефрактора для осесимметричного перераспределения импульса взрыва.
14. Изобразите конструкцию рефрактора для скважинного заряда на контакте пород разной прочности.
15. Изобразите конструкцию рефрактора для асимметричного перераспределения импульса взрыва.

#### Тема 5: Реконструкция карьеров с использованием подземных горных выработок

##### *Подземные горные выработки в карьерах*

Современный высокопроизводительный карьерный комплекс наряду с открытыми горными выработками включает совокупность подземных выработок, основное назначение которых: транспорт горной массы, материалов и оборудования, горнорабочих и надзора; дробление полезного ископаемого; водоотлив подземных и ливневых вод.

Типовые схемы подземных горных выработок, эксплуатируемых на карьерах, приведены на рис. 5.1 - 5.4.

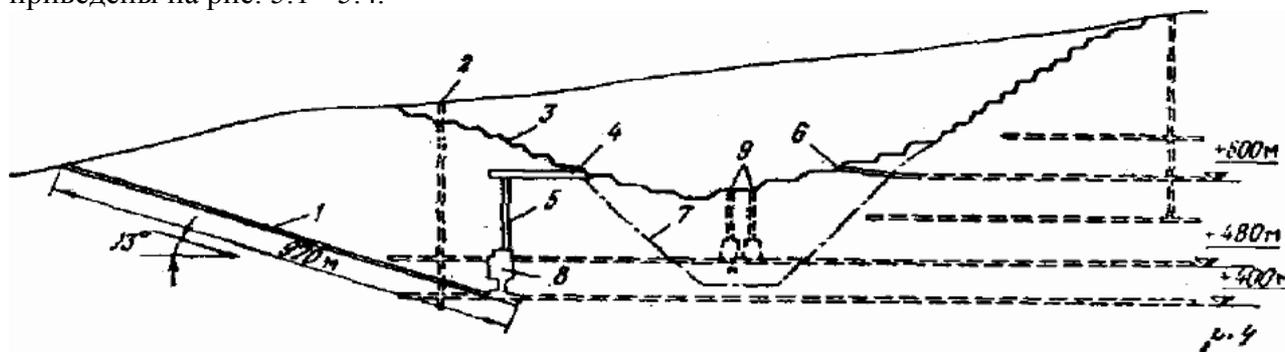


Рисунок 5.1 - Схема транспортировки руды из карьера: 1, 2 - наклонный и вспомогательный стволы подземного рудника, соответственно; 3 – существующий контур карьера; 4 - подземный перегрузочный узел; 5 - рудоспуски; 6 – откаточная штольня; 7 - предельный контур карьера; 8 - дробильный комплекс рудника; 9 - рудоспуск

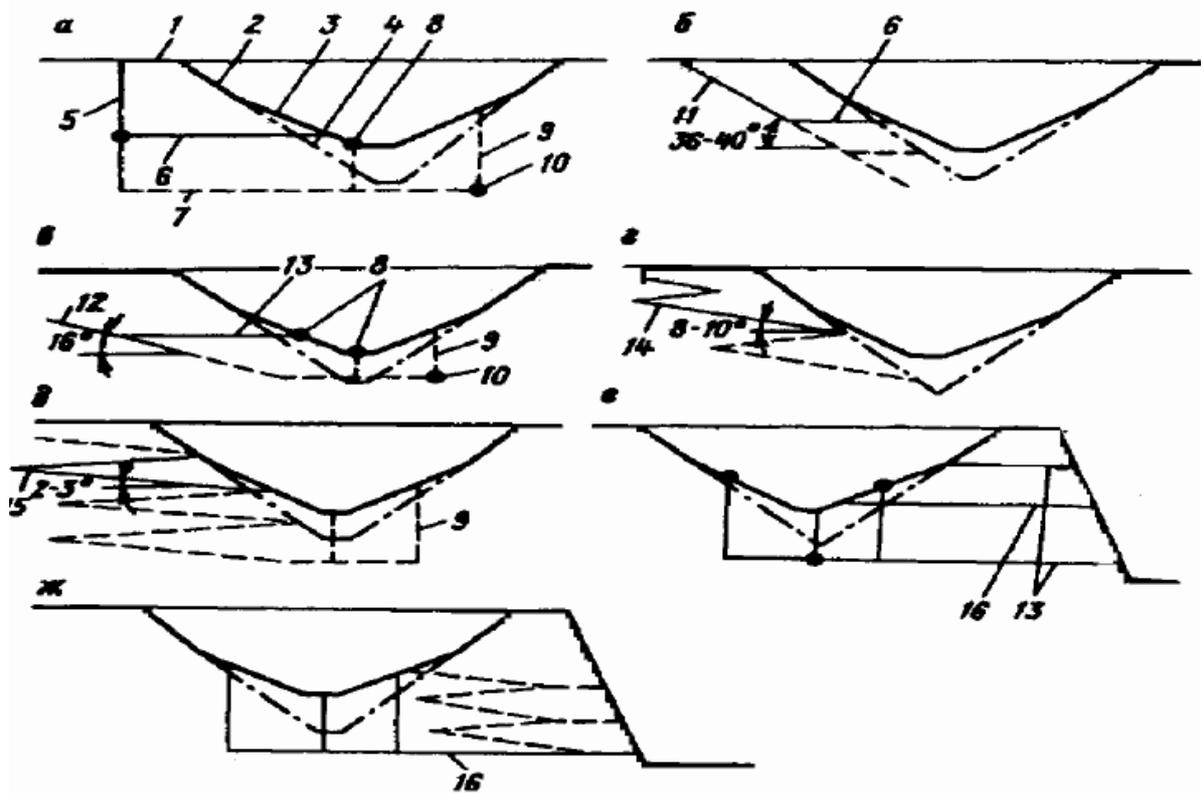


Рисунок 5.2 - Схемы использования подземных выработок на карьерах: а - ж — варианты; 1- дневная поверхность; 2- нерабочий борт карьера; 3 - рабочий борт карьера; 4 - предельный контур карьера; 5, 9- вертикальные стволы; 6, 13, 16 - штольни; 7- квершлаг; 8- дробильные установки в камере карьера; 10- дробильная установка в подземной выработке; 12 - наклонный конвейерный ствол; 14- автомобильный ствол; 15- железнодорожный ствол

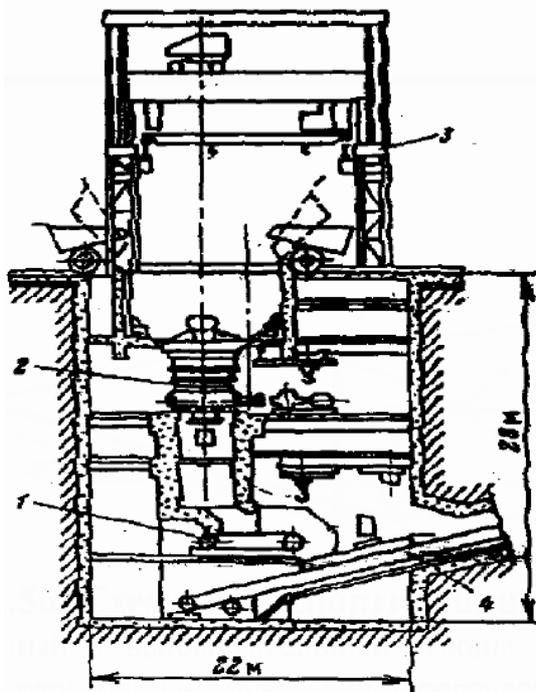


Рисунок 5.3 - Дробильная камера: 1 - пластинчатый питатель; 2 - конусная дробилка; 3 - эстакада; 4 - ленточный конвейер

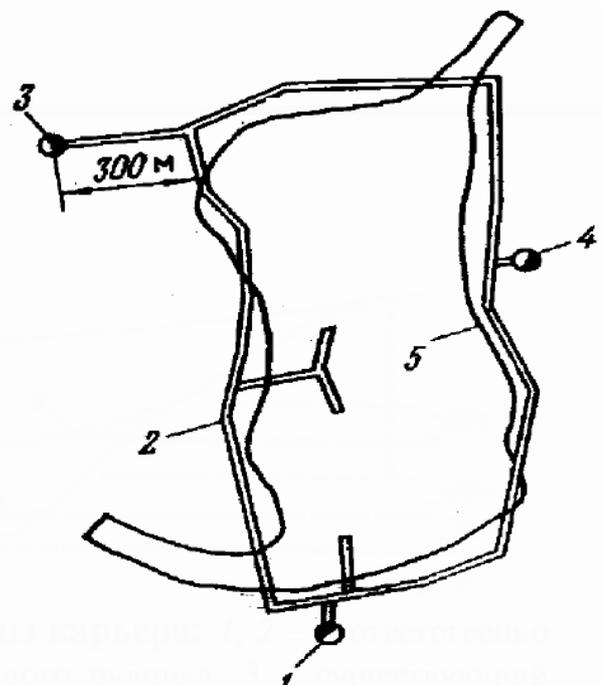


Рисунок 5.4 - Подземный водоотлив: 1, 3, 4 - стволы; 2 - дренажные выработки; 5 - контур карьера

### Карьерные рудоспуски

На нагорных карьерах, когда угол наклона косягора превышает  $20^\circ$ , также используют вертикальные горные выработки - рудоспуски и рудоскаты.

По месту расположения относительно контура карьера различают внутренние и внешние рудоспуски. Они состоят из устья, ствола и спусковых устройств (рис. 5.5). Ствол рудоспуска - вертикальный (иногда наклонный), круглого сечения диаметром 3-6 м. Иногда имеет квадратное сечение. Как правило, рудоспуски не крепят.

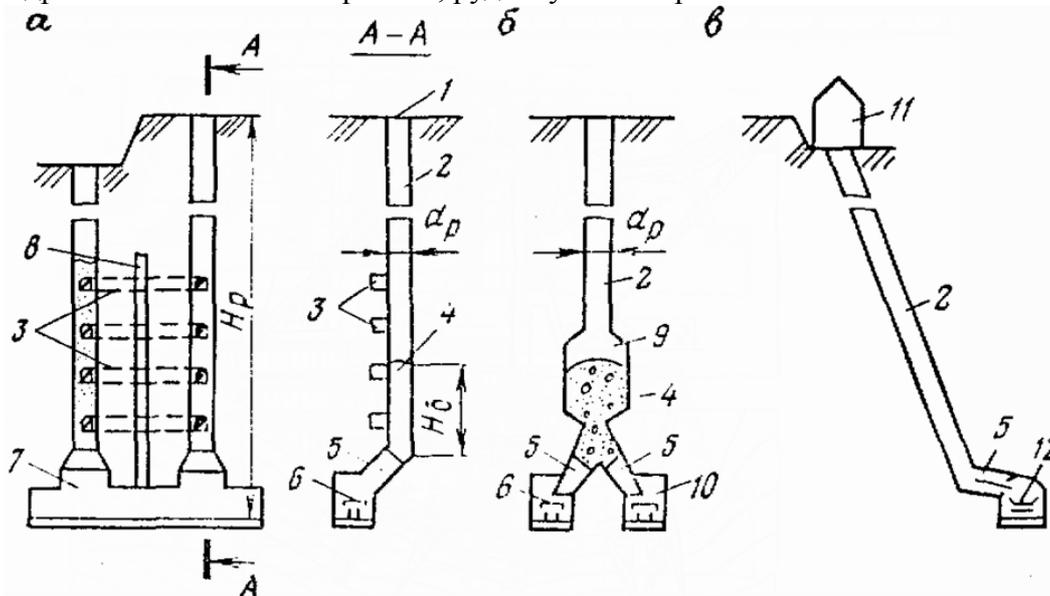


Рисунок 5.5 - Схема карьерных рудоспусков: а - внутренний вертикальный; б - то же, с аккумулярующей камерой; в - внешний наклонный; 1 - устье; 2- ствол; 3 - смотровые ходки; 4 - буферный столб; 5 - выпускные устройства; 6 - думпкар; 7 - штольня; 8 - контрольный восстающий; 9 - аккумулярующая камера; 10 - погрузочная камера; 11- перегрузочный пункт с дробилкой; 12 - конвейер

Ствол рудоспуска - вертикальный (иногда наклонный), круглого (диаметра  $d_p = 3 \div 6$  м), реже квадратного сечения. При этом  $d_p \geq 3 \cdot d_k$ , где  $d_k$  - размер максимального куска. Как правило, рудоспуски не крепят. Для контроля за движением руды и ликвидации зависания параллельно нижней части рудоспуска (рис. 5.5) проходят контрольный восстающий высотой 50 м и более, который через 10-12 м соединяют со стволом смотровыми ходками.

Общая глубина рудоспусков  $H_p$  на карьерах изменяется в пределах 50-700 м.

Из нижней части ствола руда перегружается в железнодорожные вагоны или на конвейер через люковые выпускные устройства, состоящие из днища и затворов.

Днище ствола - обычно плоская, армированная металлом односкатная или двухскатная поверхность с углом наклона  $\alpha$  до  $50^\circ$ . Минимальное сопротивление истечению вязкой рудной массы оказывает круглое выпускное отверстие, однако по условию проходимости крупных кусков более благоприятно прямоугольное сечение при соотношении сторон 1:1,5. Выпуск руды регулируется с помощью пальцевых затворов.

Надёжность эксплуатации рудоспусков определяется, в первую очередь, предотвращением сводообразования (зависания руды) и разрушения их стенок.

Профилактические мероприятия включают:

- уменьшение содержания снега в поступающей руде;
- понижение температуры замерзания рудной массы;

- предотвращение переуплотнения магазинированной руды и связанное с этим установление рационального режима работы рудоспуска, определяющего его производительность.

В зимний период заснеженность разгружаемой в рудоспуск горной массы не должна превышать 5%. При небольшом объеме работ возможно орошение руды растворами солей NaCl или CaCl<sub>2</sub>. Сильно заснеженную руду вывозят на специальные рудные склады до лета.

Предотвращение переуплотнения руды в рудоспусках достигается: использованием наклонного рудоспуска, заполнением рудой части рудоспуска по глубине (созданием буферного столба) с постоянным пополнением убывающего количества руды по мере выпуска, расширением нижней части рудоспуска с созданием аккумулялирующей камеры, предварительным дроблением руды, комбинацией указанных способов.

Срезку (погашение) рудоспусков производят с предварительным заполнением или без заполнения их рудой (рис.5.6). При первом способе срезаемый слой около рудоспуска обуривают скважинами, взрывают, а выемку производят экскаваторами. При втором способе взорванную породу сталкивают в рудоспуск бульдозером.

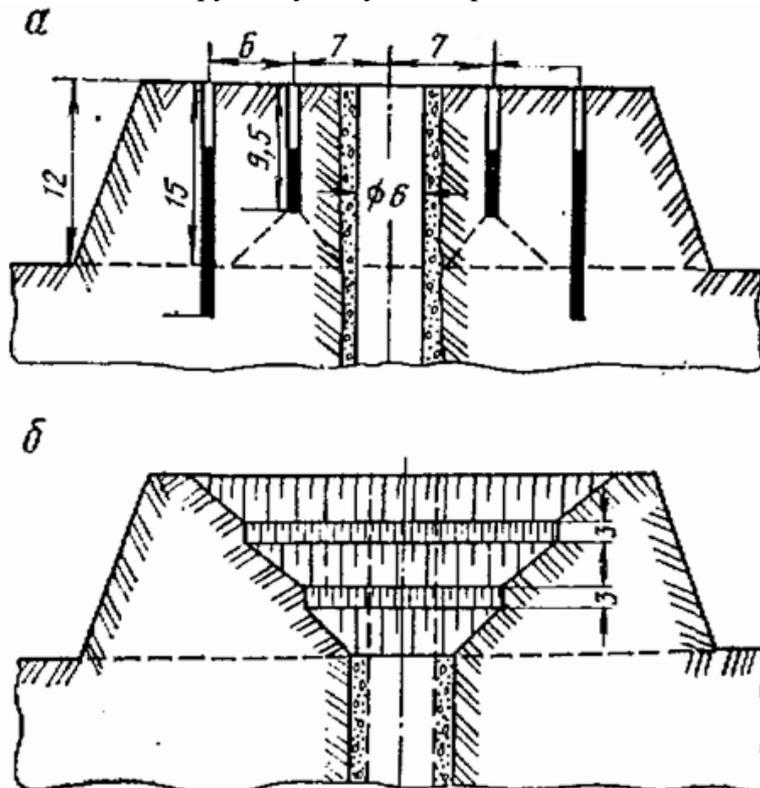


Рисунок 5.6 - Схема погашения внутренних рудоспусков при наличии (а) и отсутствии (б) экскаваторной выемки

Достоинства карьерных рудоспусков: минимальное расстояние транспортирования (в 3-20 раз меньше, чем автосамосвалами), относительно небольшие капитальные вложения, низкие эксплуатационные расходы, небольшие трудоёмкость и энергоёмкость, гибкость связи между сборочным и внешним транспортом.

Недостатки: зависимость от климатических условий и свойств руды, жесткие требования к режиму эксплуатации, значительный износ транспортных устройств и выработок, затруднения с разделением руд по сортаменту. Преимущественная область применения рудоспусков – нагорные карьеры, когда угол наклона косогора превышает 20°.

### **Карьерные рудоскаты**

Рудоскаты, устраиваемые на естественных склонах нагорных карьеров, различаются: по углу наклона (наклонные, крутые и весьма крутые соответственно при угле до 45,45-60, и 60-80°); по форме в плане, профиле, поперечном сечении; по конструктивному устройству (типу покрытия и виду погрузочных устройств на нижней площадке).

Рудоскаты с бункерами и специальными погрузочными устройствами (рис. 5.7, а) целесообразно применять в южных районах либо при сезонном режиме работ, так как зимой горная масса в нижней закрытой части скатов замерзает и зависает. Высота таких рудоскатов ограничивается (до 60-80 м) для предотвращения разрушения погрузочных устройств.

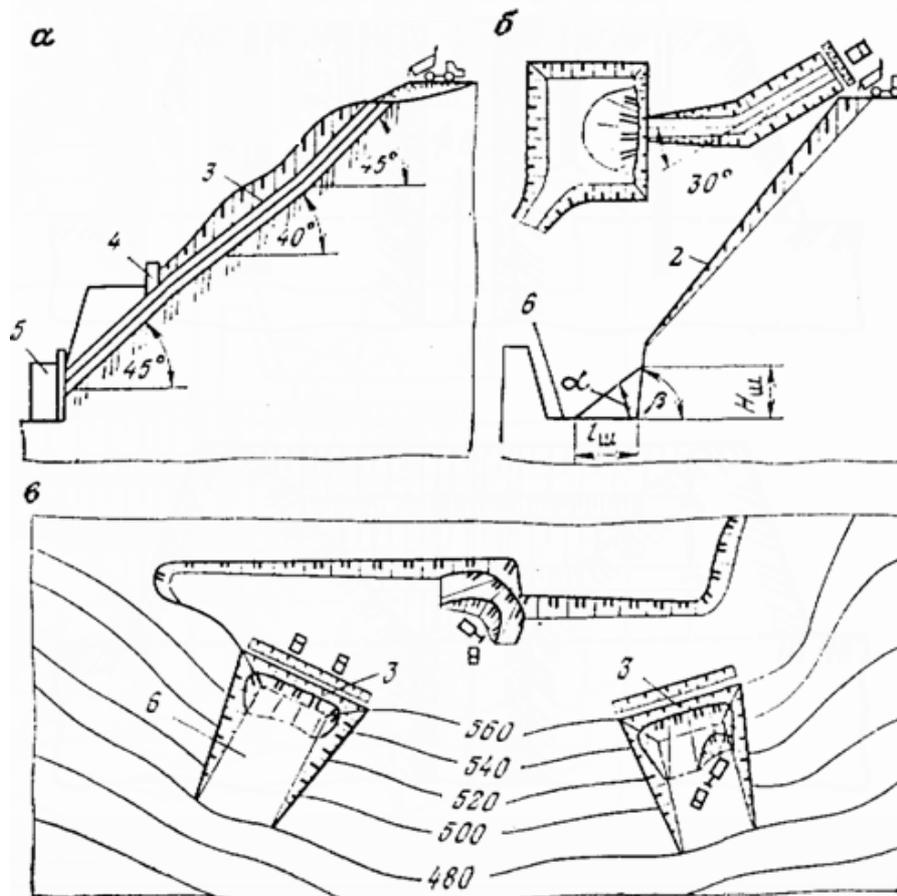


Рисунок 5.7 - Схема карьерных рудоскатов: 1 - разгрузочная площадка; 2 - нефутерованный скат; 3 - футерованный скат; 4 - защитная стенка; 5 - бункер с погрузочными устройствами; 6 - приёмная площадка

Рудоскаты без погрузочных устройств надежны в любых климатических условиях независимо от высоты перепада горной массы, просты по устройству, но обуславливают дополнительную переэкскавацию породы (рис. 5.7, б, в). Они состоят из верхней разгрузочной площадки, собственно ската и нижней приемной площадки, где работает экскавационное оборудование. Ширина подошвы рудоската должна не менее чем в 3 раза превышать максимальный размер транспортируемого куска.

Производительность безбункерных рудоскатов зависит в первую очередь от конструкции их нижних частей, а рудоскатов с перегрузочными устройствами - от вместимости бункеров и интервала подачи транспортных средств

### **Обоснование перехода траншеи в туннель**

С увеличением глубины разработки наклонных и крутых залежей усложняются условия вскрытия глубоких горизонтов карьеров, особенно при использовании железнодорожного транспорта. Вскрытие наклонными железнодорожными туннелями рабочих горизонтов карьеров глубинного вида характеризуется выходом туннеля непосредственно в рабочую зону карьера (рис. 5.8). Туннель может проводиться с поверхности или с промежуточной отметки.

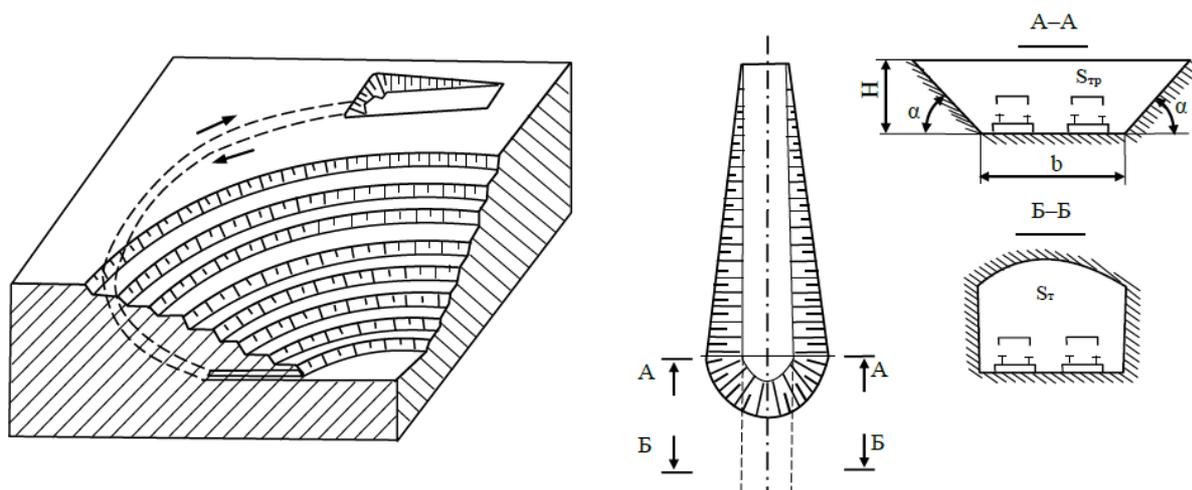


Рисунок 5.8 - Вскрытие глубоких горизонтов железнодорожным туннелем и схема к расчету границы перехода траншеи в туннель

Применение железнодорожных туннелей, проводимых с поверхности для вскрытия глубоких горизонтов, позволяет:

- уменьшить объем горных работ по разносу нерабочих бортов карьеров в результате сокращения числа транспортных берм и площадок для размещения тупиков;
- сократить расстояние транспортирования горной массы, так как туннели могут выходить на поверхности непосредственно к пунктам приема карьерных грузов;
- увеличить пропускную способность трасс и улучшить условия работы транспорта при использовании простой формы трассы;
- вскрывать новые горизонты и формировать нужные грузопотоки породы и руды независимо от ведения горных работ на вышележащих уступах, т. е. не нарушать режима работы предприятия.

