

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
«ЧЕРЕМХОВСКИЙ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ  
ИМ. М.И. ЩАДОВА»**

**РАССМОТРЕНО**

на заседании ЦК  
«Горных дисциплин»  
«04» февраля 2025 г.  
Протокол № 6  
Председатель: Н.А. Жук

**Утверждаю:**  
Зам. директора  
О.В. Папанова  
«26» мая 2025 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по практическим занятиям студентов  
учебной дисциплины

*МДК 01.02 Технология ведения взрывных работ при открытых горных  
работах*

*21.02.15 Открытые горные работы*

Разработал:  
Пилипченко Н.А.

2025г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>СТР.</b>
1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	3
2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	4
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	97
ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ, ВНЕСЁННЫХ В МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	99

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по практической учебной дисциплине *МДК 01.02 Технология ведения взрывных работ при открытых горных работах* составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программы дисциплины по специальности *21.02.15 Открытые горные работы*.

Цель проведения практических занятий: формирование практических умений, необходимых в последующей профессиональной и учебной деятельности.

Методические указания являются частью учебно-методического комплекса по дисциплине и содержат:

- тему занятия (согласно тематическому плану учебной дисциплины);
- цель;
- оборудование (материалы, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал и др.);
- методические указания (изучить краткий теоретический материал по теме практического занятия);
- ход выполнения;
- форму отчета.

В результате выполнения полного объема заданий практических занятий студент должен **уметь**:

- применять технические и другие документы, регламентирующие порядок качества и безопасность выполнения горных и взрывных работ;
- самостоятельно составлять и читать паспорта буровзрывных работ;
- оценивать влияние свойств горных пород и состояния породного массива на выбор технологии и механизации буровзрывных работ;
- выбирать тип взрывчатых веществ при расчетах и проектировании взрывных работ в различных горно-геологических и горнотехнических условиях;
- рассчитывать процессы превращения взрывчатых веществ при взрыве и анализировать результаты производства взрывных работ;
- контролировать выполнение правил безопасности при проведении взрывных работ.
- В результате освоения дисциплины студент **должен знать**:
- о взрывчатых веществах, химических реакциях, протекающих при взрыве;
- классификацию взрывчатых веществ по химическому составу; химические формулы, химические и физические свойства основных типов взрывчатых веществ;
- основные химические процессы и технологии получения взрывчатых веществ типа химических соединений; вопросы химического взаимодействия компонент взрывчатых веществ с горными породами;
- свойства и классификации горных пород; параметры состояния породных массивов;

- закономерности изменения свойств горных пород и породных массивов под воздействием физических полей.

При проведении практических работ применяются следующие технологии и методы обучения:

1. Проблемно-поисковых технологий
2. Тестовые технологии

### **Оценка выполнения заданий практических (лабораторных) занятий**

**«Отлично»** - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено высоко.

**«Хорошо»** - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**«Удовлетворительно»** - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки.

**«Неудовлетворительно»** - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

В соответствии с учебным планом и рабочей программы дисциплины *МДК 01.02 Технология ведения взрывных работ при открытых горных работах* на практические (лабораторные) занятия отводится **34 часов**.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

№ п/п	Тема практических занятий	Количество часов
1	Типы линий и их назначение на чертежах открытых горных работ. Обозначение откосов уступов и насыпей.	2
2	Оценка буримости и взрываемости горных пород. Выбор основного оборудования.	4
3	Изучение средств взрывания.	2
4	Выбор бурового инструмента.	4
5	Состав, характеристики и условия применения взрывчатых веществ.	2
6	Оценка взрываемости горных пород и выбор типа взрывчатых веществ.	4
7	Расчет параметров буровзрывных работ.	4
8	Определение параметров взрывных скважин.	4

9	Выбор схемы коммутации. Параметры развала взорванной горной массы.	4
10	Расчет параметров расположения скважин на уступе и величины заряда ВВ в скважине	4

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

#### Практическое занятие № 1

**Тема:** Типы линий и их назначение на чертежах открытых горных работ. Обозначение откосов уступов и насыпей.

**Цель:** Изучить типы линий и их назначение на чертежах открытых горных работ, в т.ч. на паспортах забоев при ведении горных работ на угольных разрезах.