Преимущества применения туннелей позволяют существенно увеличить возможную глубину погружения трассы железнодорожных путей. Основная область применения туннелей – вскрытие глубоких горизонтов (200-250 м и более) при грузообороте 40-50 млн. т/год и более и использовании в карьере железнодорожного или комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта с уклоном путей 50-80%.

Туннели (обходные) необходимы также для развязки пересекающихся грузопотоков горной массы. Начиная с глубины 80–100 м использование туннелей эффективнее, чем мостов.

С поверхности целесообразно сначала проводить внешнюю траншею продолжением которой является туннель (рис. 5.8), так как затраты на проведение траншеи до определенной глубины будут меньше затрат на сооружение туннеля. На границе перехода капитальной траншеи в туннель затраты (тг/м) на проведение обеих выработок должны быть равны

$$S_{mp} \cdot c_{mp} = S_m \cdot c_m \text{ или } H \cdot (b + H \cdot ctg\alpha) \cdot c_{mp} = S_m \cdot c_m,$$

где  $S_{mp}$  и  $S_m$  – площадь поперечного сечения соответственно капитальной траншеи и туннеля, м<sup>2</sup>;  $c_{mp}$  и  $c_m$  – удельные затраты на проведение соответственно капитальной траншеи и туннеля, руб./ м<sup>3</sup>;  $b$  – ширина траншеи, м.

### **Технология строительства транспортных туннелей**

В зависимости от глубины заложения туннеля для его сооружения применяют открытый или горный способ работ.

В первом случае с поверхности земли роют котлован, в котором сооружаются конструкции туннеля, а затем производят обратную засыпку с восстановлением нарушенной поверхности.

При горном способе разработка породы (проходка) и возведение обделки выполняются через стволы шахт или входные участки туннеля (порталы).

Технологии проведения выработок и производства туннельных работ отличаются большим разнообразием. Основные из них — горные и щитовой.

Сооружение туннеля горным способом включает 2 основных этапа:

- разработку и удаление породы;
- возведение в выработке постоянной конструкции — обделки.

В зависимости от свойств горных пород раскрытие выработки ведут по частям или за один приём (на полный профиль).

Разработка породы производится, как правило, буровзрывным способом с помощью бурильных машин большой мощности и механизацией погрузки и выдачи породы при поточной системе организации работ по длине туннеля. Для бетонирования обделки используют передвижные металлические опалубки, обеспечивающие возможность применения бетоноукладочных машин.

При проходке туннеля сплошным забоем раскрытие выработки производят на полный профиль, для чего применяют специальное горнопроходческое оборудование — буровые подмости, самоходные буровые рамы, установки и агрегаты. Бетонирование обделки осуществляют при помощи бетононасосов или бетоноукладчиков.

Проектирование конструкции обделки железнодорожных и автодорожных туннелей необходимо вести в соответствии с нормативными требованиями.

Обделка по своему внутреннему очертанию и конструкции должна быть однотипной по всей длине туннеля. Применение обделок различных типов в одном туннеле допускается при изменении инженерно-геологических и гидрогеологических условий вдоль туннеля.

В качестве материала туннельной обделки может быть использован сборный железобетон, монолитный бетон и железобетон, а в особо сложных инженерно-геологических условиях (например, гидростатическое давление более 0,15 МПа) обделку проектируют из чугунных тубингов.

Конструирование туннельной обделки начинают с определения ее внутреннего очертания. Форма и размеры поперечного сечения туннеля определяются, в первую очередь, его назначением. Внутри транспортного туннеля должно быть свободное пространство, достаточное для пропуска подвижного состава, прохода людей, размещения необходимого оборудования и устройств. Поэтому проектируемое сечение туннеля должно удовлетворять габаритам применяемого транспорта.

#### *Конструкции и технология строительства порталов в мягких и скальных породах*

Строительство туннеля начинается с портала. Если направление оси в начале туннеля совпадает с направлением горизонтальной проекции линии наибольшего ската лобового откоса и плоскость порталной стены перпендикулярна оси туннеля, то такой портал называется *прямым*.

Кроме торцевой стены, в состав портала входят водоотводная канава и первое кольцо обделки. Торцевая стена связывается с первым кольцом обделки с помощью арматуры и опирается на боковые откосы выемки, в которые заделывается на необходимую глубину. Откосы и дно канав защищают от размыва водой бетонным покрытием.

Вода, стекающая с лобового откоса, перехватывается поперечной водоотводной канавой. Дно канавы располагают не ниже, чем на расстоянии 1,5 м от верха туннельной обделки.

Ввиду возможности падения камней с лобового откоса и для предотвращения попадания их на пути, расстояние от низа лобового откоса до порталной стены принимают не менее 1,5 м, а парапет стены не менее чем на 0,5 м выше верха канавы (рис. 5.9). В недостаточно устойчивых грунтах торцевая стена может опираться на продольные подпорные стены, поддерживающие откосы предпортальной выемки.

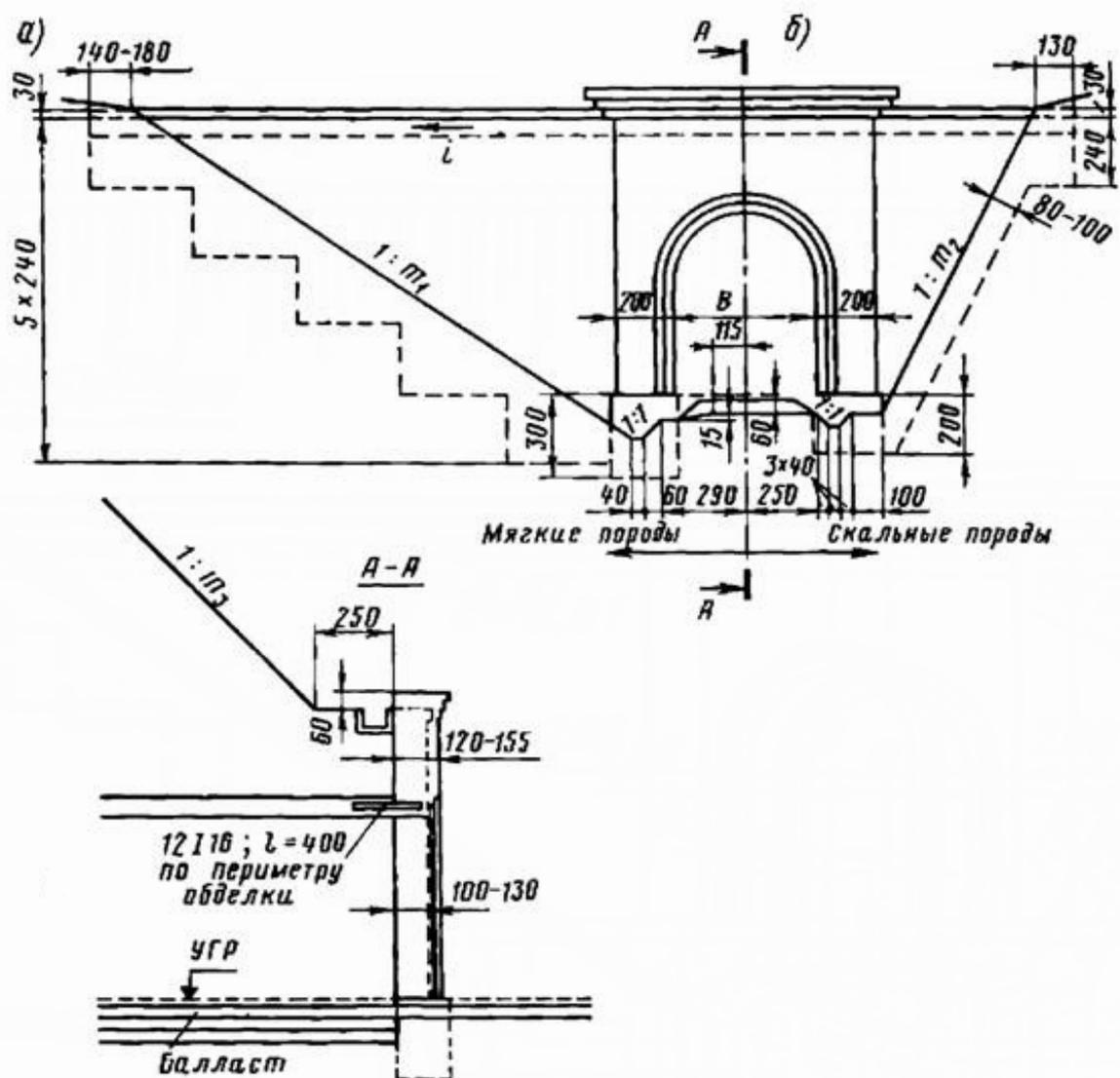


Рисунок 5.9 - Конструкция портала для пород с коэффициентом крепости:  
 а)  $f = 1 \div 1,5$ ; б)  $f \geq 2$

Такое решение облегчает статическую работу торцевой стены и одновременно способствует уменьшению объема предпортальной выемки. Подошвы торцевой и боковых порталных стен заглубляются относительно низа кюветов в соответствии с глубиной промерзания грунтов в их основании.

Крутизну откосов предпортальной выемки можно назначать в соответствии с данными представленными ниже, в зависимости от коэффициента  $f$  крепости породы. Крутизну лобового откоса выемки принимают на одну категорию положе (табл.5.1).

Таблица 5.1 - Крутизна откосов предпортальной выемки

$f$	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
$1 : m$	$1 : 1,5$	$1 : 1$	$1 : 0,8$	$1 : 0,5$	$1 : 0,3$

Следует учитывать, что в слабых грунтах глубина выемки назначается в пределах 12-13 м, а для обеспечения устойчивости над сводом оставляется слой грунта 2-3 м.

Строительство порталной части туннеля в мягких породах начинается с отрывки котлована. При этом используется экскаватор типа «обратная механическая лопата» и

автосамосвал. Затем в котловане возводят крепь. Она может быть монолитной бетонной, железобетонной или сборной железобетонной. Экскаватором производится обратная засыпка. Часть грунта, которая не будет использоваться для обратной засыпки, вывозится автосамосвалами в места складирования.

В крепких скальных породах с лобовыми откосами, близкими к отвесным, отпадает необходимость в их поддержании и отводе воды, собирающейся с небольшой площади. В этом случае для архитектурного оформления входов в туннель устраиваются параллельные лобовому откосу оголовки, представляющие собой облицовку из бетона или натурального камня по контуру портала.

После этого переходят к проходке основной части туннеля.

### Строительство протяженной части туннеля

Размеры туннеля зависят от габаритов транспортных средств, передвигающихся по нему в период эксплуатации. На рис. 5.10 изображены формы сечения обделки 1-но и 2-хпутевого туннеля с прямыми стенами. Торцовая стена портала связывается с первым кольцом обделки с помощью арматуры или отрезков прокатных профилей ( $I\ 16$ ;  $I = 400$ ;  $n = 12$  шт. по периметру обделки) и опирается непосредственно на боковые откосы выемки, в которые заделывается на необходимую глубину.

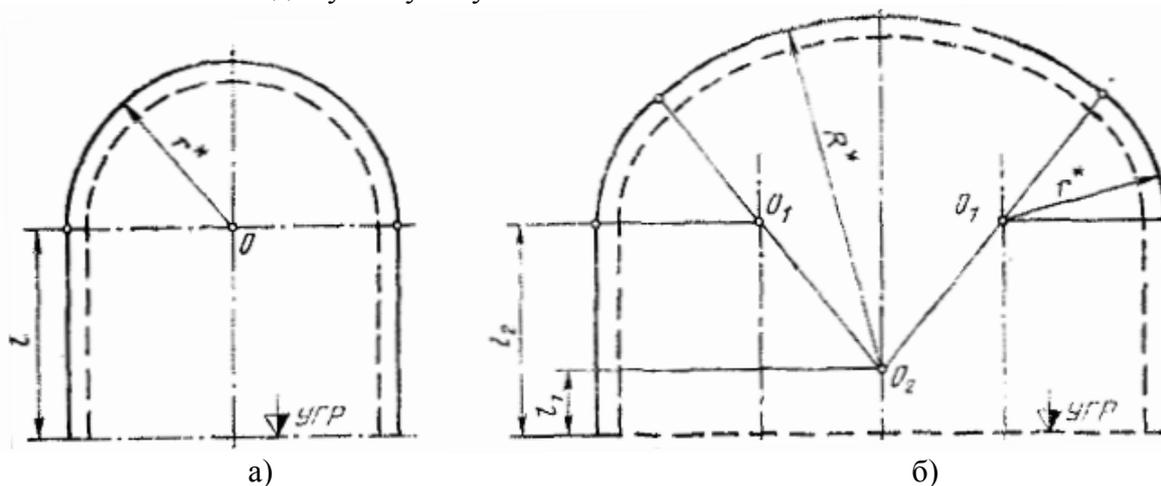


Рисунок 5.10 - Внешнее очертание обделки туннеля с прямыми стенами:  
а — однопутевого; б — двухпутевого

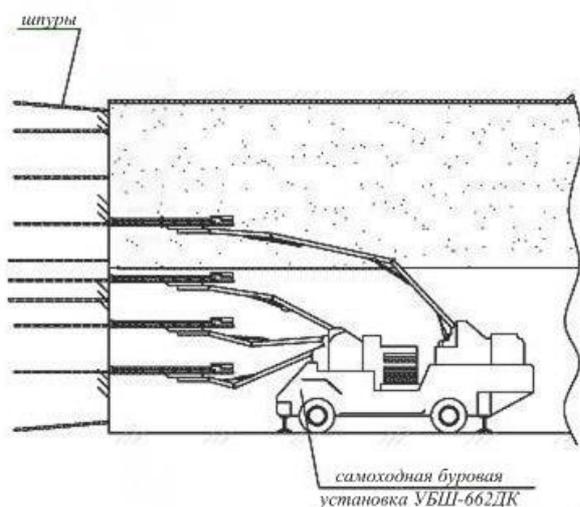


Рисунок 5.11 – Буровые работы

При строительстве туннеля по скальным породам применяют буровзрывную технологию. При этом возможно использование самоходного оборудования на пневмоходу. Бурение шпуров производится под защитой временной набрызгбетонной крепи самоходной буровой установкой УБШ-662ДК (рис. 5.11). Затем производится зарядание и взрывание шпуров. Для погрузки горной массы применяют шахтную породопогрузочную машину непрерывного действия типа 1ПНБ-2 на гусеничном ходу. Такая ходовая часть позволяет применять ее в туннелях любой ширины.

Взорванную горную массу грузят в автосамосвалы и транспортируют к месту разгрузки (рис. 5.12). Применяют нагнетательную схему проветривания. Диаметр вентиляционного трубопровода – 1000 мм, отставание от забоя – не более 12 м. Одновременно с этим на расстоянии 40 м от забоя возводится постоянная НБК. Для проезда автосамосвалов оставляют полосу движения (рис. 5.13).

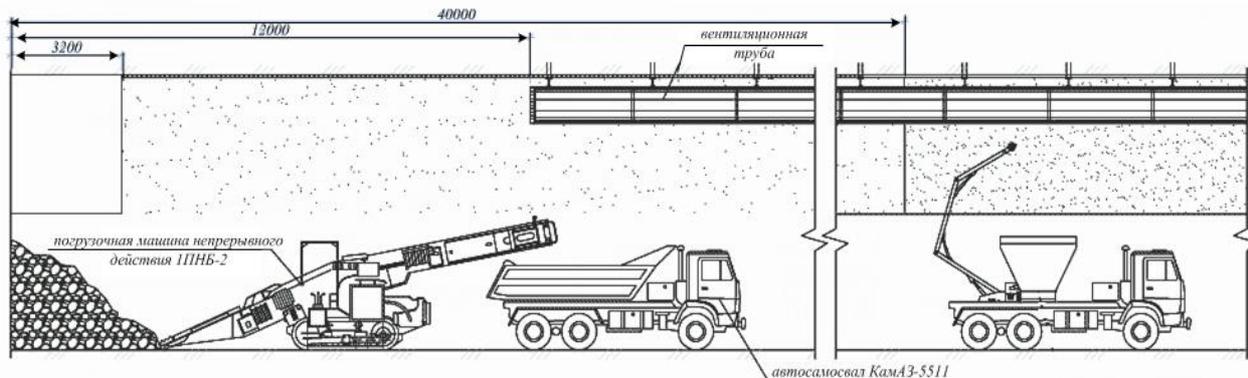


Рисунок 5.12 – Погрузка взорванной горной массы

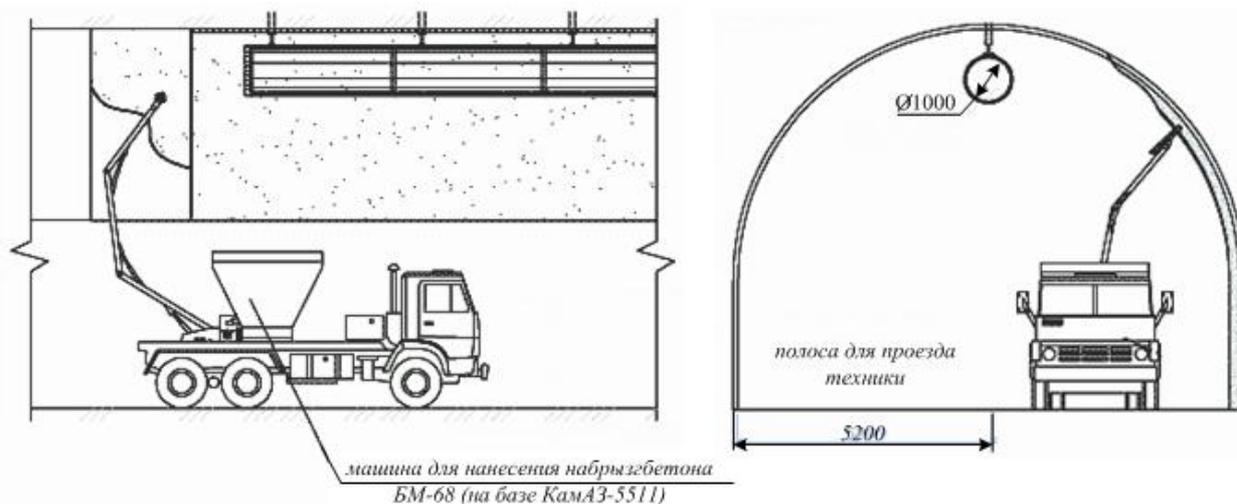


Рисунок 5.13 – Возведение набрызгбетонной крепи

Для строительства туннеля также возможно применение горнопроходческого оборудования (рис. 5.14).

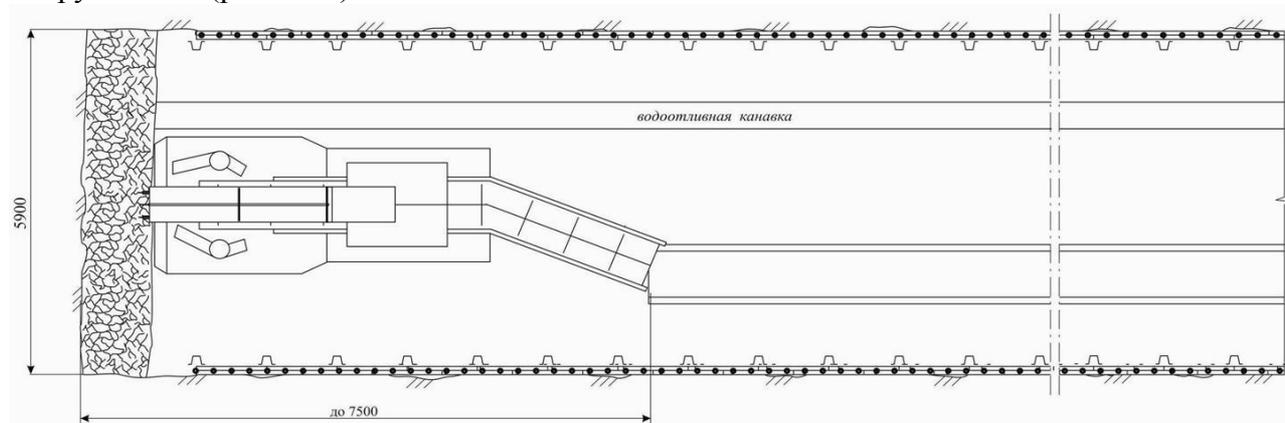


Рисунок 5.14 – Технология строительства наклонного туннеля с применением горнопроходческого оборудования

В предложенной технологической схеме использована буропогрузочная машина непрерывного действия 2БА-ПНБ-3Д с навесным бурильным оборудованием. В зонах геологических нарушений при арочной форме сечения применяют комбинированную (металлические арки и тампонаж) крепь. Остальная часть туннеля крепится НБК.

Горную массу транспортируют телескопическим ленточным конвейером 1ЛТ-100. Доставку материалов в забой производят по монорельсовой дороге в контейнерах.

Примеры расчетов технологических параметров и построение графика организации работ приведены в ПЗ №8.

### **Организация работ и расчет затрат на погрузочно-транспортные работы.**

Режим работы – это установленная продолжительность и порядок производственной деятельности предприятия и его подразделений во времени.

Режим работы: продолжительность рабочей смены - 11 ч; число рабочих смен в сутки,  $n_{с.р.}$ , равно 2. Месячный график выходов для бригады, состоящей из 4-х звеньев, приведен в табл.5.2.

Таблица 5.2 - Месячный график выходов рабочих

№	Дни месяца																														Число выходов
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	15
2	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	15
3	в	д	н	в	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	15
4	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	д	в	н	в	15

где д – дневная смена; перерыв с 12<sup>00</sup> до 13<sup>00</sup>;  
 н – ночная смена; перерыв с 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup>;  
 в - выходной день.

### **Расчет затрат на погрузочно-транспортные работы**

Расчет затрат начинается с определения коэффициента списочного состава

$$K_{сп} = \frac{365}{(365 - 96 - 24 - 3 - 8) \cdot 0,9} = 1,73, \quad (5.1)$$

где 96 – число выходных дней (без учета приходящихся на отпуск); 24 – число дней отпуска; 3 – среднестатистическое число нерабочих дней, связанных с болезнью, повышением квалификации, семейными обстоятельствами; 8 - число праздничных дней; 0,9 - коэффициент, учитывающий режим работы предприятия и работников.

Затраты на погрузку и транспортировку 1 т породы по забойным (прямым нормируемым) расходам определяются по формуле

$$C_{п.н} = C_3 + C_m + C_{м.с}, \text{ руб./т}, \quad (5.2)$$

где  $C_3$  – затраты по заработной плате, руб./т;  $C_m$  – затраты по материалам, руб./т;  $C_{м.с}$  – затраты по эксплуатации забойных машин и механизмов, руб./т.

Расчет затрат по заработной плате  $C_3$  ведется в табличной форме (табл.5.2).

Таблица 5.2- Суточный штат рабочих на погрузочно-транспортные работы при использовании схемы «экскаватор – автосамосвал»

Наименование профессий	Явочный штат	Коэффициент списочного состава	Списочный штат
------------------------	--------------	--------------------------------	----------------

В табл. 5.3 произведен расчет месячного фонда основной заработной платы рабочих. Месячные начисления на заработную плату приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.3 - Расчет месячного фонда заработной платы для экскаватора ЭКГ-5А и 3-х самосвалов Бела3-548

Наименование профессий	Тарифный разряд	Дневная тарифная ставка, руб.	Доплата за пере- выполнение нормы выработки, руб.	Полный дневной заработок, руб.	Премия		Доплата за ночные, руб.	Списочный штат	Число выходов	Основной фонд оплаты труда
					%	руб.				

Таблица 5.4 - Месячные начисления на заработную плату

Статьи затрат	Процент от ФЗП	Начисление, руб.
Фонд занятости	1,5	
Фонд социального страхования	32	
Пенсионный фонд	2	
Расходы на АБК	7	
$\Sigma C_{нач}$		

Расчет затрат на электроэнергию проводим с учетом установленной мощности потребителей, коэффициента спроса, коэффициента участия, и числа часов работы в течение планируемого периода.

Средняя нагрузка рассчитывается по формуле:

$$P_{cp} = P_{ном.общ} \cdot K_c, \text{ кВт}, \quad (5.3)$$

где  $P_{ном.общ}$  - номинальная установленная мощность потребителей, кВт;

$K_c$  - коэффициент спроса, 0,7.

Месячный расход электроэнергии определяем по формуле

$$W = P_{cp} \cdot T, \text{ кВт-ч}, \quad (5.4)$$

где  $T$  - число рабочих часов в месяц ( $11,5 \cdot 2 \cdot 30 = 690$  ч).

Затраты на электроэнергию

$$C_3 = W \cdot C_3^{1кВт-ч}, \text{ руб.}, \quad (5.5)$$

где  $C_3^{1кВт-ч}$  - стоимость 1 кВт-ч электроэнергии для промышленных предприятий, руб.

Удельные затраты на электроэнергию

$$C_{\varepsilon}^{1m} = \frac{C_{\varepsilon}}{P_{\varepsilon, \text{мес}}}, \text{руб./ м}^3. \quad (5.6)$$

Расчет месячного расхода электроэнергии сведен в табл.5.5.

Таблица 5. 5 – Месячный расход электроэнергии

Наименование потребителей	Кол-во, шт.	Установленная мощность, кВт	Общая установленная мощность, кВт	Параметры				
				$K_c$	$P_{cp}$ , кВт	$W$ , кВт-ч/мес	$C_{\varepsilon}$ , руб./мес	$C_{\varepsilon}^{1m}$ , руб./ м <sup>3</sup>

Определение расхода и затрат на горюче-смазочные материалы для экскаваторов ЭКГ-5А в месяц проведено в табличной форме (табл. 5.6).

Таблица 5.6– Месячные затраты на ГСМ для экскаватора ЭКГ –5А при погрузке 105 тыс.м<sup>3</sup> вскрышных пород

№	Наименование материалов	Ед. изм.	Норма расхода на 1000 м <sup>3</sup>	Расход на месяц	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость, руб./мес
---	-------------------------	----------	--------------------------------------	-----------------	-------------------------	---------------------------

Затраты на ГСМ на смену по автосамосвалу БелАЗ-548.

Т.к. количество рейсов автосамосвала в течение смены равно 22, то расстояние, пройденное одним автосамосвалом в течение смены, равно

$$P_{a.см} = N_{рейс} \cdot 2 \cdot l_{пр} = 22 \cdot 2 \cdot 2,029 = 89,3 \text{ км}. \quad (5.7)$$

Расход топлива составит:  $P_{топл} = \frac{P_{100км} \cdot P_{a.см}}{100}$ , л, (5.8)

где  $P_{100км}$  – расход топлива на 100 км составляет 155 л.

Таблица 17.7 – Затраты на ГСМ для БелАЗа – 548 при перевозке в смену

№	Наименование материалов	Ед. изм	Норма расхода на 1000 т	Расход на смену	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость, руб./смену
1	Масло для двигателя	л	4,5			
2	Масло трансмиссионное	л	0,5			
3	Консистентная смазка	кг	0,3			
4	Специальные масла	кг	1,0			
5	Диз. топливо	л/100 км	155			
6	ИТОГО					

**Расчет  $C_{мс}$**  - затрат по эксплуатации экскаватора и автосамосвалов зависит от стоимости 1 часа работы экскаватора и самосвала, их количества с учетом амортизационных отчислений.

## Контрольные вопросы к теме 5

1. Приведите схему транспортировки полезного ископаемого из карьера при наличии наклонных стволов.
2. Приведите схемы использования подземных выработок на карьерах.
3. Как устроена подземная дробильная камера?
4. Приведите схему подземного водоотлива.
5. Что такое рудоспуск? Форма поперечного перереза. Глубина.
6. Назовите преимущества и недостатки использования рудоспусков.
7. Как погашают (срезают) рудоспуски?
8. Классификация карьерных рудоскатов. Область использования.
9. Оборудование безбункерных рудоскатов.
10. Оборудование рудоскатов с бункерами.
11. Приведите схему к расчету границы перехода траншеи в туннель.
12. Приведите формулу для определения глубины капитальной траншеи, начиная с которой целесообразен переход к туннелю.
13. Сущность открытого способа строительства туннеля.
14. Сущность горного способа строительства туннеля.
15. Виды обделки туннелей.
16. Что такое портал? Опишите его конструкцию.
17. Сущность технологии строительства портала открытым способом.
18. Опишите технологию строительства туннеля по скальным породам с применением оборудования на пневмоходу.
19. Опишите технологию строительства туннеля по скальным породам с применением горнопроходческого оборудования.
20. Приведите график выходов рабочих на погрузочных работах при разработке вскрышного уступа.
21. Как определяется коэффициент списочного состава на погрузочно-транспортные работы?
22. Как определяется фонд заработной платы на погрузочно-транспортные работы?
23. Как определяются затраты на электроэнергию для экскаватора?
24. Как определяются затраты на ГСМ для экскаватора?
25. Как определяются затраты на ГСМ для автосамосвала?
26. Как определяются забойные затраты на выемку  $1 \text{ м}^3$  пород вскрыши?

## Раздел 2: МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

### 2.1 Общие положения

Выполнение индивидуального задания в форме контрольной работы предусмотрено для студентов заочной формы обучения. Объем учебной нагрузки – 9 часов. Рекомендуемый объем пояснительной записки - 12-15 страниц формата А4 (210×297 мм), включая 4 чертежа.

### 2.2 Содержание и порядок выполнения контрольной работы

Работа состоит из 2-х частей:

1. Расчет коэффициента вскрыши и изображение карьера в плане и в разрезе.
2. Расчет параметров капитальной въездной траншеи и ее изображение в плане и в разрезе.

По первой части исходные данные приведены в табл.2.1. Вариант определяется:

$N_0 = Y+Z$ , где XYZ – три последние цифры зачетной книжки студента.

По второй части исходные данные приведены в табл.2.2. Вариант определяется:

$N_0 = X+Y$ , где XYZ – три последние цифры зачетной книжки студента.

#### 2.2.1 Расчет коэффициента вскрыши и изображение карьера в плане и в разрезе

Выполняется в следующем порядке:

- выбираем горизонтальный масштаб из следующего ряда: 1:500, 1:1000, 1:2000;
- в выбранном масштабе строим план (вид сверху) карьера;
- выбираем масштаб для вертикального разреза из следующего ряда: 1:100, 1:500, 1:1000, 1:2000;
- строим вертикальный разрез карьера в проекционной связи с планом карьера, угол откоса нерабочего борта карьера приведен в исходных данных;
- на рабочем борте карьера (вертикальный разрез) наносим уступы и предохранительные бермы;
- проецируем их на план карьера;
- графически определяем угол откоса рабочего борта карьера  $\gamma_p$ ;
- рассчитываем общий объем горной массы (в зависимости от угла падения пласта используются формулы 2.1, 2.4 или 2.10), полезного ископаемого (соответственно, формулы 2.2, 2.5-2.9 или 2.11-2.12) и вскрышных пород в пределах карьера (формула 2.13);
- рассчитываем коэффициент вскрыши (формула 2.14).

Для горизонтальных и пологих залежей ( $\alpha < 5^\circ$ ) искомые объемы:

$$V_k = S_\delta \cdot H_k + 0,5 \cdot P \cdot H_k^2 \cdot \operatorname{ctg} \gamma_{cp} + \frac{\pi}{3} \cdot H_k^3 \cdot \operatorname{ctg}^2 \gamma_{cp}, \text{ м}^3, \quad (2.1)$$

$$V_{n.u.} = S_\delta \cdot m_g + 0,5 \cdot P \cdot m_g^2 \cdot \operatorname{ctg} \gamma_{cp} + \frac{\pi}{3} \cdot m_g^3 \cdot \operatorname{ctg}^2 \gamma_{cp}, \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

$$\gamma_{cp} = \frac{\gamma + 3 \cdot \gamma_p}{4}, \text{ град.} \quad (2.3)$$

Для наклонных залежей ( $\alpha = 6^\circ - 45^\circ$ ):

Общий объем горной массы в карьере:

$$V_k = S_m \cdot B_\delta + \frac{S_m \cdot (B_1 + B_2)}{3}, \text{ м}^3. \quad (2.4)$$

Общий объем полезного ископаемого в карьере:

$$V_{n.u.} = F \cdot L_\delta, \text{ м}^3. \quad (2.5)$$

Вертикальная мощность пласта:

$$m_e = \frac{m}{\cos \alpha}, \text{ м.} \quad (2.6)$$

Площадь поперечного сечения карьера в плане определяется с использованием схемы, приведенной на рис.2.1.

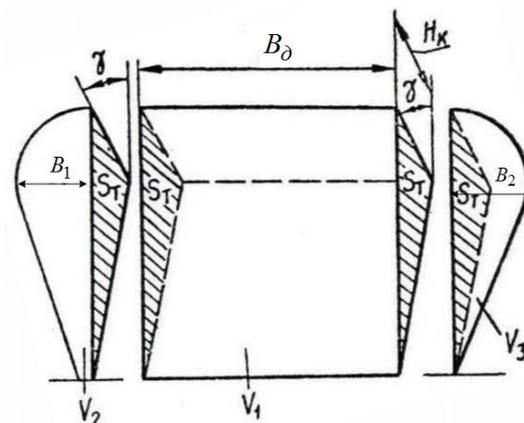


Рисунок 2.1 - Расчетная схема для определения площади поперечного сечения залежи полезного ископаемого при наклонном залегании (план)

$$S_m = \frac{L_0 \cdot H_k}{2}, \text{ м}^2. \quad (2.7)$$

Величина разноса бортов карьера на поверхности (в плане):

$$B_1 = B_2 = H_k \cdot \text{tg} \gamma_{\text{раб}} \text{ м.} \quad (2.8)$$

Площадь поперечного сечения залежи полезного ископаемого на геологическом разрезе карьера определяется с использованием схемы, приведенной на рис.2.2.

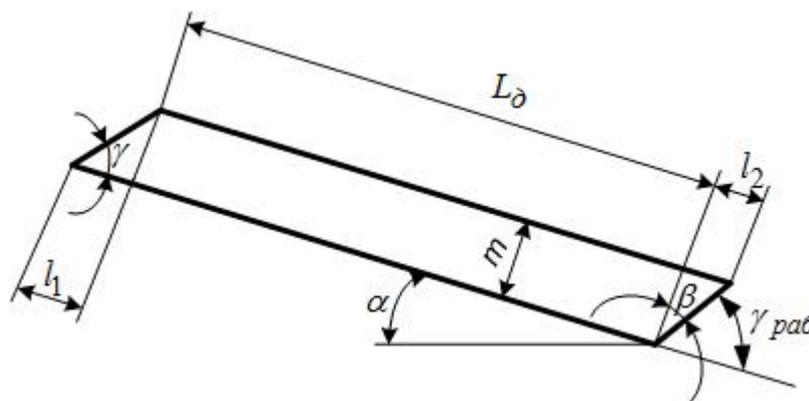


Рисунок 2.2 - Расчетная схема для определения площади поперечного сечения залежи полезного ископаемого при наклонном залегании (разрез)

$$F = \frac{l_1 \cdot m}{2} + L_0 \cdot m + \frac{l_2 \cdot m}{2} = \frac{m}{2} \cdot (l_1 + 2 \cdot L_0 + l_2), \text{ м}^2.$$

$$F = \frac{m}{2} \cdot (m \cdot \text{ctg} \gamma + 2 \cdot L_0 + m \cdot \text{tg} \beta), \text{ м}^2. \quad (2.9)$$

**Для крутых залежей** ( $\alpha = 46^\circ - 90^\circ$ ) искомые объемы:

Общий объем горной массы в карьере для крутых залежей:

$$V_k = B_0 \cdot L_0 \cdot H_k + 2 \cdot L_0 \cdot (0,5 \cdot H_k \cdot H_k \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{ср.б}}) + B_0 \cdot (0,5 \cdot H_k \cdot H_k \cdot \text{ctg} \gamma) + B_0 \cdot (0,5 \cdot H_k \cdot H_k \cdot \text{ctg} \gamma_p) + \frac{\pi}{3} \cdot H_k^3 \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{ср.б}}, \text{ м}^3. \quad (2.10)$$

Горизонтальная мощность залежи определяется с использованием схемы, приведенной на рис.2.3.

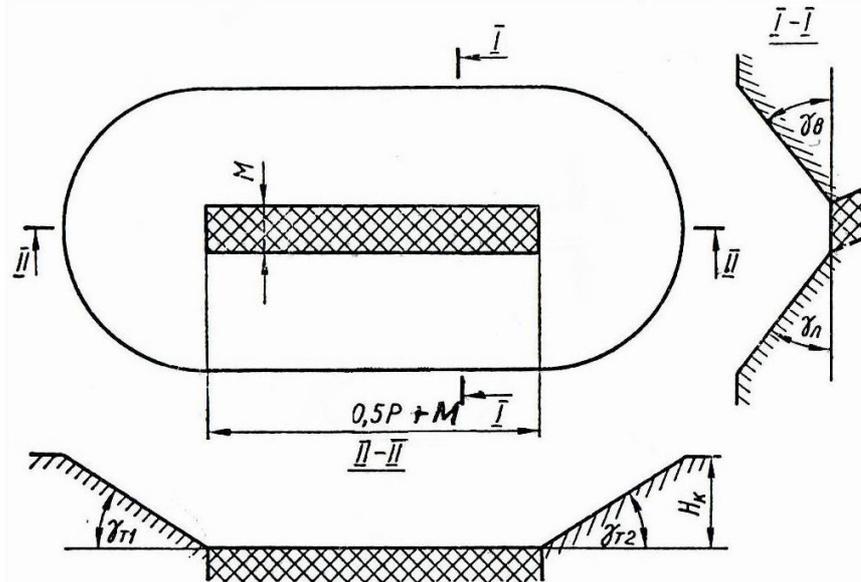


Рисунок 2.3 - Расчетная схема для определения объемов полезного ископаемого при крутом залегании (план)

$$M = \frac{m}{\sin \alpha}, \text{ м.} \quad (2.11)$$

Общий объем полезного ископаемого в карьере:

$$V_{\text{н.и.}} = M \cdot B_0 \cdot H_k, \text{ м}^3. \quad (2.12)$$

**Для всех углов падения пласта**

Объем вскрышных пород  $V_в$  определяется как разница между объемом горной массы в карьере  $V_k$  и объемом полезного ископаемого  $V_{\text{н.и.}}$

$$V_в = V_k - V_{\text{н.и.}}, \text{ м}^3. \quad (2.13)$$

Окончательно определяем коэффициент вскрыши по формуле:

$$K_{\text{вскр}} = \frac{V_в}{V_{\text{н.и.}}}. \quad (2.14)$$

### 2.2.2 Расчет параметров капитальной въездной траншеи и ее изображение в плане и в разрезе

Параметры въездной траншеи: размеры и форма поперечного сечения, руководящий уклон, глубина, длина и объем. Траншея имеет трапецевидную форму сечения (рис.2.4).

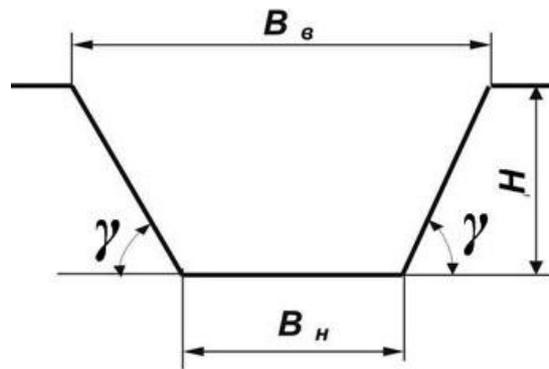


Рисунок 2.4 – Сечение въездной траншеи

**Ширина траншеи понизу.** При строительстве въездной траншеи от поверхности до глубины  $h_{\text{неск}}$  ее борта сложены сыпучими (песок, супесь) и нескальными (глины, суглинки, сланцы) породами. Они склонны к сползанию даже при угле откоса борта траншеи  $\gamma_{\text{неск}}$  меньшим, чем угол естественного откоса слагающих борта траншеи пород. Поэтому до глубины  $h_{\text{неск}}$  ширину траншеи понизу  $B_n$  следует увеличивать в обе стороны на ширину призмы сползания  $O_б$ , значение которой определяется по формуле (2.15).

$$O_б = \frac{h_{\text{неск}}}{\text{ctg}\gamma_{\text{неск}}}, \text{ м.} \quad (2.15)$$

В скальных породах, несклонных к обрушению,  $O_б$  принимается такой же.

Для безопасного размещения транспортных коммуникаций  $B_n$  определяется по формуле (2.16) в соответствии с типовым паспортом въездной траншеи (рис.2.5), применяемым на карьерах Докучаевского флюсо-доломитного комбината.

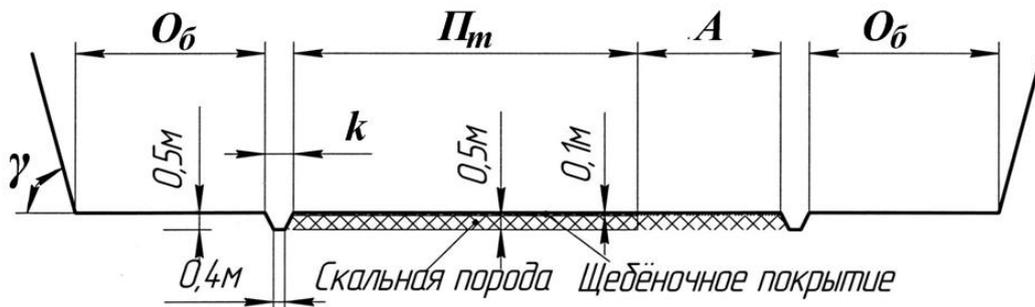


Рисунок 2.5 – Типовой паспорт въездной траншеи

$$B_n = 2(O_б + k) + P_m + A, \text{ м,} \quad (2.16)$$

где  $O_б$  – ширина призмы сползания (отступ от нижней бровки борта траншеи до верхней бровки водоотводной канавы), м;  $k$  – ширина водоотводной канавы, 1 м;  $P_m$  – ширина проезжей части, м;  $A$  – ширина полосы для дополнительного оборудования (транспортная берма), м.

Проверка ширины траншеи понизу из условия маневрирования автотранспорта при тупиковой схеме разворота в траншее на соответствие параметрам разворота автосамосвала требованиям правил безопасности:

$$B_n^{mp} = 2 \cdot m + R_a + l_a + \frac{b_a}{2}, \text{ м,} \quad (2.17)$$

где  $t$  - безопасное расстояние от нижней бровки откоса борта траншеи до кромки автосамосвала, 2,5 м;  $R_a$  - радиус поворота автосамосвала, м;  $b_a$  - ширина автосамосвала, м;  $l_a$  - длина автосамосвала, м.

Полученные значения  $B_n$  и  $B_n^{mp}$  определяют схему подачи автосамосвала под загрузку.

**Ширина траншеи поверху** зависит от слагающих ее борта пород и глубины (рис.2.6).

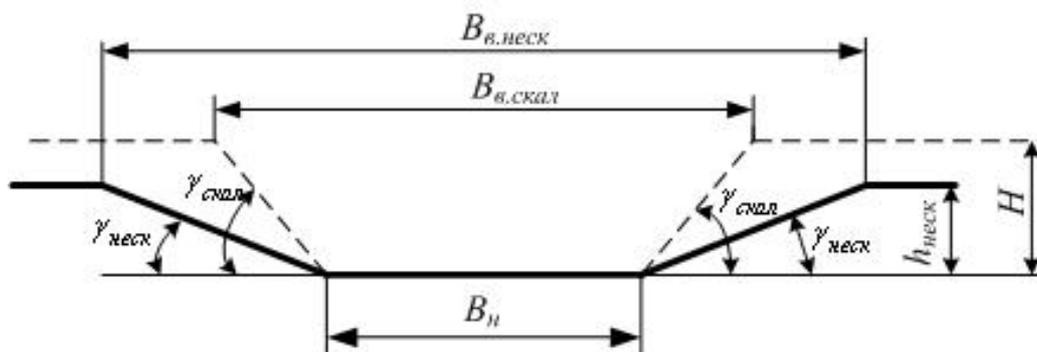


Рисунок 2.6 – Схема для определения ширины траншеи поверху в нескальных породах

В нескальных породах (при глубине траншеи от 0 до  $h_{неск}$ ):

$$B_{в.неск} = B_n + 2 \cdot h_{неск} \cdot ctg\gamma_{неск}, \text{ м.} \quad (2.18)$$

В скальных породах на контакте с нескальными ширина  $B_{в.скал_0}$  становится уже, и ее значение определяется

$$B_{в.скал_0} = B_n + 2 \cdot h_{неск} \cdot ctg\gamma_{скал}, \text{ м.} \quad (2.19)$$

Далее ее значение увеличивается (при глубине траншеи от  $h_{неск}$  до  $H$ ) и достигает максимального значения, равного:

$$B_{в.скал_H} = B_n + 2 \cdot H \cdot ctg\gamma_{скал}, \text{ м.} \quad (2.20)$$

где  $H$  – глубина траншеи, м.

Длина траншеи  $L_{тр}$  зависит от ее глубины и руководящего уклона  $i$ , ‰, и определяется:

$$L_{тр} = L_{тр.неск} + L_{тр.скал}, \text{ м,} \quad (2.21)$$

$$L_{тр.неск} = \frac{h_{неск}}{i} \cdot 1000, \text{ м.} \quad (2.22)$$

$$L_{тр.скал} = \frac{H - h_{неск}}{i} \cdot 1000, \text{ м.} \quad (2.23)$$

Определяем *объем работ* при строительстве въездной траншеи.

По нескальным породам:

$$V_{тр.неск} = L_{тр.неск} \cdot S_{ср.неск}, \text{ м}^3, \quad (2.24)$$

где  $S_{ср.неск}$  - средняя площадь поперечного сечения траншеи по нескальным породам,  $\text{м}^2$ :

$$S_{ср.неск} = \frac{S_0 + S_{неск}}{2}, \text{ м}^2, \quad (2.25)$$

где  $S_0$  – площадь сечения траншеи на дневной поверхности,  $0 \text{ м}^2$ ;

$S_{неск}$  - площадь сечения траншеи на глубине  $h_{неск}$ :

$$S_{\text{неск}} = \frac{B_n + B_{\text{в.неск}}}{2} \cdot h_{\text{неск}}, \text{ м}^2. \quad (2.26)$$

По скальным породам:

$$V_{\text{тр.скал}} = L_{\text{тр.скал}} \cdot S_{\text{ср.скал}}, \text{ м}^3, \quad (2.27)$$

где  $S_{\text{ср.скал}}$  - средняя площадь поперечного сечения траншеи по скальным породам,  $\text{м}^2$ :

$$S_{\text{ср.скал}} = \frac{S_{\text{скал}_0} + S_{\text{скал}_H}}{2}, \text{ м}^2, \quad (2.28)$$

где  $S_{\text{скал}_0}$  – площадь сечения траншеи на контакте скальных и нескальных пород,  $\text{м}^2$ :

$$S_{\text{скал}_0} = \frac{B_n + B_{\text{в.скал}_0}}{2} \cdot h_{\text{неск}}, \text{ м}^2; \quad (2.29)$$

$S_{\text{скал}_H}$  - площадь сечения траншеи на глубине  $H$ :

$$S_{\text{скал}_H} = \frac{B_n + B_{\text{в.скал}_H}}{2} \cdot H, \text{ м}^2. \quad (2.30)$$

Общий объем траншеи:

$$V_{\text{тр}} = V_{\text{тр.неск}} + V_{\text{тр.скал}}, \text{ м}^3. \quad (2.31)$$

Технические характеристики автосамосвала выбираются студентом из справочной литературы. По выполненным расчетам строятся вертикальный разрез и план призабойной части въездной траншеи с размещением экскаватора и автосамосвала с указанием схемы его подачи. Экскаватор подбирается студентом самостоятельно с учётом ёмкости кузова автосамосвала. Его загрузка должна обеспечиваться разгрузкой 5-6-ти ковшей экскаватора.

### 2.3 Варианты заданий

Таблица 2.1 – Варианты заданий для расчета коэффициента вскрыши  
(№ = Y+Z, где XYZ – три последние цифры зачетной книжки студента)

№ вар.	Параметры карьера								
	$H_k$ , м	$h_y$ , м	$m$ , м	$\alpha$ , град	$\gamma$ , град	$L_d$ , м	$B_d$ , м	$Ш_b$ , м	$\alpha_y$ , град
1	50	20	40	0	45	350	250	5	80
2	100	20	40	30	45	350	250	5	80
3	120	20	40	60	45	350	250	5	80
4	50	12	24	0	50	400	300	5	75
5	70	15	30	20	50	400	300	5	75
6	80	15	30	40	50	400	300	5	75
7	70	15	40	2	55	300	200	5	60
8	80	12	35	25	50	310	200	5	70
9	90	12	50	50	50	320	240	5	80
10	65	12	26	0	50	300	240	5	65
11	90	15	40	20	50	330	240	5	70
12	100	15	45	70	50	340	240	5	80
13	55	15	32	1	45	350	260	5	65
14	100	13	35	25	45	350	260	5	80
15	110	13	40	55	45	360	260	5	80
16	75	13	28	2	55	270	200	5	55
17	110	15	30	30	55	340	200	5	70
18	120	15	35	65	55	370	200	5	80

Таблица 2.2 - Варианты заданий для проектирования въездной траншеи  
(№ = X+Y, где XYZ – три последние цифры зачетной книжки студента)

№ вар.	Транспорт на период эксплуатации карьера		Кол-во водоотводных канав	Наличие транспортной бермы шириной $A=5$ м	Параметры въездной траншеи		
	тип	кол-во полос движ.			мощность нескальных пород, $h_{неск}/$ глубина $H$ , м	руководящий уклон, %	угол откоса борта траншеи, $\gamma_{неск}/\gamma_{скал}$ , град.
0	Caterpillar 797B	1	2	есть	15/45	65	19 / 45
1	БелАЗ-7540	2	2	есть	5/20	20	20 / 70
2	БелАЗ-7547	1	1	есть	8/30	25	25 / 65
3	БелАЗ-7555	2	2	нет	10/40	35	27 / 67
4	БелАЗ-548	2	2	есть	20/50	40	30 / 60
5	БелАЗ-7540	1	1	есть	30/60	50	32 / 62
6	БелАЗ-7547	2	2	нет	15/50	45	34 / 64
7	Terex TR35	2	2	есть	16/40	30	36 / 66
8	БелАЗ-75215	1	1	есть	12/30	25	38 / 68
9	БелАЗ-75303	2	2	нет	6/20	20	22 / 72
10	БелАЗ-75306	2	2	есть	22/60	75	24 / 74
11	Caterpillar 797B	1	1	есть	24/70	80	40 / 55
12	Terex TR35	2	2	нет	7/25	20	18 / 74
13	БелАЗ-7555	2	2	есть	11/30	35	19 / 75
14	Terex TA40	1	1	есть	17/35	40	21 / 76
15	БелАЗ-75491	2	2	нет	19/40	55	26 / 66
16	Caterpillar 777F	2	2	есть	23/45	60	13 / 77
17	БелАЗ-75215	1	1	есть	18/50	65	18 / 78
18	БелАЗ-75303	2	2	нет	21/55	50	23 / 69

## 2.4 Примеры выполнения

### 2.4.1 Пример расчета коэффициента вскрыши при горизонтальном и пологом залегании пласта

Исходные данные:

№	Показатель	Ед.изм.	Обозначение	Значение
1	Проектная глубина карьера	м	$H_k$	65
2	Высота уступа	м	$h_y$	15
3	Мощность пласта	м	$m$	28
4	Угол падения пласта	град.	$\alpha$	2
5	Угол погашения борта карьера (нерабочий)	град.	$\gamma$	50
6	Длина карьера по дну	м	$L_0$	350
7	Ширина карьера по дну	м	$B_0$	250
8	Ширина предохранительной бермы	м	$Ш_б$	5
9	Угол откоса уступа	град.	$\alpha_y$	65

Выбираем масштаб 1:2000 и строим план карьера (рис.2.7) и вертикальный разрез (рис.2.8).

(1:2000)

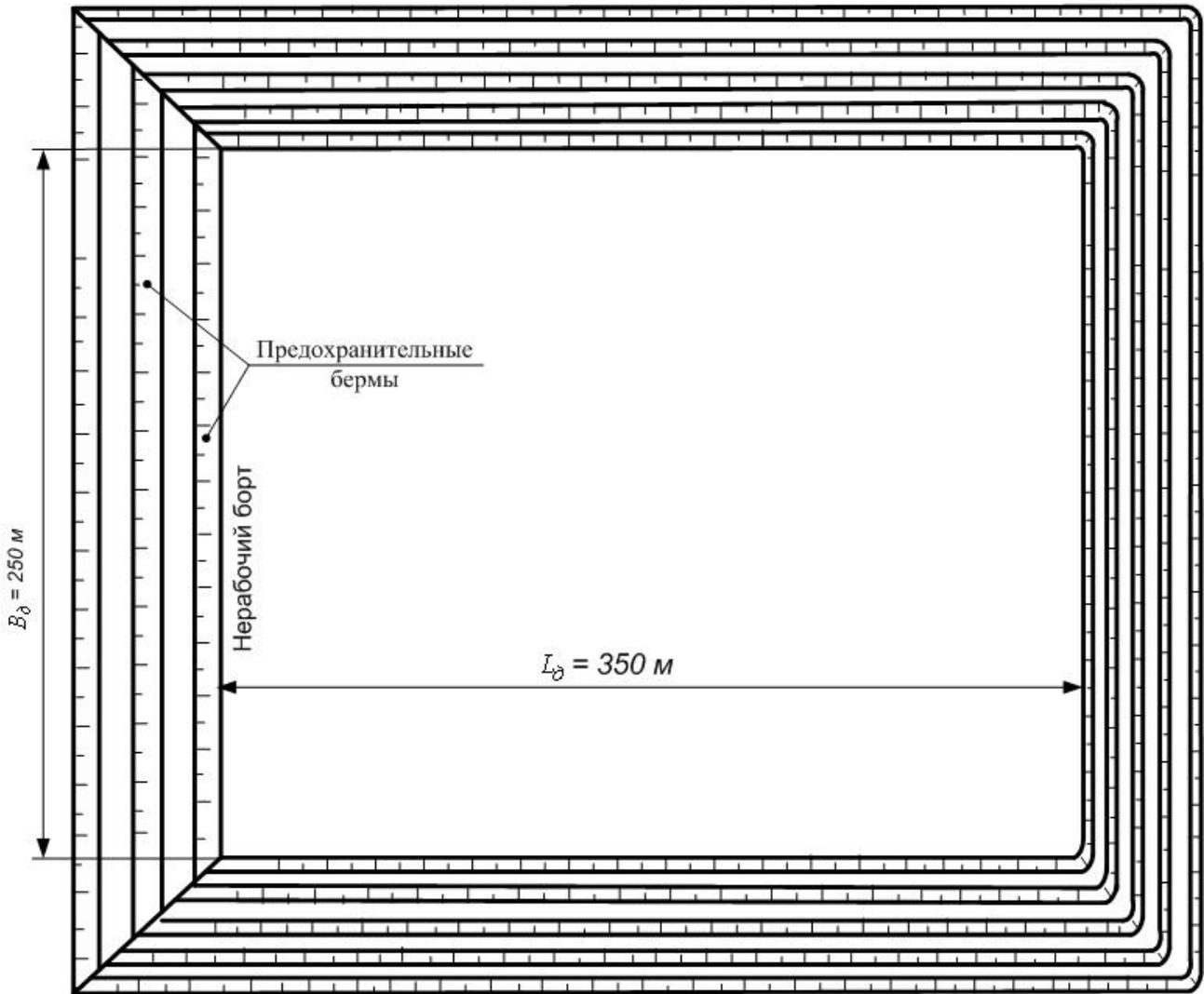


Рисунок 2.7 - План карьера для горизонтальной залежи

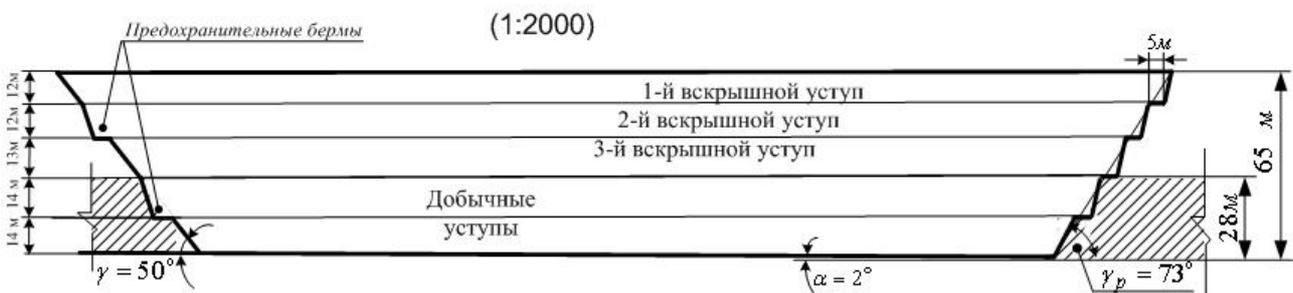


Рисунок 2.8 - Вертикальный разрез карьера для горизонтальной залежи

Площадь дна карьера:

$$S_0 = L_0 \cdot B_0 = 350 \cdot 250 = 87500 \text{ м}^2.$$

Периметр дна карьера:

$$P = 2 \cdot (L_0 + B_0) = 2 \cdot (350 + 250) = 1200 \text{ м.}$$

Вертикальная мощность пласта:

$$m_6 = \frac{m}{\cos \alpha} = \frac{28}{\cos 2^\circ} = \frac{28}{0,9994} = 28,017 \text{ м.}$$

По вертикальному разрезу карьера значение рабочего угла борта карьера  $\gamma_p = 73^\circ$ , тогда  $\gamma_{cp} = \frac{50 + 3 \cdot 73}{4} = 67,3^\circ$ .

Расчет объемов вскрыши и полезного ископаемого в контурах карьера.

$$V_k = 87500 \cdot 65 + 0,5 \cdot 1200 \cdot 65^2 \cdot \text{ctg} 61,5^\circ + \frac{\pi}{3} \cdot 65^3 \cdot \text{ctg}^2 67,3^\circ = 6\,803\,000,7 \text{ м}^3.$$

$$V_{н.и.} = 87500 \cdot 28,017 + 0,5 \cdot 1200 \cdot 28,017^2 \cdot \text{ctg} 67,3^\circ + \frac{\pi}{3} \cdot 28,017^3 \cdot \text{ctg}^2 67,3^\circ = 2\,676\,396,4 \text{ м}^3.$$

$$V_6 = 6\,803\,000,7 - 2\,676\,396,4 = 4\,126\,604,3 \text{ м}^3.$$

Получаем коэффициент вскрыши:

$$K_{вскр} = \frac{4126604,3}{2676396,4} = 1,54.$$

#### 2.4.2 Пример расчета коэффициента вскрыши при наклонном залегании пласта

Исходные данные:

№	Показатель	Ед.изм.	Обозначение	Значение
1	Проектная глубина карьера	м	$H_k$	100
2	Высота уступа	м	$h_y$	15
3	Мощность пласта	м	$t$	35
4	Угол падения пласта	град.	$\alpha$	20
5	Угол погашения борта карьера (нерабочий)	град.	$\gamma$	45
6	Длина карьера по дну	м	$L_\partial$	320
7	Ширина карьера по дну	м	$B_\partial$	230
8	Ширина предохранительной бермы	м	$Ш_\partial$	5
9	Угол откоса уступа	град.	$\alpha_y$	70

Выбираем масштаб 1:2000 и строим вертикальный разрез (рис.2.9) и план карьера (рис.2.10).

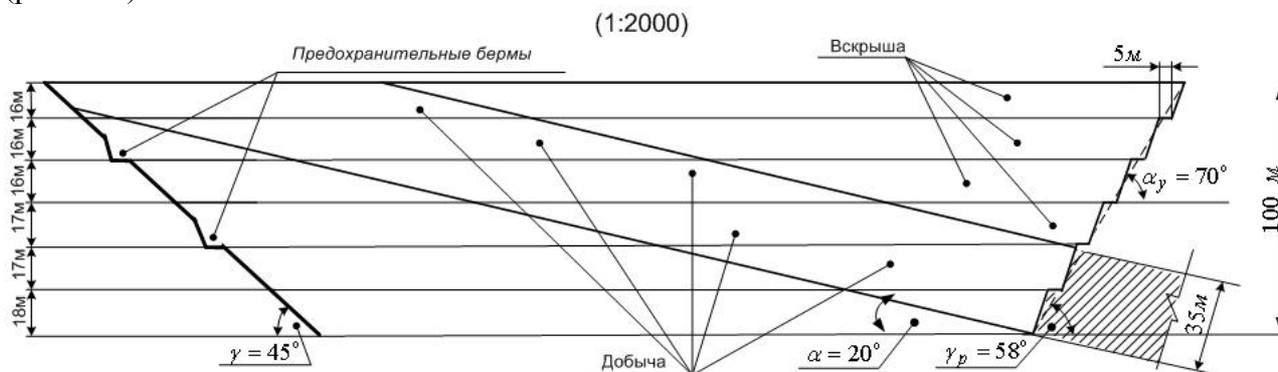


Рисунок 2.9 - Вертикальный разрез карьера для наклонной залежи

(1:2000)

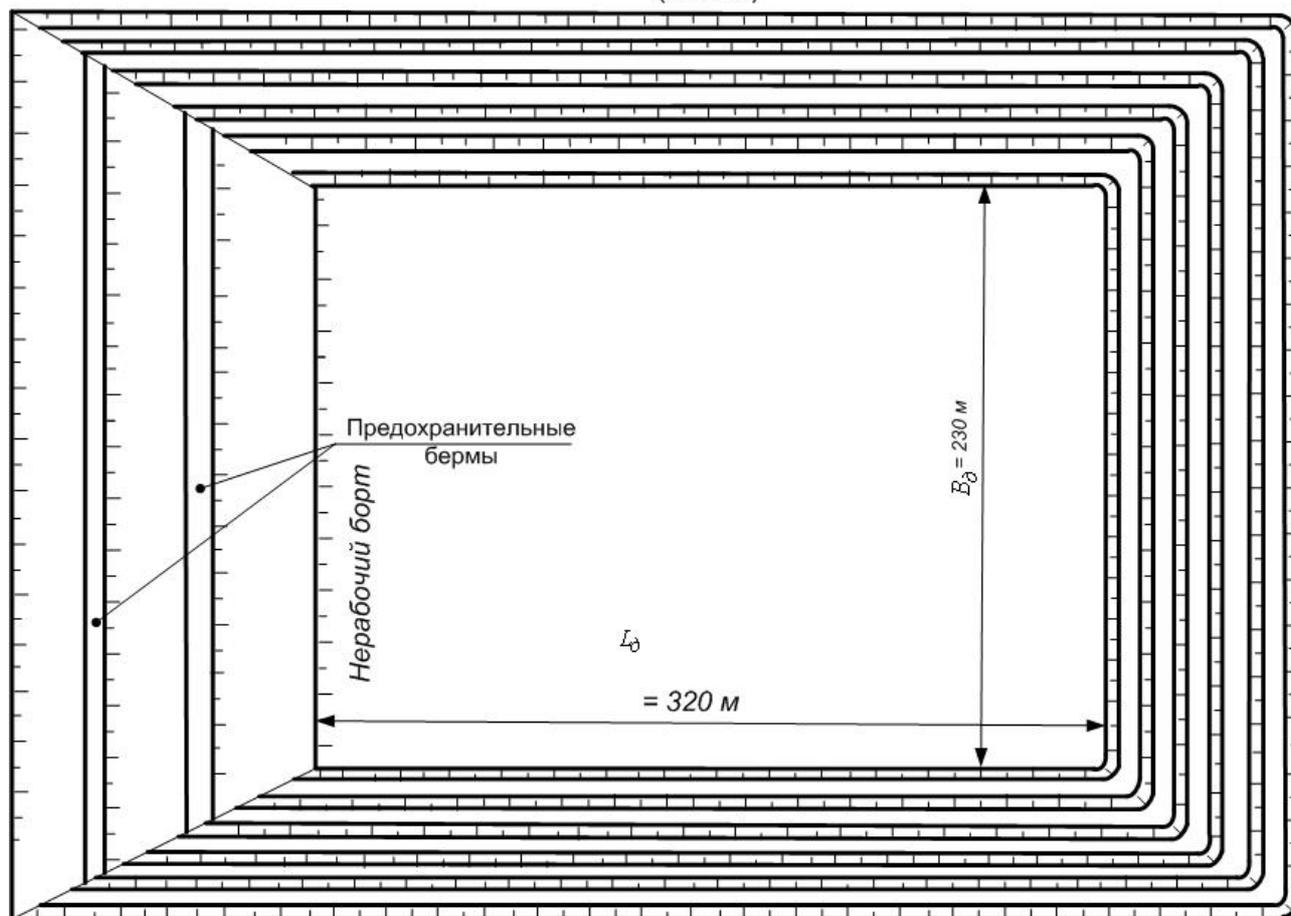


Рисунок 2.10 - План карьера для наклонной залежи

Площадь дна карьера:

$$S_0 = 320 \cdot 230 = 73600 \text{ м}^2.$$

Периметр дна карьера:

$$P = 2 \cdot (L_0 + B_0) = 2 \cdot (320 + 230) = 1100 \text{ м}.$$

Вертикальная мощность пласта:

$$m_v = \frac{m}{\cos \alpha} = \frac{35}{\cos 20^\circ} = \frac{35}{0,9398} = 37,24 \text{ м}.$$

Площадь поперечного сечения карьера в плане (см. рис.2.1):

$$S_m = \frac{L_0 \cdot H_k}{2} = \frac{320 \cdot 100}{2} = 16000 \text{ м}^2.$$

По вертикальному разрезу карьера, приведенному на рис.2.9, значение рабочего угла борта карьера  $\gamma_p = 58^\circ$ . Тогда величина разноса бортов карьера на поверхности (в плане):

$$B_1 = B_2 = H_k \cdot \operatorname{tg} \gamma_p = 100 \cdot \operatorname{tg} 58^\circ = 159,85 \text{ м}.$$

Площадь поперечного сечения залежи полезного ископаемого на геологическом разрезе карьера (см. рис.1.2):

$$\beta = 90 - 58 = 32^\circ. F = \frac{35}{2} \cdot (35 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ + 2 \cdot 320 + 35 \cdot \operatorname{tg} 32^\circ) = 12195,48 \text{ м}^2.$$

Объем полезного ископаемого в контурах карьера:

$$V_{н.и.} = 12195,48 \cdot 230 = 2\,804\,960,2 \text{ м}^3.$$

Объем горной массы в контурах карьера:

$$V_k = 16000 \cdot 230 + \frac{12195,48 \cdot (159,85 + 159,85)}{3} = 5\,385\,075,8 \text{ м}^3;$$

Объем вскрыши:

$$V_g = 5\,385\,075,8 - 2\,804\,960,2 = 2\,580\,115,6 \text{ м}^3.$$

Получаем коэффициент вскрыши:

$$K_{\text{вскр}} = \frac{2580115,6}{2804960,2} = 0,92.$$

### 2.4.3 Пример расчета коэффициента вскрыши при крутом угле падения пласта

Исходные данные:

№	Показатель	Ед.изм.	Обозначение	Значение
1	Проектная глубина карьера	м	$H_k$	120
2	Высота уступа	м	$h_y$	13
3	Мощность пласта	м	$m$	35
4	Угол падения пласта	град.	$\alpha$	60
5	Угол погашения борта карьера (нерабочий)	град.	$\gamma$	40
6	Длина карьера по дну	м	$L_\partial$	360
7	Ширина карьера по дну	м	$B_\partial$	250
8	Ширина предохранительной бермы	м	$Ш_\partial$	5
9	Угол откоса уступа	град.	$\alpha_y$	80

Выбираем масштаб 1:2000 и строим план карьера и вертикальный разрез (рис.2.11, 2.12).

(1:2000)

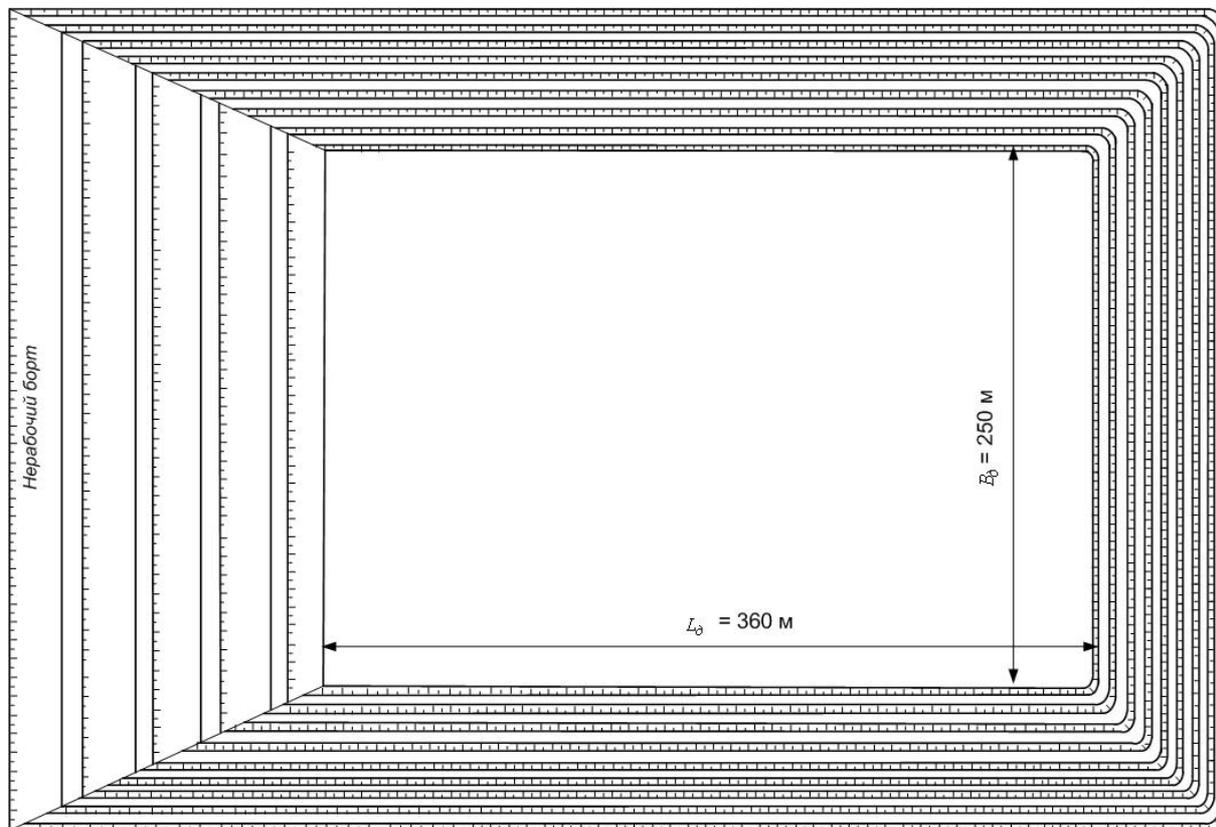


Рисунок 2.11 - План карьера для крутого угла падения пласта

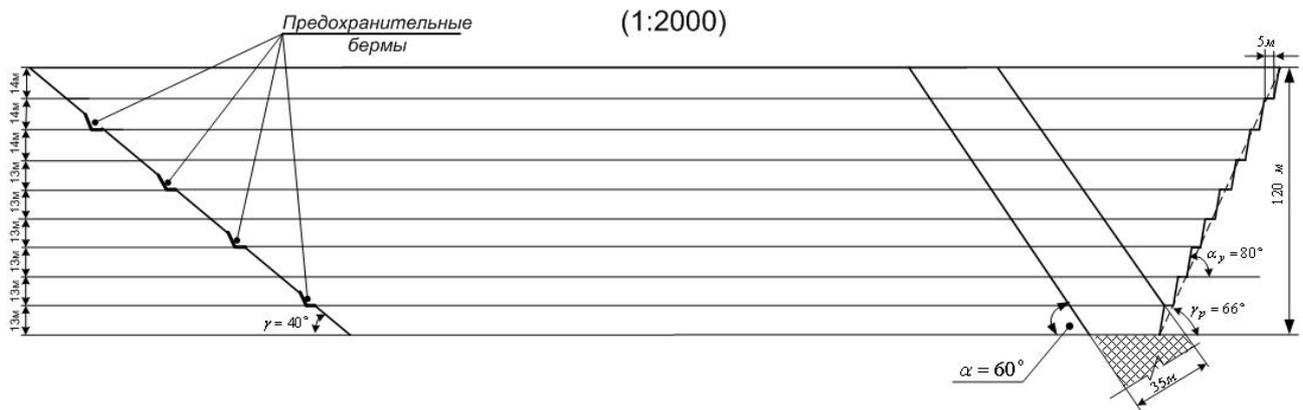


Рисунок 2.12 - Вертикальный разрез карьера для крутого угла падения пласта

Горизонтальная мощность залежи:

$$M = \frac{m}{\sin \alpha} = \frac{35}{\sin 60^\circ} = \frac{35}{0,867} = 40,4 \text{ м.}$$

По вертикальному разрезу карьера, приведенному на рис.2.12, значение рабочего угла борта карьера  $\gamma_p = 66^\circ$ .

Средний угол погашения висячего и лежачего борта карьера:

$$\gamma_{cp} = \frac{\gamma + 3 \cdot \gamma_p}{4} = \frac{40 + 3 \cdot 66}{4} = 46,5^\circ .$$

Объем полезного ископаемого в контурах карьера:

$$V_{п.и.} = 40,4 \cdot 250 \cdot 120 = 1\,212\,807,5 \text{ м}^3.$$

Объем горной массы в контурах карьера:

$$V_k = 250 \cdot 360 \cdot 120 + 2 \cdot 360 \cdot (0,5 \cdot 120 \cdot 120 \cdot \text{ctg} 46,5^\circ) + 250 \cdot (0,5 \cdot 120 \cdot 120 \cdot \text{ctg} 40^\circ) + 250 \cdot (0,5 \cdot 120 \cdot 120 \cdot \text{ctg} 66^\circ) + \frac{\pi}{3} \cdot 120^3 \cdot \text{ctg} 46,5^\circ = 20\,390\,608,1 \text{ м}^3.$$

Объем вскрыши:

$$V_g = 20\,390\,608,1 - 1\,212\,807,5 = 19\,177\,800,6 \text{ м}^3.$$

Получаем коэффициент вскрыши:

$$K_{вскр} = \frac{19177800,6}{1212807,5} = 15,8.$$

#### 2.4.4 Пример расчета параметров въездной траншеи

Выполнить расчет параметров въездной траншеи для следующих исходных данных:

№ вар.	Транспорт на период эксплуатации карьера		Кол-во водоотводных канав	Наличие транспортной бермы шириной А=5 м	Параметры въездной траншеи		
	тип	кол-во полос движения			мощность нескальных пород, $h_{неск}$ / глубина $H$ , м	руководящий уклон, %	угол откоса борта траншеи, $\gamma_{неск} / \gamma_{скал}$ , град.
	БелАЗ-7555	2	2	нет	10/40	35	27/67

Габариты автосамосвала (выбираем из справочной литературы):

- длина – 8890 мм;
- ширина – 5240 мм;

- высота – 4610 мм;
- радиус поворота – 9 м.

Ширина призмы сползания:

$$O_{\sigma} \text{ (формула 2.15): } O_{\sigma} = 10/1,9626 = 5,1 \text{ м.}$$

Ширина траншеи понизу  $B_n$ : (формула 2.16):

$$B_n = 2 \cdot (5,1 + 1) + 2 \cdot 6 + 0 = 24,2 \text{ м.}$$

Проверка ширины траншеи понизу из условия маневрирования автотранспорта при тупиковой схеме разворота в траншее на соответствие параметрам разворота автосамосвала требованиям правил безопасности (формула 2.17):

$$B_n^{mp} = 2 \cdot 2,5 + 9 + 8,89 + 5,24/2 = 25,51 \text{ м.}$$

Ширина траншеи поверху:

- в нескальных породах,  $B_{в.неск}$  (формула 2.18):

$$B_{в.неск} = 24,2 + 2 \cdot 10 \cdot 1,9626 = 63,4 \text{ м;}$$

- в скальных породах на контакте с нескальными,  $B_{в.скал_0}$  (формула 2.19):

$$B_{в.скал_0} = 24,2 + 2 \cdot 10 \cdot 0,4245 = 33,0 \text{ м;}$$

- в скальных породах на максимальной глубине,  $B_{в.скал_H}$  (формула 2.20):

$$B_{в.скал_H} = 24,2 + 2 \cdot 40 \cdot 0,4245 = 58,2 \text{ м.}$$

Длина траншеи:

- по нескальным породам (формула 2.22):

$$L_{тр.неск} = 10/35 \cdot 1000 = 258,7 \text{ м;}$$

- по скальным породам (формула 2.23):

$$L_{тр.скал} = (40 - 10)/35 \cdot 1000 = 857 \text{ м;}$$

- общая длина (формула 2.21):

$$L_{тр} = 258,7 + 857,0 = 1115,7 \text{ м.}$$

Определяем объем работ при строительстве въездной траншеи:

- по нескальным породам (формулы 2.24-2.26):

$$S_{неск} = \frac{24,2 + 63,4}{2} \cdot 10 = 438 \text{ м}^2;$$

$$S_{ср.неск} = \frac{0 + 438}{2} = 219 \text{ м}^2;$$

$$V_{тр.неск} = 219 \cdot 258,7 = 56655,3 \text{ м}^3.$$

- по скальным породам (формулы 2.27-2.30):

$$S_{скал_0} = \frac{24,2 + 33,0}{2} \cdot 10 = 286 \text{ м}^2;$$

$$S_{скал_H} = \frac{24,2 + 58,2}{2} \cdot 40 = 1648 \text{ м}^2;$$

$$S_{ср.скал} = \frac{286 + 1648}{2} = 967 \text{ м}^2;$$

$$V_{тр.скал} = 857 \cdot 967 = 828719 \text{ м}^3.$$

Общий объем въездной траншеи (формула 2.31):

$$V_{тр} = 56655,3 + 828719,0 = 885374,3 \text{ м}^3.$$

Экскаватор подбирается с учётом ёмкости кузова автосамосвала. Его загрузка должна обеспечиваться разгрузкой 5-6-ти ковшей экскаватора. Для заданных условий принимаем экскаватор ЭЖГ-10, на гусеничном ходу с прямой мех лопатой и емкостью ковша  $10 \text{ м}^3$ .

По рассчитанным данным строим сечение и план траншеи с размещением оборудования (рис.2.13).

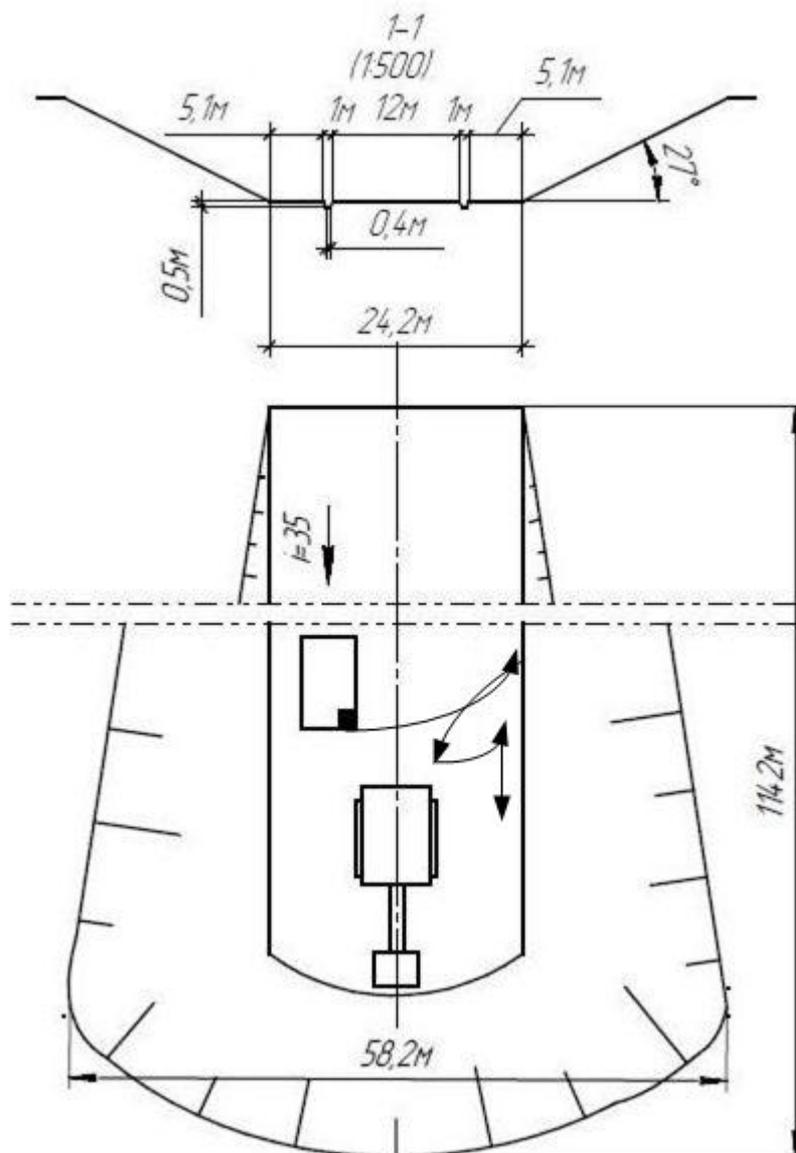


Рисунок 2.13 – Сечение и план траншеи с размещением оборудования

### 3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ И САМОКОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- 1.1. Назовите цель и содержание дисциплины.
- 1.2. Что студент должен знать и уметь после изучения дисциплины?
- 1.3. Дайте определение открытой разработки и перечислите работы, выполнение которых она предусматривает.
- 1.4. Чему равен общий годовой объем добычи полезных ископаемых в мире?
- 1.5. Каково соотношение открытых и подземных работ в мире?
- 1.6. Дайте характеристику состояния открытых горных работ в регионе.
- 1.7. Назовите полезные ископаемые, которые добывают в Донбассе.
- 1.8. В чем состоит различие между карьером и разрезом?
- 1.9. Дайте определение траншеи.
- 1.10. Дайте определение полутраншеи.
- 1.11. Перечислите виды траншей.
- 1.12. Назовите схемы вскрытия карьерных полей.
- 1.13. Назовите основные элементы карьера.
- 1.14. Назовите основные параметры карьера.
- 1.15. Что включает подготовка поверхности карьерного поля к разработке?
- 1.16. Что такое вскрышные работы? Их состав.
- 1.17. Что такое коэффициент вскрыши и как его определить?
- 2.1. Назовите периоды развития горных работ в карьере.
- 2.2. Назовите цели реконструкции карьеров.
- 2.3. Назовите стадии проектирования карьеров.
- 2.4. Что такое проект организации строительства (ПОС) карьера?
- 2.5. Назначение и состав ПОС.
- 2.6. Назовите особенности проектов реконструкции карьеров.
- 2.7. Что такое проект производства работ (ППР)?
- 2.8. Назначение и состав ППР.
- 2.9. Назовите назначение системы ГИС K-MINE.
- 2.10. Перечислите модули, входящие в состав системы проектирования ГИС K-MINE.
- 2.11. Что включает полный цикл проектирования и управления буровзрывными работами в карьере при помощи ГИС K-MINE?
- 2.12. Назовите факторы, влияющие на продолжительность строительства карьера.
- 2.13. Перечислите требования к горным работам при сдаче карьера в эксплуатацию.
- 2.14. Перечислите основные виды монтажных работ при строительстве карьера.
- 2.15. От чего зависит площадь временных зданий и сооружений при строительстве карьера?
- 2.16. Что такое генеральный план карьера?
- 2.17. Что содержит генеральный план карьера?
- 2.18. Что такое строительный план карьера?
- 2.19. Что содержит строительный план карьера?
- 2.20. Чем отличается стройгенплан от генплана?
- 3.1. Что такое капитальная и разрезная траншея (котлован)?
- 3.2. Формы сечения и параметры траншей и полутраншей.
- 3.3. Классификация траншей по продолжительности эксплуатации и назначению.
- 3.4. Назовите технологии строительства въездных траншей.
- 3.5. Какие работы выполняют при применении транспортной схемы по нескольким породам?
- 3.6. Организация работ при использовании транспортной схемы по скальным породам с помощью механических средств.
- 3.7. Организация работ при использовании транспортной схемы по скальным породам с помощью БВР.

- 3.8. Организация работ при использовании бестранспортной схемы.
- 3.9. Организация работ при использовании бестранспортной схемы с помощью взрыва на выброс (с оконтуриванием или без него).
- 3.10. Типы экскаваторов для выемки и погрузки горной массы.
- 3.11. Основные технические параметры колесных скреперов.
- 3.12. Основные технические параметры колесных бульдозеров.
- 3.13. Основные технические параметры погрузчиков.
- 3.14. Основные технические параметры экскаваторов типа «прямая механическая лопата».
- 3.15. Основные технические параметры экскаваторов типа «обратная механическая лопата».
- 3.16. Основные технологические параметры драглайнов.
- 3.17. Область использования автомобильного транспорта.
- 3.18. Область использования конвейерного транспорта.
- 3.19. Транспортно-отвальные конвейерные установки.
- 3.20. Приведите схему действия заряда выброса.
- 3.21. Приведите формулу М.М. Борескова для расчета заряда выброса.
- 3.22. Приведите формулу для расчета ширины развала породы.
- 3.23. Приведите формулу для расчета высоты развала породы.
- 3.24. Приведите схему действия камерного заряда.
- 3.25. Приведите формулу М.М. Борескова для расчета камерного заряда на выброс.
- 3.26. Приведите конструкции скважинных зарядов, размещаемых на контуре траншеи.
- 3.27. Приведите формулу для определения расстояния между скважинами при предварительном щелеобразовании.
- 3.28. Чему равно соотношение между диаметрами скважины и патроном ВВ при щелеобразовании?
- 3.29. Чему равен радиус воронки выброса?
- 3.30. Приведите формулу для определения сейсмически безопасного расстояния при взрывании на выброс.
- 3.31. Как определяется безопасное расстояние, безопасное по разлету отдельных кусков породы, при взрывании на выброс?
- 3.32. Приведите формулу для определения сейсмически безопасного расстояния при взрывании на выброс.
- 3.33. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения, при взрывании на выброс.
- 3.34. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию ударной воздушной волны на человека, при взрывании на выброс.
- 3.35. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию отравляющих газов в направлении, противоположном распространению ветра, при взрывании на выброс.
- 3.36. Приведите формулу для определения расстояния, безопасного по действию отравляющих газов при отсутствии ветра или в направлении, перпендикулярном распространению ветра.
- 3.37. Что такое охранная зона при выполнении ВР?
- 3.38. Какие сигналы подаются при выполнении ВР?
- 3.39. Приведите конструкцию флаг-мачты.
- 3.40. Приведите конструкцию передвижного ж/б блиндажа.
- 3.41. Назовите минимальное расстояние размещения буровой установки от верхней бровки уступа.
- 3.42. Порядок обращения с аммиачной селитрой при изготовлении ПВС.
- 3.43. Порядок обращения с дизтопливом при изготовлении ПВС.
- 3.44. Требования к АБС при изготовлении ПВС.
- 3.45. Обязанности мастера-взрывника при зарядании скважин.
- 3.46. При какой глубине скважины необходима прокладка дублирующей линии ДШ?

- 3.47. Чему равна минимальная длина отрезков ДШ, выходящих из скважин?
- 4.1. Назовите объем мирового потребления промышленных ВВ.
- 4.2. Доля применения ПВС и ЭВВ.
- 4.3. Достоинства ПВС и ЭВВ.
- 4.4. Технические характеристики ПВС-1У.
- 4.5. Как заряжают обводненные скважины?
- 4.6. Конструкция мешка для создания воздушных промежутков в скважине (ВПС).
- 4.7. Изобразите конструкцию сплошного скважинного заряда.
- 4.8. Для чего нужны воздушные или инертные промежутки в конструкции скважинного заряда?
- 4.9. Изобразите конструкцию скважинного заряда с воздушными промежутками.
- 4.10. Технология создания воздушных промежутков.
- 4.11. Назовите достоинства скважинного заряда с жидкостными промежутками.
- 4.12. Что такое рефрактор? Его местоположение в заряде.
- 4.13. Изобразите конструкцию рефрактора для осесимметричного перераспределения импульса взрыва.
- 4.14. Изобразите конструкцию рефрактора для скважинного заряда на контакте пород разной прочности.
- 4.15. Изобразите конструкцию рефрактора для асимметричного перераспределения импульса взрыва.
- 5.1. Приведите схему транспортировки полезного ископаемого из карьера при наличии наклонных стволов.
- 5.2. Приведите схемы использования подземных выработок на карьерах.
- 5.3. Как устроена подземная дробильная камера?
- 5.4. Приведите схему подземного водоотлива.
- 5.5. Что такое рудоспуск? Форма поперечного перереза. Глубина.
- 5.6. Назовите преимущества и недостатки использования рудоспусков.
- 5.7. Как погашают (срезают) рудоспуски?
- 5.8. Классификация карьерных рудоскатов. Область использования.
- 5.9. Оборудование безбункерных рудоскатов.
- 5.10. Оборудование рудоскатов с бункерами.
- 5.11. Приведите схему к расчету границы перехода траншеи в туннель.
- 5.12. Приведите формулу для определения глубины капитальной траншеи, начиная с которой целесообразен переход к туннелю.
- 5.13. Сущность открытого способа строительства туннеля.
- 5.14. Сущность горного способа строительства туннеля.
- 5.15. Виды отделки туннелей.
- 5.16. Что такое портал? Опишите его конструкцию.
- 5.17. Сущность технологии строительства портала открытым способом.
- 5.18. Опишите технологию строительства туннеля по скальным породам с применением оборудования на пневмоходу.
- 5.19. Опишите технологию строительства туннеля по скальным породам с применением горнопроходческого оборудования.
- 5.20. Приведите график выходов рабочих на погрузочных работах при разработке вскрышного уступа.
- 5.21. Как определяется коэффициент списочного состава на погрузочно-транспортные работы?
- 5.22. Как определяется фонд заработной платы на погрузочно-транспортные работы?
- 5.23. Как определяются затраты на электроэнергию для экскаватора?
- 5.24. Как определяются затраты на ГСМ для экскаватора?
- 5.25. Как определяются затраты на ГСМ для автосамосвала?
- 5.26. Как определяются забойные затраты на выемку  $1 \text{ м}^3$  пород вскрыши?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для самостоятельного изучения студентами разных форм обучения направления подготовки «Горное дело» основ дисциплины «Технология строительства карьеров».

В них изложено общее содержание дисциплины. Для каждой темы приведена в сжатом виде наиболее важная информация.

Информация по темам, которые недостаточно полно изложены в учебниках, приведена в развернутом виде.

Второй раздел содержит сведения, необходимые для выполнения расчетно-графической работы. Изложен порядок выполнения, даны необходимые теоретические сведения для определения коэффициента вскрыши и параметров капитальной въездной траншеи.

Приведены варианты заданий и примеры выполнения расчетов и графических построений для различных исходных данных.

Для контроля полноты усвоения материала к каждой из тем сформулированы контрольные вопросы. Все вопросы также приведены в разделе 3.

В методические указания включены 11 приложений, которые содержат описание современной геоинформационной системы K-MINE, а также технические характеристики оборудования, применяемого при строительстве (реконструкции) карьеров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горная энциклопедия: В 5-ти т. [Электронный ресурс] / Под.ред. Е.А. Козловского. – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/>
2. Ракишев, Б. Р. Вскрытие карьерных полей и системы открытой разработки [Электронный ресурс]: Учебник / Б. Р. Ракишев. – 8,56 Мб. – Алматы: КазНТУ, 2012. - 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ea.donntu.org/handle/123456789/34671>
3. Ржевский, В. В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. / В. В. Ржевский. - М.: Недра, 1980. - 631с.
4. Пилипец, В. И. Разрушение горных пород взрывом: учебное пособие для студентов горных специальностей вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / В. И. Пилипец. – Донецк: Новый мир, 2014. – 352 с.
5. Мельников, Н. В. Теория и практика открытых разработок. / Н. В. Мельников. - М: Недра, 1984. – 407 с.
6. Шкуматов, А. Н. Практикум по курсу «Технология строительства карьеров» [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов и магистрантов направления подготовки «Горное дело» / А. Н. Шкуматов; ДонНТУ, Каф. Строительства шахт и подземных сооружений. – (4277 Кб). - Донецк, 2009. - 1 файл. – систем. требования Acrobat Reader
7. Временные единые правила безопасности при обращении со взрывчатыми материалами промышленного назначения [Электронный ресурс] (утверждены Приказом Государственного Комитета горного и технического надзора Донецкой Народной Республики от 17 июля 2018 года № 300). – 4,3 Мб. – Донецк, 2018. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ea.donntu.org/handle/123456789/34456>
8. НПАОТ 0.00-1.67-13. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. – Харьков: ФОРТ, 2013. – 170 с.
9. Шкуматов А.Н., Черкасов И.А. Совершенствование буровзрывных работ на шахтах украинского Донбасса // Глюкауф на русском языке. – М., 2008. - № 4. - С. 25-27.
10. ГИС K-MINE. Комплексные решения для горной промышленности [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://k-mine.ru/KMINE\\_2018\\_complex.pdf](https://k-mine.ru/KMINE_2018_complex.pdf)
11. Половов, Б. Д. Основы горного дела [Электронный ресурс] : общие сведения и понятия горного дела. Подземная, открытая и строительная геотехнологии. / Б. Д. Половов, А. А. Химич, Н. Г. Валиев. – 17,86 Мб. – Екатеринбург: УГГУ, 2012. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - <http://ea.donntu.org/handle/123456789/34673>

Геоинформационная система K-MINE

Система включает следующие модули (рис.А.1) [10].

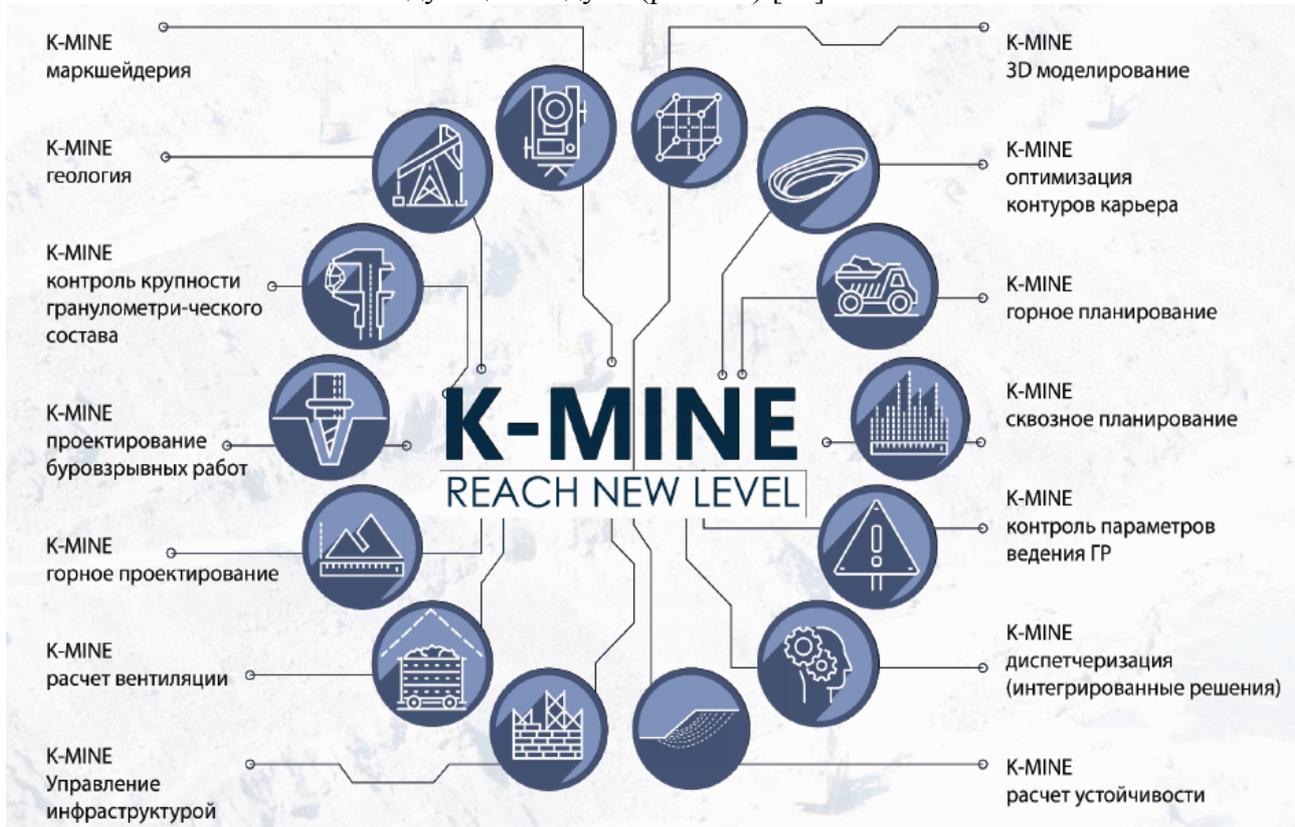


Рисунок А.1 – Базовые программные решения системы K-MINE для горной промышленности

Модуль K-MINE БВР поддерживает полный цикл проектирования и управления БВР в карьере (рис.А.2).



Рисунок А.2 – Полный цикл проектирования и управления буровзрывными работами в карьере

При этом система автоматически рассчитывает параметры буровзрывного блока, определяет число рядов скважин, их количество, массу скважинного заряда рыхления и забойки, а также создает цепи коммутации для взрывания (рис.А.3).

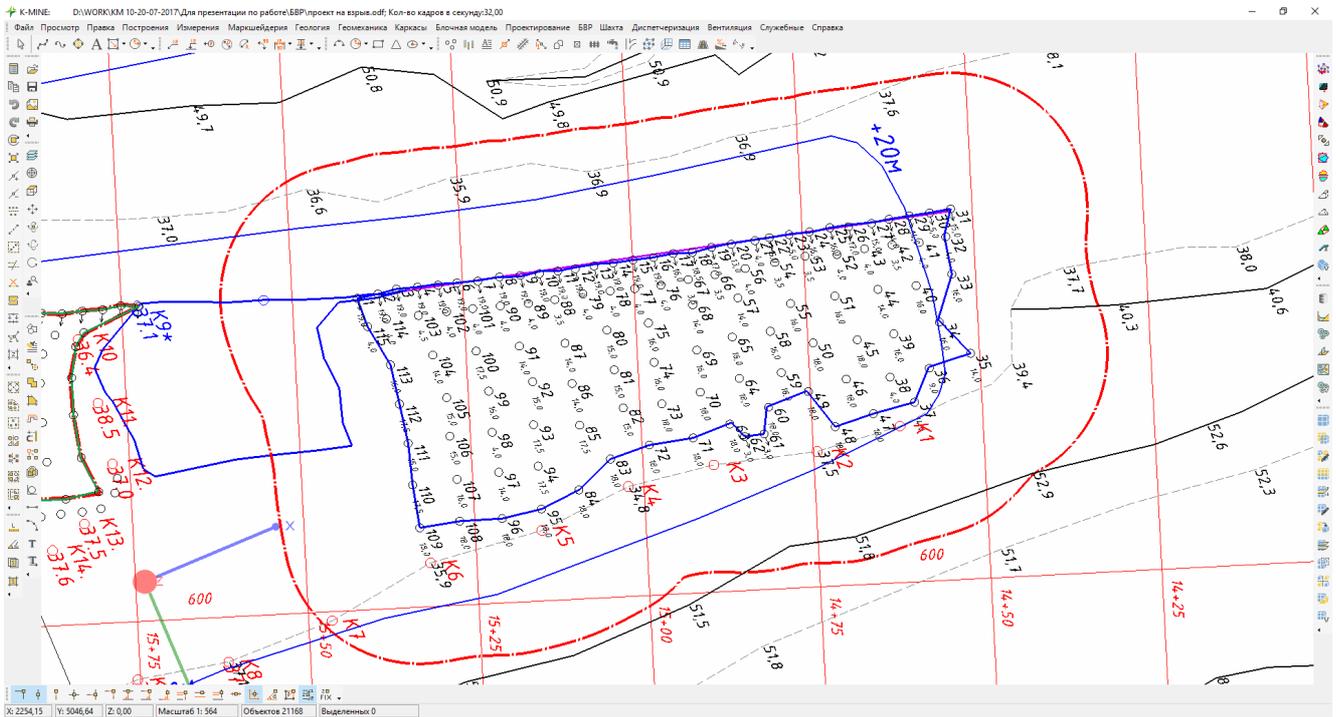


Рисунок А.3 - Создание цепей коммутации и проектов на взрывание

Модуль К-MINE БВР интегрирован с системой точного позиционирования бурового оборудования (рис.А.4).



Рисунок А.4 – Интеграция с системой точного позиционирования бурового оборудования

Нормы продолжительности и распределение капвложений при строительстве карьеров

Таблица Б.1 – Нормы продолжительности строительства карьеров

Проектная мощность рудника по сырой руде, млн. т	Вводимая в эксплуатацию мощность рудника или его очереди по сырой руде, млн. т	Продолжительность строительства, мес									В том числе продолжительность подготовительного периода
		0—5	10	20	30	40	50	100	150	200	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

I. Руды, вмещающие и покрывающие их породы – нескальные.

Транспорт на рудных горизонтах – автомобильный

0,5	0,5	12(7)	12(11)	15	19	23	17	—	—	—	4
1	1	12(8)	13	16	19	23	27	—	—	—	4,5
2	1	12(8)	13	16	19	23	27	—	—	—	4,5
2	2	12(11)	15	18	22	26	29	—	—	—	4,5
4	2	16(8)	16(12)	16	20	24	28	—	—	—	5,5
4	4	18(11)	18(15)	19	23	27	31	—	—	—	5,5
8	2,4	20(9)	20(12)	20(17)	20	22	25	37	—	—	6
8	8	24(13)	24(16)	24(21)	24	26	29	41	—	—	6
12	3	20(10)	20(13)	20(18)	21	23	26	38	—	—	7
12	12	24(16)	24(19)	24	27	29	32	44	—	—	7
16	3,2	24(11)	24(14)	24(19)	24(22)	24	27	39	52	—	8
16	16	30(18)	30(21)	30(26)	30(29)	31	34	46	59	—	8
20	4	24(12)	24(15)	24(20)	24(23)	25	28	40	53	—	9
20	20	30(21)	30(24)	30(29)	32	34	37	49	62	—	9
25	5	24(31)	25(15)	24(20)	24(33)	25	28	40	53	—	9
25	25	30(23)	30(25)	30	33	35	38	50	63	—	9
30	6	30(14)	30(17)	30(22)	30(25)	30(27)	30	42	55	—	10
30	30	35(27)	36(30)	26(35)	38	40	43	55	68	—	10
35	7	30(15)	30(18)	30(22)	30(25)	30(27)	30	42	55	67	10
35	35	36(30)	36(33)	37	40	42	45	57	70	82	10

II. Руды, вмещающие и покрывающие их породы – нескальные.

Транспорт на рудных горизонтах – железнодорожный

2	1	15(11)	16	19	22	26	30	—	—	—	4,5
2	2	16	20	23	26	30	34	—	—	—	4,5
4	2	18(11)	18(15)	19	23	27	31	—	—	—	5,5
4	4	18(15)	19	23	27	31	35	—	—	—	5,5
8	2,4	22(12)	22(15)	22(20)	23	25	28	40	—	—	6
8	8	24(17)	24(20)	25	28	30	33	45	—	—	6
12	3	22(13)	22(16)	22(21)	24	26	29	41	—	—	7
12	12	24(12)	24	29	32	34	37	49	—	—	7
16	3,2	26(15)	26(18)	26(23)	26	28	31	43	56	—	8
16	16	30(24)	30(27)	32	37	40	52	65	65	—	8
20	4	26(16)	26(19)	26(24)	27	29	32	44	57	—	9
20	20	30(28)	31	36	39	41	44	56	69	—	9
25	5	26(17)	26(19)	26(24)	27	29	32	44	57	—	9
25	25	32	34	39	42	44	47	59	72	—	9
30	6	32(18)	32(21)	32(26)	32(29)	32(31)	34	46	59	71	10
30	30	36(35)	38	43	46	48	51	63	76	88	10
35	7	32(29)	32(22)	32(26)	32(29)	32(31)	34	46	59	71	10
35	35	39	42	46	49	51	54	66	79	91	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
III. Руды, вмещающие и покрывающие их породы – скальные. Транспорт на рудных горизонтах – автомобильный											

0,5 0,5 12(10) 18 25 31 — — — — 4  
1 1 12 20 25 31 — — — — 4,5  
2 1 12 20 25 31 37 — — — — 4,5  
2 2 16 24 29 35 41 — — — — 4,5  
4 2 16(13) 19 27 33 39 45 — — — 5,5  
4 4 18 24 32 38 44 50 — — — 5,5  
8 2,4 20(13) 20(19) 27 33 39 45 — — — 6  
8 8 24(21) 27 35 41 47 53 — — — 6  
12 3 20(14) 20 28 34 40 46 — — — 7  
12 12 26 32 40 46 52 58 — — — 7  
16 3,2 24(18) 24(22) 29 35 41 47 — — — 8  
16 16 30(29) 36 43 49 55 61 — — — 8  
20 4 24(17) 24(23) 30 36 42 48 — — — 9  
20 20 35 41 48 54 60 66 — — — 9  
25 5 24(18) 24 30 36 42 48 — — — 9  
25 25 40 46 52 58 64 70 — — — 9  
30 6 30(21) 30(27) 34 40 46 52 — — — 10  
30 30 46 52 59 65 71 77 — — — 10  
35 7 30(22) 30 34 40 46 52 — — — 10  
35 35 52 58 64 70 76 82 — — — 10

IV. Руды, вмещающие и покрывающие их породы – скальные. Транспорт на рудных горизонтах – железнодорожный											
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2 1 17 25 30 36 42 — — — — 4,5  
2 2 22 30 35 41 47 — — — — 4,5  
4 2 18 24 32 38 44 50 — — — 5,5  
4 4 25 31 39 45 51 57 — — — 5,5  
8 2,4 22(18) 24 32 38 44 50 — — — 6  
8 8 28 34 42 48 54 60 — — — 6  
12 3 22(19) 25 33 39 45 51 — — — 7  
12 12 34 40 48 54 60 66 — — — 7  
16 3,2 26(21) 28 35 41 47 53 — — — 9  
16 16 39 46 53 59 65 71 — — — 9  
20 4 26(23) 29 36 42 48 54 — — — 9  
20 20 45 51 58 64 70 76 — — — 9  
25 5 26(25) 31 37 43 49 55 — — — 9  
25 25 53 59 65 71 77 83 — — — 9  
30 6 32(28) 34 41 47 53 59 — — — 10  
30 30 60 66 73 79 85 91 — — — 10  
35 7 32(29) 35 41 47 53 59 — — — 10  
35 35 64 70 76 82 88 94 — — — 10

V. Руды, вмещающие их породы – скальные, покрывающие породы – нескальные. Транспорт на рудных горизонтах – железнодорожный											
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

0,5 0,5 12(19) 14 18 22 26 30 — — — 4  
1 1 12(11) 16 19 23 26 30 — — — 4,5  
2 1 12(11) 16 19 23 26 30 — — — 4,5  
2 2 15 20 23 27 30 34 — — — 4,5  
4 2 16(12) 16 20 24 27 31 — — — 5,5  
4 4 18(17) 21 25 29 32 36 — — — 5,5  
8 2,4 20(12) 20(16) 20 24 28 32 41 — — 6  
8 8 24(20) 24 28 32 36 40 49 — — 6  
12 3 20(14) 20(17) 21 25 29 33 42 — — 7  
12 12 26 29 33 37 41 45 54 — — 7  
16 3,2 24(14) 24(18) 24(22) 26 30 34 43 55 — 8

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	16	30(28)	32	36	40	44	48	57	69	—	8	
20	4	24(15)	24(29)	24(23)	27	31	35	44	56	—	9	
20	20	33	37	41	45	49	53	62	74	—	9	
25	5	24(15)	24(19)	24(23)	27	31	35	44	56	—	9	
25	25	37	41	45	49	53	57	66	78	—	9	
30	6	30(20)	30(23)	30(27)	31	35	39	48	60	73	10	
30	30	45	48	52	56	60	64	73	85	97	10	
35	7	30(21)	30(24)	30(27)	31	35	39	48	60	73	10	
35	35	51	54	57	64	65	69	78	90	103	10	

VI. Руды, вмещающие их породы – скальные, покрывающие породы – нескальные.

2	1	16	21	24	28	31	35	—	—	—	4,5	
2	2	21	26	29	33	36	40	—	—	—	4,5	
4	2	18(17)	21	25	29	32	36	—	—	—	5,5	
4	4	24	28	32	36	39	48	—	—	—	5,5	
8	2,4	22(17)	22(21)	25	29	33	37	46	—	—	6	
8	8	27	31	35	39	43	47	56	—	—	6	
12	3	22(19)	22	26	30	34	38	47	—	—	7	
12	12	34	27	41	45	49	53	62	—	—	7	
16	3,2	26(20)	26(24)	28	32	36	40	49	61	—	8	
16	16	38	42	46	50	54	58	67	79	—	8	
20	4	26(21)	26(25)	29	33	37	41	50	62	—	9	
20	20	43	47	51	55	59	63	72	84	—	9	
25	5	26(22)	26	30	34	38	42	51	63	—	9	
25	25	50	54	58	62	66	70	79	91	—	9	
30	6	32(27)	32(30)	34	38	42	46	55	67	80	10	
30	30	59	62	66	70	74	78	87	99	112	10	
35	7	32(28)	32(31)	34	38	42	46	55	67	80	10	
35	35	62	66	69	73	77	81	90	102	115	10	

Примечания: 1. Нормы продолжительности строительства карьера предусматривают: а) разработку залежей скальных руд, представленных круто- и пологопадающими пластами; б) разработку залежей мягких руд, представленных горизонтальными и пологопадающими пластами; в) применение на вскрышных уступах карьера при мягких покрывающих породах - транспорта непрерывного действия (в сочетании с роторными экскаваторами), а при скальных покрывающих породах - автомобильного или железнодорожного транспорта; г) применение на добычных горизонтах карьера при разработке мягких руд транспорта непрерывного действия или автомобильного и железнодорожного транспорта.

2. В скобках приведены нормы выполнения горно-капитальных и вскрышных работ.

Таблица Б.2 – Примерное распределение капитальных затрат и затрат на строительномонтажные работы по годам строительства для карьеров черной и цветной металлургии

Продолжительность строительства, мес.	Годы строительства								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
12	100	—	—	—	—	—	—	—	—
18	60/70	40/30	—	—	—	—	—	—	—
24	35/40	65/60	—	—	—	—	—	—	—
36	25/30	45/50	30/20	—	—	—	—	—	—
48	10/15	35/40	30/35	25/10	—	—	—	—	—
60	10/12	15/16	25/26	40/41	10/5	—	—	—	—
72	5/6	10/11	15/16	25/26	25/26	20/15	—	—	—
84	5/6	10/11	15/16	22/24	22/24	16/12	10/7	—	—
96	5/6	10/11	15/16	20/21	20/21	14/10	9/8	7/7	—
108-	5/6	10/11	15/16	19/20	19/20	14/10	8/7	6/6	4/4

Примечание. В числителе приведены данные о распределении в % капитальных вложений по годам строительства карьеров, в знаменателе – распределение в % затрат на строительномонтажные работы.

**Приложение В**  
**Оборудование для строительства траншей и выполнения вскрышных работ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ В1: Технические характеристики скреперов**

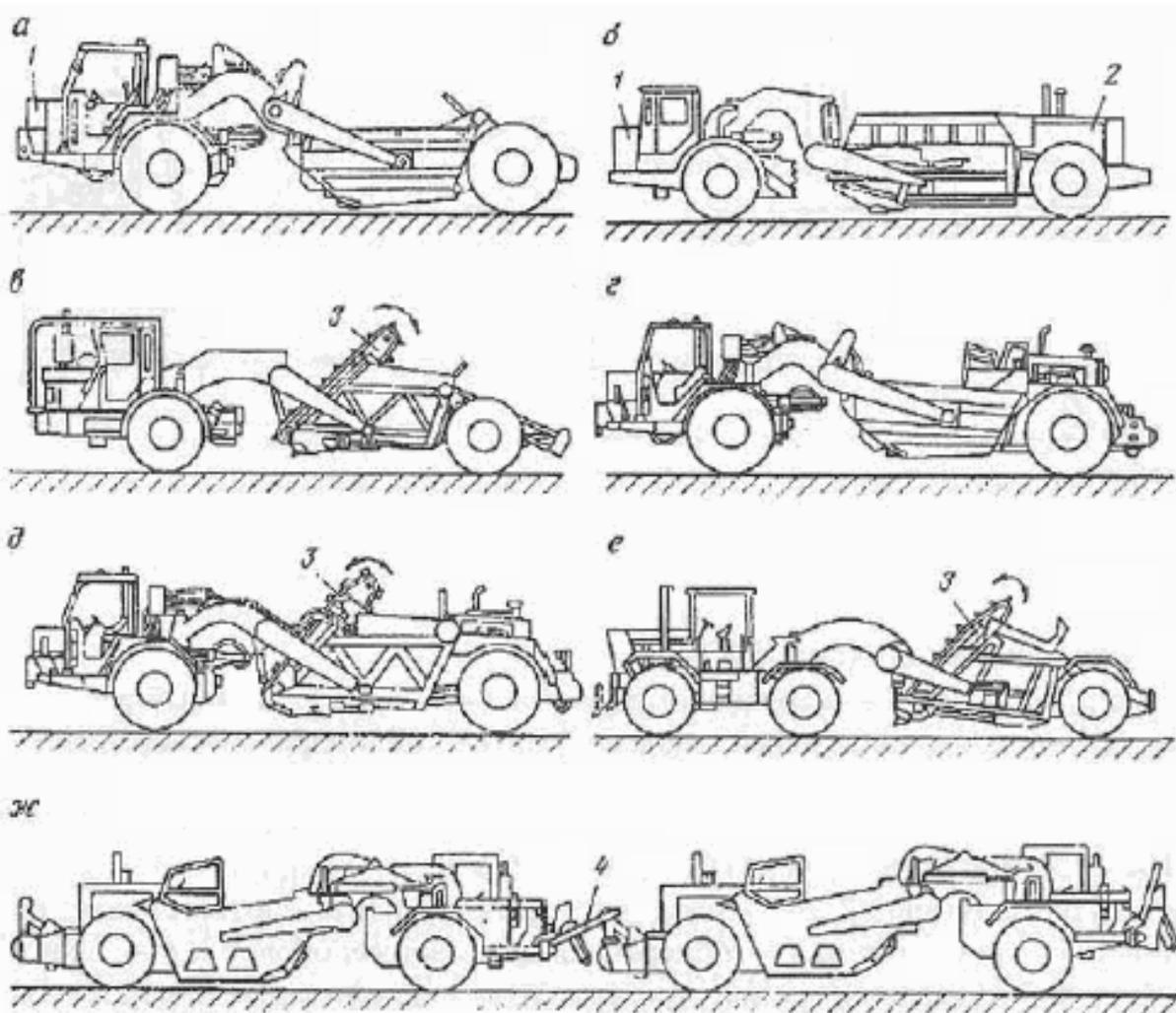


Рисунок В1.1 - Схемы компоновки самоходных скреперов

- а – стандартный одномоторный; б – стандартный двухмоторный углевоз;
- в – элеваторный одномоторный; г – стандартный двухмоторный;
- д – элеваторный двухмоторный; е – полуприцепный элеваторный одномоторный агрегатированный с двухосным трактором;
- ж – тандем двухмоторного по схеме «тяги-толкай»;
- 1,2 – передний и задний двигатели; 3 - элеватор;
- 4 - накидное сцепное устройство

Таблица В1.1 - Техническая характеристика скреперов Могилевского автомобильного завода (Беларусь)

Показатель	Ед. изм.	МоАЗ-60148	МоАЗ-60071
Грузоподъемность	кг	16 000	22 000
Масса скрепера	кг	20 000	30 000
Масса скрепера самоходного полная	кг	36 000	52 000
Объем ковша:	м <sup>3</sup>		
- геометрический		8,3	10,0
- номинальный		11	14,0
Максимальная скорость груженого скрепера	км/час	44	50
Тип двигателя		ЯМЗ-283АМ2	М11-С350
Максимальная мощность двигателя	кВт/л.с.	165,4/225	261/350
Угол вращения тягача в каждую сторону	град.	85	85
Радиус поворота	м	8,6	15
Дорожный просвет под ножами скреперов	м	0,45	0,46
Максимальная толщина слоя отсыпки	м	0,45	0,45
Ширина резки	м	2,82	2,92



МоАЗ-60148



МоАЗ-60071

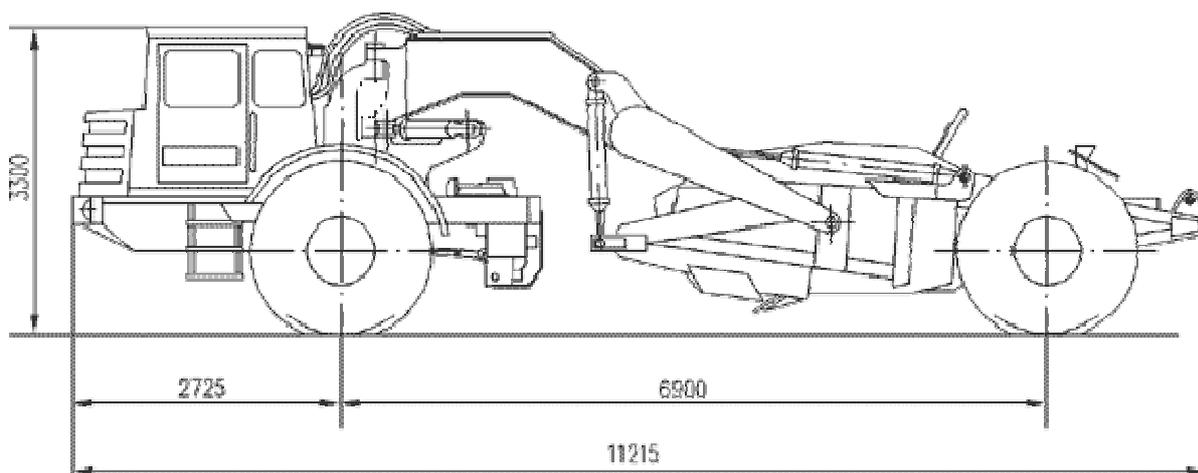


Рисунок В1.2 - Скрепер самоходный МоАЗ-60148 для послойной разработки и транспортировки грунта

Таблица В1.2 – Техническая характеристика скреперов фирмы «Катерпиллар» (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Вместимость ковша с горкой, м <sup>3</sup>	Максимальная скорость с грузом, км/ч
611	3306 T	197/265	11,0	44,4
613C Series II	3116 T	131/175	8,4	35,1
615C Series II	3306 T	197/265	13,0	44,4
621G	3406E EUI <sup>2)</sup> C9 <sup>3)</sup>	246/330...272/365 <sup>1)</sup> 168/225... 186/250	15,3	51,5
623G	3406E EUI	246/330...272/365 <sup>1)</sup>	17,6	51,5
627G	3406E EUI C9 <sup>3)</sup>	246/330...272/365 <sup>1)</sup> 168/225	15,3	51,5
631G	3408E HEUI <sup>2)</sup> C9 <sup>3)</sup>	335/450...365/490 <sup>1)</sup> 186/249	23,7	53,5
637G	3408E HEUI <sup>2)</sup> C9 <sup>3)</sup>	335/450...365/490 <sup>1)</sup> 186/249	23,7	54,9
651E	3412 TA	410/550...452/605 <sup>1)</sup>	33,6	53,0
657E	3412 TA <sup>2)</sup> 3408 TA <sup>3)</sup>	410/550...452/605 <sup>1)</sup> 298/400...238/400 <sup>1)</sup>	33,6	53,0

1)двойной привод

2)двигатель тягача

3)двигатель скрепера



Скрепер фирмы «Катерпиллар»

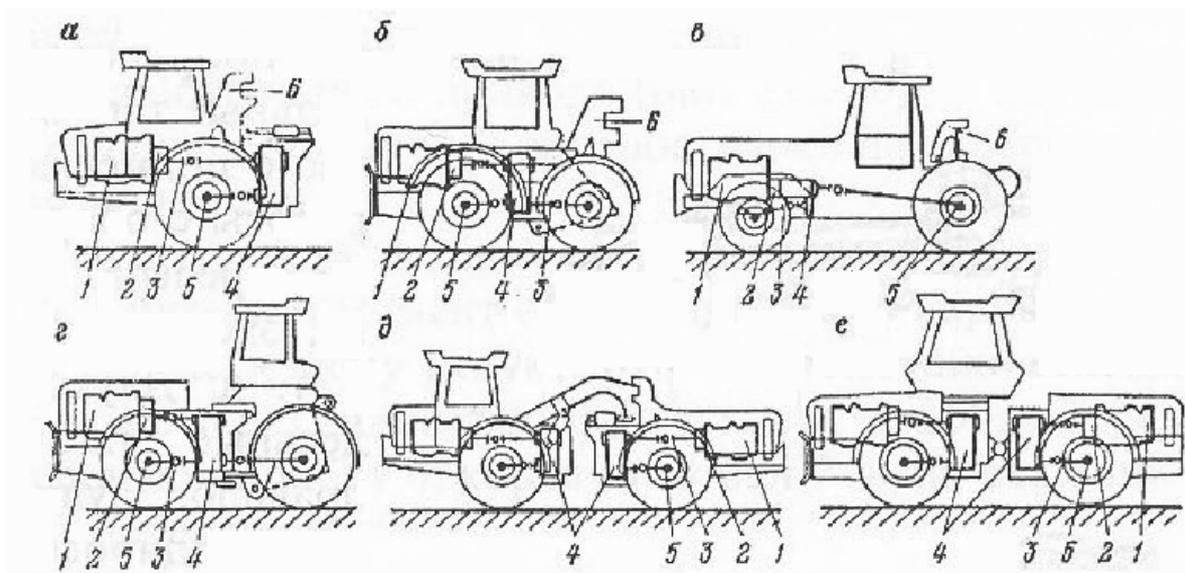


Рисунок В1.3 - Схемы компоновки колесных тягачей:

а - одноосного; б - двухосного короткобазового; в - двухосного длинобазового; г - двухосного со складывающейся шарнирной рамой; д - на базе одноосных тягачей с шарнирной рамой; е - двухосного со складывающейся шарнирной рамой и двумя двигателями; 1 - двигатель; 2 - гидротрансформатор; 3 - карданный вал; 4 - коробка передач; 5 - ведущая ось; 6 - корпус вертикального шарнира крепления полуприцепа

Таблица В1.3 - Техническая характеристика колёсного скрепера ДЗ-87-1А (Украина)

Показатель	Ед. изм	Значения
Базовый трактор (производитель - Харьковский тракторный завод)		Т-150К
Грузоподъемность	т	10,0
Объем ковша	м <sup>3</sup>	
Мощность двигателя	кВт(л.с.)	120(165)
Габариты:	мм	
- длина		10730
- ширина		2922
- высота		2840
Масса рабочая	т	12,3

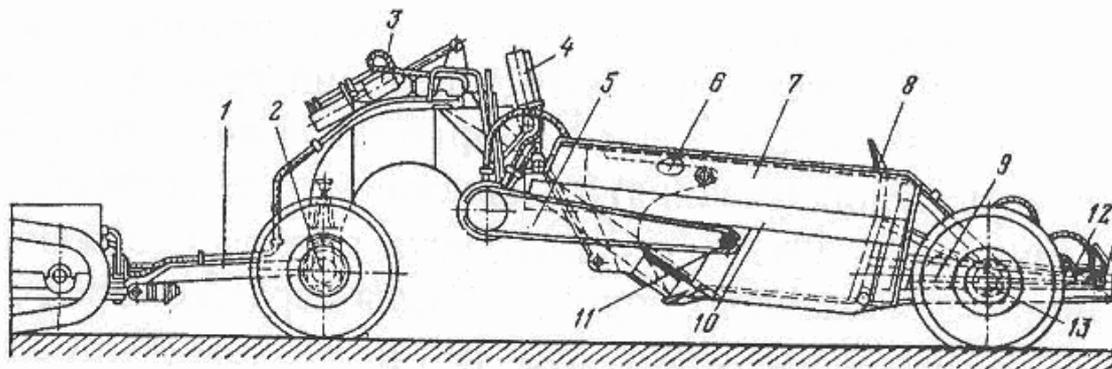


Рисунок В1.4 - Скрепер прицепной типа ДЗ: 1 – прицепное устройство; 2,13 - передняя и задняя оси; 3, 4 - гидроцилиндры управления положением заслонки и ковша; 5 - прицепная тяга; 6 - заслонка; 7 - ковш; 8 - задняя подвижная стенка ковша; 9 - гидроцилиндры выдвигания задней стенки ковша; 10- задняя рама 11 - шарнир; 12 – буфер

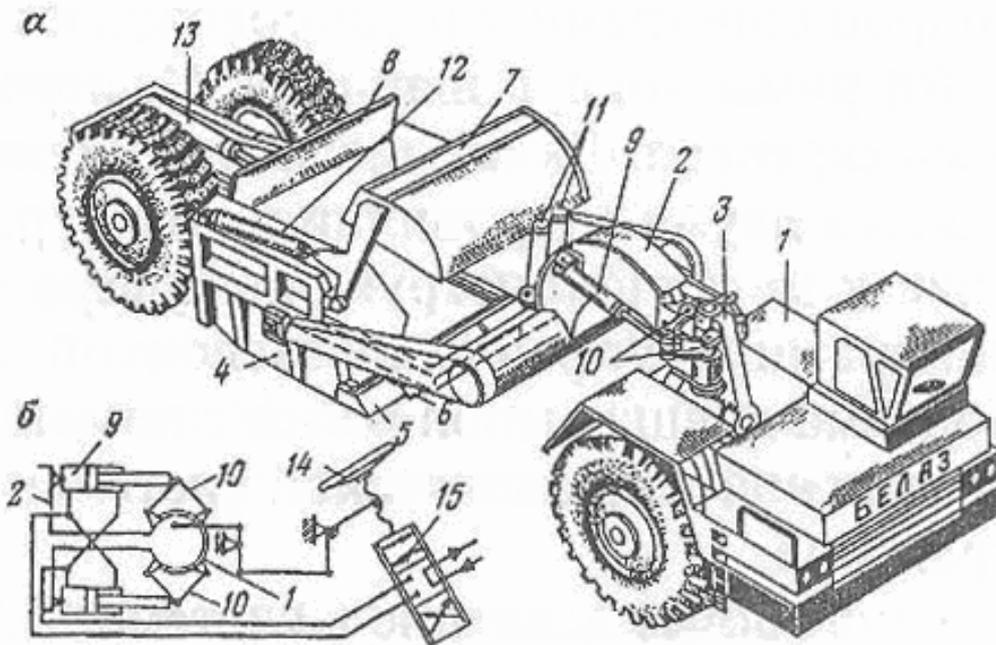


Рисунок В1.5 - Скрепер самоходный, агрегатированный на одноосном тягаче:  
 а - конструктивная схема; б - схема гидроуправления поворотом тягача; 1 - тягач;  
 2 - тяговые рамы; 3 - седельно - сцепное устройство; 4 - ковш; 5,6 - боковой и  
 средний ножи; 7 - заслонка; 8 - задняя подвижная стенка; 9,10 - гидроцилиндры и  
 рычаги механизма поворота тягача, соответственно; 11-гидроцилиндры подъема-  
 опускания ковша; 12 - гидроцилиндры управления заслонкой; 13 - гидроцилиндры  
 выдвижения задней стенки ковша; 14-рулевая колонка; 15 – гидрораспределитель

Таблица В1.4 - Технические характеристики сцепных колесных тягачей  
 (Беларусь, Россия)

Параметры	Одноосные		Двухосные	
	МоАЗ-546П	БелАЗ-531Б	МоАЗ-542	«Зауралец»
Мощность дизельного двигателя, кВт	158	265	177	265
Скорость (вперед/назад), км/ч	40/5	50/23	50/13	47/27
Колея, мм	2300	2490	2400	2360
Габариты, мм:				
- длина	4200	4700	6330	7980
- ширина	2950	3230	3150	3440
- высота	2925	3350	3200	3350
Масса рабочая, т	9	14	12,5	21

## ПРИЛОЖЕНИЕ В2: Технические характеристики бульдозеров

Таблица В2.1 - Колёсные бульдозеры БелАЗ (Беларусь)

Показатель	Ед. изм	БелАЗ–7823	БелАЗ–78231
Масса	т	51	51
Тяговое усилие при $f=0,7$	кН	350	350
Максимальная скорость, вперед/назад	км/ч	25/32	25/32
Габариты:	мм		
- длина		11100	11100
- ширина		4800	4800
- высота		4150	4150
Радиус поворота	м	10	10
Высота отвала	м	1,47	1,47
Продолжительность рабочих операций:	с		
- подъём отвала бульдозера		5	5
- опускание отвала бульдозера		4	4
- наклон отвала бульдозера вперед/назад		4	4
- наклон отвала бульдозера поперечный		2	2
Параметры отвала бульдозера:	м		
- ширина режущей кромки ковша		4,9	4,9
- высота		1,47	1,47
- высота подъёма		1,5	1,5
- углубление		0,45	0,45
Наклон породного отвала:	град.		
- продольный		22	22
- поперечный		9	9
Мощность	кВт (л.с.)	312(425)	360(490)
Колёсная формула	-	4x4	4x4
Шины		35/65-33	35/65-33



БелАЗ–7823

Таблица В2.2 - Техническая характеристика колёсного бульдозера - погрузчика ДЗ-133 (Белорусь)

Показатель	Ед.изм	Значение
Базовый трактор		МТЗ-82УК
Колёсная формула		4x4
Мощность двигателя	кВт(л.с.)	60 (81)
Скорость транспортная	км/ч	16
Тип управления рабочим органом		гидравлический
Грузоподъёмность ковша	кг	750
Объём ковша погрузчика	м <sup>3</sup>	0,4
Ширина бульдозерного отвала	м	2,1
Эксплуатационная масса	т	4,95



ДЗ-133

Таблица В2.3 – Технические характеристики колёсных тракторов (Россия)

Показатель	Ед.изм.	Т-158	К-702
Тяговый класс	кН	30(40)	60(100)
Продольная база	мм	2860	3200
Колея	мм	1860	2115
Давление на грунт	мПа	0,1-0,18	0,11-0,17
Мощность двигателя	кВт	129	158
Радиус поворота	мм	6700	7200
Скорость вперед/назад	км/ч	44,2/18,6	44/44
Габариты:	мм		
- длина		5540	6385
- ширина		2400	2880
- высота		2850	3585
Масса	т	7,9	12,45

Таблица В2.4 - Технические характеристики колёсных тракторов / бульдозеров  
фирмы «Катерпиллар» (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Эксплуатационная масса, кг	Ширина отвала
814F <sup>1)</sup>	3306 TA	164/220	21 000	3,7
824H	C15 ACERT	299/401	28 724	4,5
834H	C18 ACERT	413/554	47 106	5,0
844	3412E HEUI	463/620	70 815	5,4
854G	3508B EUI	597/800	99 395	6,3

1) для стран СНГ



Таблица В2.5 – Техническая характеристика гусеничного бульдозера  
SHEHWA SD8R(Россия)

Показатель	Ед.изм	Значение
Базовый двигатель		Cummins NTA 855-C400
Мощность двигателя	кВт(л.с.)	267 (360)
Производительность при дальности транспортирования 40 м	м <sup>3</sup> /ч	452
Тип управления рабочими органами		гидравлический
Бульдозерный отвал		полусферический
Эксплуатационная масса	т	44,3



Таблица В2.6 - Технические характеристики гусеничных тракторов (Россия)

Параметры	Ед. изм.	Т- 20.01	Т- 25.01	Т- 35.01	ДЭТ- 250М	Т-330	Т-500	Т- 50.01
Тяговый класс	кН	300	400	500	200	150	250	750
Продольная база	мм	3070	3280	3545	3218	2616	2911	3970
Колея	мм	2100	2300	2500	2450	1880	2000	2750
Давление на грунт	мПа	0,11	0,12	0,13	0,07	0,08	0,09	0,16
Мощность двигателя	кВт	210	298	382	147	127	175	552
Скорость вперед/назад	км/ч	10,4/ 13,3	12,6/ 15,5	12,6/ 15,5	5,3/ 5,3	11/ 14,4	11/ 14,2	12/ 14,2
Габариты:	мм							
- длина		4345	4393	5420	6620	4250	4360	6640
- ширина		2660	2810	3150	3120	2650	2900	3500
- высота		3690	4250	4165	3215	3430	3590	4690
Масса	т	26,3	36	45	32	18	21,5	69



Трактор Т-330

Таблица В2.7 - Технические характеристики гусеничных тракторов / бульдозеров  
фирмы «Катерпиллар» (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Эксплуа- тационная масса, кг	Тип отвала
D3G XL	3046	52/70	7 748	VPat
D3G LGP	3046	52/70	8 171	VPat
D4G XL	3046	60/80	8 203	VPat
D4G LGP	3046	60/80	8 546	VPat
D5G XL	3046T	67/90	9 307	VPat
D5G LGP	3046T	67/90	9 657	VPat
D5N XL	3046B	86/115	12 820	VPat
D5N LGP	3126B	86/115	13 250	VPat
D6N XL	3126B	108/145	16 190	VPat/SU
D6N LGP	3126B	108/145	18 110	VPat
D6R XL Series III	C9 ACERT	170/228	20 251	SU
D6R XL SUSeries III	C9 ACERT	170/228	20 080	SU
D6R LGR Series III	C9 ACERT	170/228	21 715	S
D6R XW Series III	C9 ACERT	170/228	21 116	SU
D6G <sup>1)</sup>	3306T	116/155	15 430	S
D7G <sup>1)</sup>	3306T	149/200	20 094	S
D7R Series II	3176C	179/240	24 754	SU
D7R XR Series II	3176C	179/240	25 330	SU
D7R LGP Series II	3176C	179/240	26 893	S
D8R	3406C TA	228/305	37 771	SU
D8T	C15 ACERT	259/347	38 488	SU
D9T	C18 ACERT	346/464	49 567	SU
D9R <sup>1)</sup>	3408C	302/405	48 520	SU
D10T	C27 ACERT	493/661	65 764	U
D11R	3508	634/850	98 414	U
D11R CD	3508B	634/850	98 414	SD

1) для стран СНГ



Таблица В2.8 - Технические характеристики гусеничных бульдозеров фирмы «Коматсу» (Япония)

Показатель	Ед.изм.	Значение
Давление на почву	МПа	0,106
Габариты:	мм	
- длина		6930
- ширина		4300
- высота		3965
Масса	т	45,370
Оборудование бульдозера		
Тип отвала		Полу U-образный отвал с односторонним регулируемым перекосом
Масса	т	7,507
Длина	мм	4300
Высота	мм	1960
Максимальная высота подъёма отвала	мм	1450
Максимальное углубление отвала в почву	мм	640
Максимальный диапазон регулирования углов перекоса	мм	1000
Объём отвала LH/SAE	м <sup>3</sup>	16,5/13,7



## ПРИЛОЖЕНИЕ В3: Технические характеристики бурового оборудования

Таблица В3.1 - Характеристики бурового оборудования

Модель	Диаметр скважины, мм	Глубина скважины, м	Угол наклона скважины к горизонту, град.	Скорость перемещения, км/ч	Установленная мощность, кВт	Масса, т
<b>Станки шнекового бурения</b>						
2СБР-125	125	29	60-90	1,3	122	10
СВБ-2М	160	25	60-90	1,36	61	9,25
СБР-160А-24	160	24	60-90	0,9	184	25
<b>Станки шарошечного бурения</b>						
2СБШ-200-32	215	32	90	0,6	320	50
2СБШ-200-40	215,244	40	60-90	0,6	350	50
СБШ-160/20 - 40	160; 170;215	40	70-90	0,75	400	50
СБШ-250	244,269	32	60-90	0,737	400	71,5
СБШ-250 МНА	244-269	32	60-90	0,737	386	85
СБШ-250-55	244,269	55	60-90	0,84	400	85
СБШ-320-36	320	36	90	0,33	712	110
<b>Станки пневмоударного бурения</b>						
СБУ-100Г-35	105,125	35	60-90	0,83	24	5
СБУ-100П-35	105,125	35	60-90	1,05	24	4
СБУ-100Н-35	105	35	60-90	0,76	40	5
СБУ-125А-32	105-125	32	60-90	0,9	40	9
СБУ-125А-52	125,160	52	45-90	0,9	90	13,5
СБУ-160	155	36	60-90	0,8	197	29
СБУ-200	200	34	60-90	1	256	45

Современное буровое оборудование оснащается бортовой системой точного позиционирования и специальным оборудованием, размещенным на буровой установке (рис.В3.1), которое обеспечивает:

- программный интерфейс обмена данными с системами ThunderBird MS, VG Drill, АСК БВР;
- передачу проектов на бурение на станок, контроль параметров бурения, передачу информации о фактически пробуренных скважинах в К-MINE;
- мгновенную визуализацию проекта на бурение на мониторе машиниста буровой установки;
- контроль фактически пробуренных скважин и оценку качества бурения.

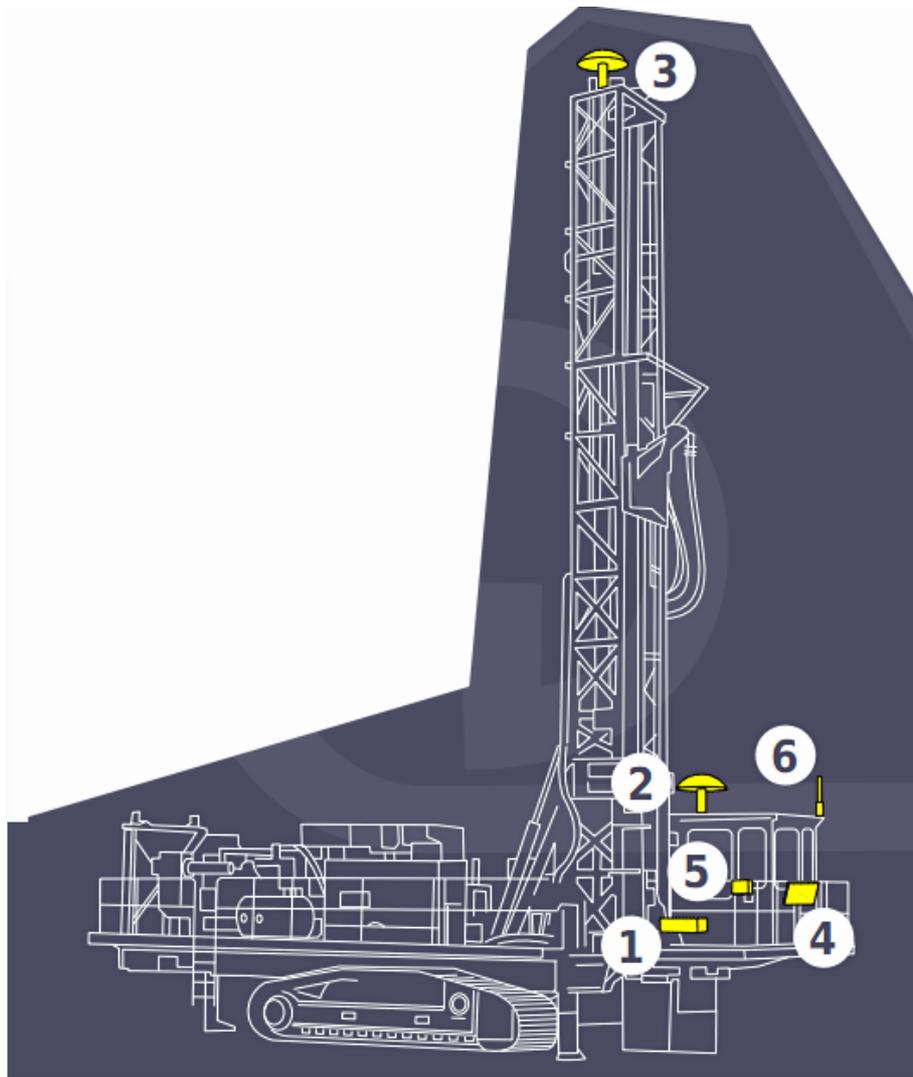


Рисунок В3.1 – Размещение оборудования на буровой установке: 1 - бортовой компьютер; 2 - GPS/ГЛОНАСС приемник; 3 - GPS/ГЛОНАСС приемник; 4 - монитор машиниста; 5 - блок индикации параметров бурового станка; 6 - антенна для внешней связи

Бортовой компьютер контролирует и отображает следующие показатели:

- номер скважины;
- установленную глубину скважины;
- текущую глубину бурения;
- скорость бурения;
- осевое давление на инструмент;
- скорость вращения бурового инструмента;
- угол наклона бурового става;
- нагрузку и напряжение вращателя бурового инструмента;
- давление в гидросистеме вращателя и в гидросистеме осевого давления;
- давление компрессора;
- текущую дату и время и продолжительность бурения.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В4: Технические характеристики экскаваторов

Таблица В4.1 – Технические характеристики экскаваторов карьерных гусеничных – прямых механических лопат производства Ижорского завода (Россия)

Параметр	Ед. изм.	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-10	ЭКГ-15
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	5	8	10	15
Время цикла	с	23	29	26	28
Радиус черпания на уровне стояния	м	9,04	12,2	12,6	15,6
Радиус разгрузки	м	12,65	16,3	16,3	19,5
Высота черпания	м	10,3	12,6	13,5	15,8
Мощность двигателя	кВт	320	530		
Масса	т	157	338	395	769



Таблица В4.2 – Технические характеристики модернизированных экскаваторов карьерных гусеничных – прямых механических лопат производства Ижорского завода (Россия)

Параметр	Ед. изм.	ЭКГ-5Н	ЭКГ-8НУС	ЭКГ-10Н	ЭКГ-36.65М
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	5,2	8	10	32
Время цикла	с	23	29	26	47
Радиус черпания на уровне стояния	м	9,04	13,7	12,6	37,0
Радиус разгрузки	м	12,3	18,6	16,0	62
Высота черпания	м	10,3	15,0	13,7	40
Мощность двигателя	кВт	320	530		
Скорость движения	км/ч	0,55	0,42	0,42	0,55
Давление на поверхность	МПа	0,21	0,19	0,19	0,32
Преодолеваемый подъем	град	12	12	12	5
Масса	т	157	338	395	769

Таблица В4.3 – Технические характеристики экскаваторов карьерных гусеничных – прямых механических лопат производства Уральского завода тяжелого машиностроения (УЗТМ, Россия)

Параметр	Ед. изм.	ЭКГ-5А(5В)	ЭКГ-4УС	ЭКГ-12	ЭКГ-20
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	5,2 (5)	3,2-4,6	12	20
Время цикла	с	23	29	27	28
Радиус черпания на уровне стояния	м	9,0	10,5	14,3	15,2
Радиус разгрузки	м	12,65	13,7	18,5	20,9
Высота черпания	м	10,3	12,9	13,5	15,8
Мощность двигателя	кВт	250 (400)	1250	1250	2250
Масса	т	196 (207)	211	600	1050

Таблица В4.4 – Технические характеристики экскаваторов карьерных прямых и обратных механических лопат гидравлического типа на гусеничном ходу

Параметр	Ед. изм.	Прямая мехлопата		Обратная мехлопата	
		ЭГ-150	ЭГ-350	ЭГО-150	ЭГО-350
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	8	15	6,3	11
Время цикла	с	24	26	22	24
Радиус черпания на уровне стояния	м	13,0	16,0	15,7	21,8
Высота разгрузки	м	9,8	13,0	10,8	12,5
Высота черпания	м	13,5	16,0	14,4	16,7
Высота уступа	м	10,5	14,6	-	-
Глубина черпания	м	-	-	9	12
Мощность двигателя	кВт	500	910	дизель	910
Масса	т	150	350	150	350

Таблица В4.5 – Технические характеристики с прямой лопатой (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике кВт/л.с.	Эксплуатационная масса, т	Емкость ковша, м <sup>3</sup>
RH 40-F	Catterpillar C 18	522/700	108	7
RH 90-C	2x Cummins QSX 15	760/1018	170	10
RH 120-E	2x Cummins QSX 19-C CAC	1008/1350	283	15
RH 170	2x Cummins KTA 38C-1200	1492/2000	374	18
RH 200	2x Cummins KTTA 38C-1350	1880/2520	522	26
RH 340	Cummins K 1500 E	2240/3000	535	39
RH 400	Cummins QSX 60-C 2	4030/5400	980	50

Таблица В4.6 – Технические характеристики шагающих драглайнов производства Уральского завода тяжелого машиностроения (УЗТМ, Россия)

Параметр	Ед. изм.	ЭШ11.45	ЭШ20.90	ЭШ25.100	ЭШ40.100	ЭШ45.100	ЭШ100.125
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	11	20	25	40	65	100
Время цикла	с	54	60	60	60	60	60
Длина стрелы	м	75	90	100	100	100	125
Угол наклона стрелы	град.	30	32	34	32	32	35
Радиус разгрузки	м	71,4	83,0	83,5	94,8	97,6	118,0
Высота разгрузки	м	30,2	28,5	39,0	40,0	38,5	56,0
Глубина черпания	м	38,0	42,5	42,5	47,0	46,0	52,0
Мощность двигателя	кВт	1250	2500V 2250	2500V 2250	2х 2250	4х 2250	4х3360
Масса	т	840	1740	1900	3320	5460	10000



Таблица В4.7 – Технические характеристики роторных экскаваторов производства Новокраматорского машиностроительного завода (НКМЗ, Украина)

Параметр	Ед. изм.	ЭР-800Г	ЭР-1500	ЭР-3000	ЭР-3500М	ЭРШР-4500/21	ЭРШР-4500/25	ЭРШР-4500/30	ЭРШР-5250	ЭРШР-7000
Производительность	м <sup>3</sup> /ч	800	1500	3000	3500	4500	4500	4500	5250	7000
Высота черпания	м	12-13	16-17	20	23	21	25	30	33	37
Глубина черпания	м	0,5	1,7	2	1,8	2	3	3	2,6	3
Диаметр ротора	м	5	6,8	8,6	10,6	11	12,5	12,5	16,5	16,5
Количество ковшей	шт	20	12	16	16	16	16	16	16	16
Ширина ленты	м	1,2	1,2	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	2	2
Скорость движения ленты	м/с	3,3	4,3	3,5	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Скорость движения машины	м/ч	450	480	540	480	120	120	120	120	120
Давление на почву	кг/см <sup>2</sup>	1,3	1,2	1,2	1,25	1,08	1,09	1,12	1,4	1,5
Напряжение	кВ	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Мощность	кВт	320	320	800	800	1000	1000	1000	2×500	2×630
Масса	т	380	710	1140	1280	1470	2020	2270	3760	4370



Таблица В4.8 – Технические характеристики гусеничных роторных экскаваторов производства Днепропетровского машиностроительного завода (Украина)

Параметр	Ед. изм.	ЭРГВ-630.9/0,5(Ц)	ЭРП-1250.16/1(Г)	ЭР-1250.16/1,5	ЭРП-1600.17/1,8
Максимальная производительность	м <sup>3</sup> /ч	690/1300	1250/2500	1000/1700	1650/3100
Емкость ковша/подковшевой камеры	м <sup>3</sup>	0,13/-	0,44/0,3	0,39/0,15	0,42/0,38
Количество ковшей	шт.	8	10	8	11
Высота черпания	м	0,5	1,0	1,5	1,8
Глубина черпания	м	16,6	23,4	22,6	24,1
Радиус разгрузки	м	3,2	6,5	6,5	7,2
Частота вращения ротора	мин <sup>-1</sup>	34	8,5	8,8	8,1
Мощность	кВт	730	1360	860	2250
Масса	т	730	1050	700	1090



Таблица В4.9 – Технические характеристики шагающе-рельсовых роторных экскаваторов производства машиностроительного завода «Азовмаш» (Украина)

Параметр	Ед. изм.	ЭРП-2500.21,4/1	ЭРП-5250
Максимальная производительность	м <sup>3</sup> /ч	2500/3600	5250/7100
Емкость ковша/ подковшевой камеры	м <sup>3</sup>	0,33/0,23	0,6/0,3
Количество ковшей	шт.	18	22
Высота черпания	м	4,1	3,6
Глубина черпания	м	28,7	30,2
Радиус разгрузки	м	8,0	11,5
Частота вращения ротора	мин <sup>-1</sup>	4,5-7,2	5,0-6,5
Мощность	кВт	4040	9600
Масса	т	1870	4100

Таблица В4.10 – Технические характеристики шагающе-рельсовых роторных экскаваторов производства НКМЗ (Украина)

Параметр	Ед. изм.	ЭРШРД-5000.40/3	ЭРШР-5000.40/7	ЭРП-6500
Максимальная продуктивность	м <sup>3</sup> /ч	5000/6750	5000/6750	6500/8000
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	1,5	2,3	2,2
Количество ковшей	шт.	16	10	20
Высота черпания	м	40	40	40
Глубина черпания	м	3	7	4
Радиус разгрузки	м	59	59	50
Диаметр ротора	м	13,0	16,0	13,5
Частота вращения ротора	мин <sup>-1</sup>	3,5-5,0	3,4-4,9	4,5-5,7
Мощность	кВт	10700	6400	8800
Масса	т	4160	4750	5500

Таблица В4.11- Технические характеристики роторных экскаваторов производства Германии

Параметр	Ед. изм.	SRs(κ)-470	SRs(κ)-2000	SRs-2400	SchRs-1500
Производительность	м <sup>3</sup> /ч	1120-1420	3500-4500	6000	5000
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	0,46	0,46	1,7	1,3
Количество ковшей	шт.	16	22	10	10
Высота черпания	м	17	28	35	24
Глубина черпания	м	1,5	3,5	9,0	6,0
Радиус разгрузки	м	22,0	40,5	121,0	27,0
Диаметр ротора	м	6,7	11,0	12,5	13,0
Частота вращения ротора	мин <sup>-1</sup>	5,1-7,0	4,1	4,6	3,6
Мощность	кВт	1480	3200	5750	2584
Масса	т	729	2160	3250	2408

Таблица В4.12 – Технические характеристики роторных экскаваторов производства Чехии

Параметр	Ед. изм.	ЭРП-2500.21,4/1	ЭРП-5250
Производительность	м <sup>3</sup> /ч	2500/3600	5250/7100
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	0,33/0,23	0,6/0,3
Количество ковшей	шт.	18	22
Высота черпания	м	4,1	3,6
Глубина черпания	м	28,7	30,2
Радиус разгрузки	м	8,0	11,5
Частота вращения ротора	мин <sup>-1</sup>	4,5-7,2	5,0-6,5
Мощность	кВт	4040	9600
Масса	т	1870	4100

Таблица В4.13 – Технические характеристики цепных экскаваторов производства Германии

Параметр	Ед. изм.	Es-400 9/(6-9)	Es-400 20/17,5	ERs-710 17,5/16	ERs-1120 (20-24)/(17,5-22)
Емкость ковша	м <sup>3</sup>	0,4	0,4	0,7	1,12
Количество ковшей	шт.	34	47	34	36
Количество ходовых колес	шт.	40	80	-	-
Высота черпания	м	9	20	17,5	20-24
Глубина черпания	м	6-8	17,516		17,5-22
Скорость ковшевой цепи	м/с	1	1,1	1,1	1,35/1,56
Скорость хода	м/мин	8	8	4,8	2-6
Мощность двигателя	кВт	450	700	960	2200
Масса	т	435	800	1000	2300

## ПРИЛОЖЕНИЕ В5: Технические характеристики автосамосвалов

Таблица В5.1 – Техническая характеристика автосамосвала БелАЗ-548 (Беларусь)

Показатель	Ед.изм.	Значение
Мощность	кВт/т	5,7
Грузоподъемность	т	40
Вместимость кузова: общая	м <sup>3</sup>	21,7
с верхом		27
Скорость движения:	км/ч	30
груженого		
порожного		60
Расход топлива	л/100км	138
Радиус разворота	м	9,5
Габариты:	м	8,17
длина		
ширина		3,7
Масса	т	27

Таблица В5.2 – Технические характеристики автосамосвалов производства БелАЗ (Беларусь)

Показатель	Ед.изм.	7540	7547	7555	75491
Мощность	кВт	265	368	537	750
Грузоподъемность	т	30	45	55	80
Вместимость кузова: общая	м <sup>3</sup>	15,1	19	49	59,7
с верхом		19,2	26	56	74
Скорость движения:	км/ч	50	50	55	50
Радиус поворота	м	8,7	10,2	9	11
Габариты :	м				
длина		7,1	8,09	8,89	10,3
ширина		3,86	4,62	5,24	5,42
высота		3,93	3,39	4,61	5,35
Масса	т	22,5	33	40,5	72,5



БелАЗ-548



БелАЗ-75491

Таблица В5.3 – Технические характеристики автосамосвалов производства БелАЗ (Беларусь)

Показатель	Ед.изм.	75131	75215	75303	75306
Мощность	кВт	1194	1691	1765	1716
Грузоподъемность	т	130	180	200	220
Вместимость кузова: общая	м <sup>3</sup>	45,5	92	80	92
с верхом		71,2	125	114	130
Скорость движения:	км/ч	50	40	40	43
Радиус поворота	м	13	16	15	15
Габариты:	м				
длина		11,5	14,58	13,4	17,4
ширина		6,4	7,78	7,78	7,78
высота		5,9	6,46	6,52	6,52
Масса	т	107	163	152,7	156



Таблица В5.4 – Техническая характеристика карьерного самосвала TR35 производства фирмы TEREX (Австралия)

Показатель	Ед.изм.	Значения
Мощность	кВт/л.с.	298/400
Модель двигателя		Cummins QSM
Грузоподъемность	т	31,75
Вместимость кузова: общая	м <sup>3</sup>	15,3
с верхом		19,4
Максимальная скорость движения:	км/ч	55
Габариты:	мм	
длина		7950
ширина		3500
высота		3865
Масса	т	23,725

Таблица В5.5 – Техническая характеристика шарнирно соединенного самосвала ТА40 производства фирмы TEREX (Австралия)

Показатель	Ед.изм.	Значения
Мощность	кВт/л.с.	332/390
Модель двигателя		Detroit Diesel Series 60
Грузоподъемность	т	36,5
Вместимость кузова: общая	м <sup>3</sup>	17
с верхом		22
Максимальная скорость движения:	км/ч	54,7
Габариты:	мм	
длина		10700
ширина		3400
высота		3700
Масса	т	30,73



TR35



ТА40

Таблица В5.6 – Техническая характеристика карьерного самосвала 777F производства фирмы Caterpillar (США)

Показатель	Ед.изм.	Значения
Мощность	кВт/л.с.	785/1016
Модель двигателя		Cat C32 ACERT
Грузоподъемность	т	100
Вместимость кузова: общая	м <sup>3</sup>	41,9
с верхом		60,2
Максимальная скорость движения:	км/ч	64,5
Масса	т	163,293



Таблица В5.7 – Техническая характеристика карьерного самосвала 797В производства фирмы Caterpillar (США)

Показатель	Ед.изм.	Значения
Мощность	кВт/л.с.	2647/3550
Модель двигателя	3524В Caterpillar с электрическим блоком впрыска	
Грузоподъемность	т	117,1
Вместимость кузова: общая	м <sup>3</sup>	380
с верхом		39
Максимальная скорость движения:	км/ч	64,5
Масса	т	252,82



## ПРИЛОЖЕНИЕ В6: Технические характеристики погрузчиков

Таблица В6.1 – Техническая характеристика погрузчиков-экскаваторов производства фирмы Caterpillar (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Эксплуатационная масса, кг	Глубина копания, м
422E	3054 В	58/77	6900-9800	4,39-5,51
428E	3054С DIT	69/94	7570-9700	4,95-5,97
432E	3054 В	58/77	7100-9800	4,85-5,89
434E	3054 Т	62/83	7400-9800	4,85-5,89
442E	3054 Т	66/88	7570-9700	4,85-5,90
444E	3055 Т	73/98	7601-9800	4,85-5,90



Таблица В6.5 - Техническая характеристика погрузчика с многофункциональными рабочими органами производство фирмы Caterpillar (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Эксплуатационная масса, кг	Объем ковша, м <sup>3</sup>
IT14G	3054 Т	67/90	8 450	1,2-1,4
924G	3056Е АТААС	90/121	10 910	1,6-5,0
IT28G	3056Е АТААС	98/132	12 130	1,6-5,0



Таблица В63 - Техническая характеристика колесных погрузчиков производства фирмы Caterpillar (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Эксплуатационная масса, кг	Объем ковша, м <sup>3</sup>
902	3024	34/45	4 280	0,6-1,0
906	3024	45/60	4 960	0,7-1,2
908	3054Т	61/82	6 040	0,9-1,5
914G	3054Т	67/90	7 940	1,2-1,4
924Gz	3056Е АТААС	90/121	10 460	1,7-2,1
928G	3056Е АТААС	98/132	11 840	1,6-5,0
938G II	3126В АТААС-HEUI	119/160	14 300	2,3-3,0
950H	C7 ACERT	161/219	18 400	2,7-4,0
962H	C7 ACERT	172/234	19 500	2,9-4,3
966H	C11 ACERT	184/246	24 500	3,5-4,8
972H	C13 ACERT	229/311	25 800	3,5-5,5
980H	C15 АТААС	237/318	30 500	4,5-5,7
988H	C18 ACERT	373/501	50 800	6,3-7,0
990 II	3412Е HEUI	362/620	76 500	8,4-9,2
992G	35088 EUI	597/800	93 780	11,5-12,3
994D	3516В	933/1250	191 200	14,0-31,0



Таблица В6.5 - Техническая характеристика колесных погрузчиков производства фирмы Volvo (Швеция)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Эксплуатационная масса, кг	Объем ковша, м <sup>3</sup>
Volvo	SAE J1995	370/503	50000-52000	6,1-13,5
	SAE J1349	369/502	50000-52000	6,1-13,5



Таблица В6.6 - Техническая характеристика гусеничных погрузчиков производства фирмы Caterpillar (США)

Модель	Двигатель	Мощность на маховике, кВт/л.с.	Эксплуатационная масса, кг	Объем ковша, м <sup>3</sup>
939С Hystat	3046 Т	67/90	9 484	1,20
953С	3116 Т	90/121	14 680	1,5-1,85
963С	3116 ТА	119/160	19 020	1,9-2,45
973С	3306 ТА	157/210	27 006	2,6-3,20



Таблица В6.4 – Техническая характеристика фронтального погрузчика ZL60G производства Shandong SEM Machinery Co., Ltd. (Китай)

Показатель	Ед.изм.	Значение
Грузоподъемность	т	6
Объем основного ковша	м <sup>3</sup>	3,3
Высота выгрузки	Мм	3000
Усилие рывка	кН	204
Двигатель С6121ZG10h (лицензированный Caterpillar 3306)	л.с.	237
Трансмиссия	гидромеханическая ZF с электрическим управлением	
Максимальная скорость	км/час	36



## ПРИЛОЖЕНИЕ В7: Технические характеристики машин для заряжания ВВ

Таблица В7.1 – Техническая характеристика МЗ-3Б

Показатель	Ед.изм.	Значения	
Базовое шасси	-	КрАЗ - 256	КамАЗ-5611
Диаметр скважины	мм	214	214
Грузоподъемность	т	10	10
Техническая производительность	кг/мин	600	600
Габаритные размеры:	мм		
длина		8290	7030
ширина		2500	2500
высота		3300	3300
Масса	кг	13000	9900

Таблица В7.2 – Техническая характеристика МЗ-4

Показатель	Ед.изм.	Значения
Базовое шасси	-	КрАЗ - 256
Грузоподъемность	т	25
Техническая производительность	кг/мин	450
Емкость:		
бункера	м <sup>3</sup>	26,5
бака для дизтоплива	л	1500
Масса	кг	49500



## ПРИЛОЖЕНИЕ В8: Техническая характеристика автономной водораспылительной установки

Таблица В8.1 - Техническая характеристика АВР-100/75

Показатель	Ед.изм.	Значение
Базовое транспортное средство	тип	БелАЗ – 548А
Емкость цистерны	м <sup>3</sup>	30
Водораспылительная установка		
Тип оросителя	ДДП-100 дальнеструйный	
Тип привода оросителя	гидромеханический	
Мощность привода оросителя	кВт	100
Расход воды	л/с	115
Дальнобойность струи воды	м	85
Рабочее давление воды	кПа	700
Угол поворота ствола оросителя в горизонтальной плоскости	град.	360
Частота оборотов	с <sup>-1</sup>	0,2-2
Диаметр сопла: основного малого	мм	65; 50; 30 20
Орошаемая площадь из одной позиции при частоте поворота ствола 0,2 мин <sup>-1</sup>	тис.м <sup>2</sup>	22,7
Время непрерывной работы	мин	4,4-10
Обслуживающий персонал	чел	1 водитель

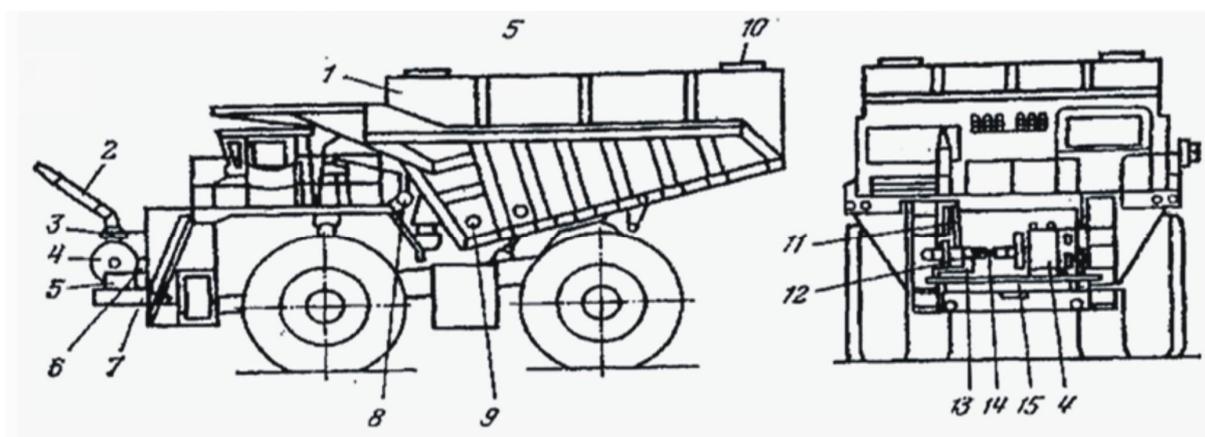


Рисунок В8.1 - Автономная водораспылительная установка АВР-100/75:  
 1 – бак для воды; 2 – ороситель ДДП-100; 3 – механизм кругового вращения ствола; 4 – электродвигатель оросителя; 5 – электрошкаф; 6 – всасывающий трубопровод; 7 – рама; 8 – задвижка с приводом от гидроцилиндра; 9 – ТЭН;  
 10 – люк; 11 – приводной вал механизма поворота ствола; 12 – насос;  
 13 – редуктор; 14 - карданный вал; 15 - платформа

## ПРИЛОЖЕНИЕ В9: Технические характеристики отвалообразователей

Таблица В9.1 - Технические характеристики отвалообразователей

Показатель	Ед.изм.	ОШР-1600/110	ОШР-5000/190	ОШР-7000/190	ОШР-7000/85
Производительность по объему	м <sup>3</sup> /ч	1600	5000	7000	8000
Производительность по массе	т/ч	3000	6500	9000	10000
Радиус отгрузки	м	110	190	190	85
Длина приемной консоли	м	45,3	62	62	
Высота отсыпки	м	30	50	50	27
Длина отвалообразователя	м	155	269	269	
Угол поворота машины	град.	360	360	360	360
Среднее удельное давление на грунт под лыжами	кг/см <sup>2</sup>	1,3	1,28	1,28	
Среднее удельное давление на грунт под базой	кг/см <sup>2</sup>	0,8	1,82	1,82	1,8
Тип ходовой части		шагающий	шагающе-рельсовый	шагающе-рельсовый	шагающе-рельсовый
Установленная мощность	кВт	1050	3800	3800	2000
Напряжение	В	10000/ 6000	10000/ 6000	10000/ 6000	10000/ 6000
Масса	т	600	3150	3150	1300



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к самостоятельной работе под контролем преподавателя  
по дисциплине «**Технология строительства карьеров**»

для студентов программы профессионального образования «специалист»

по специальности 21.05.04 «Горное дело»

всех форм обучения

Составитель:

Александр Николаевич Шкуматов