**Оборудование:** раздаточный материал

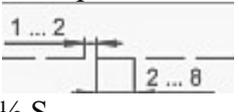
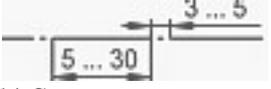
**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:**

1. Изучить материал практической работы

Таблица 1.1- Типы линий и их назначение

Наименование линии, начертание, толщина S, мм	Назначение
1. Сплошная основная  $S = (0,8 \div 1) \text{ мм}$	1. Стандарт. Линия фактического контура всех горных выработок на видах и разрезах (сечениях). 2. Расширение стандартов. <b>В профиле:</b> внешний контур уступа (по дуступа) в массиве горных пород или по уголь ному пласту; кровля и почва пласта; контур развала горной массы, отвального яруса, про -межуточного навала породы (угля) и предохранительного вала; отсыпанные из породы трассы для передвижения экскаваторов; рабочая площадка; основание внутреннего отвала; линия массива. <b>На плане:</b> верхние бровки откосов уступа (подуступа); забоев по породе или углю; насыпей (отвальный ярус, промежуточный навал породы (угля), трасс для перемещения оборудования). 3. Гребень предохранительного вала. Бергштрихи
2 Сплошная тонкая  $S/3$	1. Стандарт. Линии размерные и вынос ные; линии штриховки; линии выноски; линии упрощенных контуров сложных криволинейных форм; горизонтали; изолинии; линии границ горных пород на разрезах и сечениях. 2. Расширение стандартов. <b>В профиле:</b> проектный контур горной выработки; структура внутреннего отвала в бестранспортных технологических схемах;

	<p>контур оборудования.</p> <p><b>На плане:</b> нижняя бровка откосов уступов по массиву вскрышных пород и угольным пластам; контур оборудования; линии выхода пластов на горизонт; линии ската; положение оси вращения экскаватора.</p>
<p>3.Сплошная волнистая</p>  <p>½ S</p>	Стандарт. Линии обрыва; линии разграничения вида и разреза
<p>4. Штриховая</p>  <p>½ S</p>	Стандарт. Линии невидимых контуров горных выработок, находящихся за плоскостью проекций (разреза). Расширение стандартов. В профиле: первоначальный контур массива или навала до снятия породы; контур предполагаемой выемки породы в массиве или навале.
<p>5.Штрихпунктирная тонкая</p>  <p>½ S</p>	Стандарт. На плане: нижняя бровка насыпей (отвала, развала, отвальных ярусов): на- сыпей (породы или угля); на профиле и плане оси рабочего хода экскаваторов; ось автомобильной или железной дороги.
<p>6. Разомкнутая</p>  <p>1,5 S</p>	Положение секущей плоскости (линии сечений).
<p>7.Сплошная тонкая с изломами</p>  <p>½ S</p>	Длинные линии обрыва.

2.Выполнить рамку поля чертежа, воспроизвести в карандаше все схемы, рис 1.3 с соблюдением стандартов на обозначение откосов уступов и проставить номера линий с соответствии с табл. 1.1.

3.Заполнить основную надпись.

Работа выполняется на формате А3.

### Методические указания:

Разработаны локальные стандарты на графические изображения и условные обозначения на чертежах паспортов забоев вскрышных и добычных работ технологических схем ведения горных работ на угольных разрезах. В их основе лежат стандарты на горную графическую документацию (ГОСТ 2.850–75–ГОСТ2.857–75) и единую систему конструкторской документации (ГОСТ2.303–68). Стандарты уточнены и расширены с учетом особенностей разработки сложноструктурных угольных месторождений открытым способом. Типы линий и их назначение приведены в табл. 1.1.

### Основные принципы разработки локальных стандартов:

–структура чертежа паспорта забоя и условные обозначения линий должны полностью раскрывать технологию производства горных работ;

–трудоемкость выполнения чертежа должна быть минимальной, для чего не рекомендуется дублировать, за исключением обоснованных случаев, обозначение некоторых элементов на профиле или (и) плане чертежа (например, кусковатость горной массы развала, нанесение лишних линий ската и бергштрихов ит.д.);

–обеспечение достаточного свободного места, особенно на профиле, для нанесения размеров и надписей;

–специализированы и расширены назначения линий, принятых стандартами на горно-графическую документацию.

Одним из основных элементов любой открытой горной выработки или насыпи является откос, который обозначается линиями верхней или нижней бровок.

При обозначении откоса возможны два характерных случая (рис. 1-а, б). Первый, когда линия нижней бровки откоса уступа выражена четко (рис. 1.1-а). Такая форма уступа соответствует технологии разработки с применением колесных погрузчиков, бульдозеров, скреперов и других средств, обеспечивающих срезание породы по линейной траектории. В этом случае верхняя и нижняя бровки обозначаются сплошной основной линией. Второй, когда при изображении откоса уступа в массиве отсутствует четкая линия нижней бровки (рис. 1.1-б). Такая поверхность уступа возникает в результате движения режущей кромки зубьев ковша экскаватора по криволинейной траектории, а также из-за осыпания породы с откоса уступа. В этом случае нижняя бровка обозначается тонкой сплошной линией.

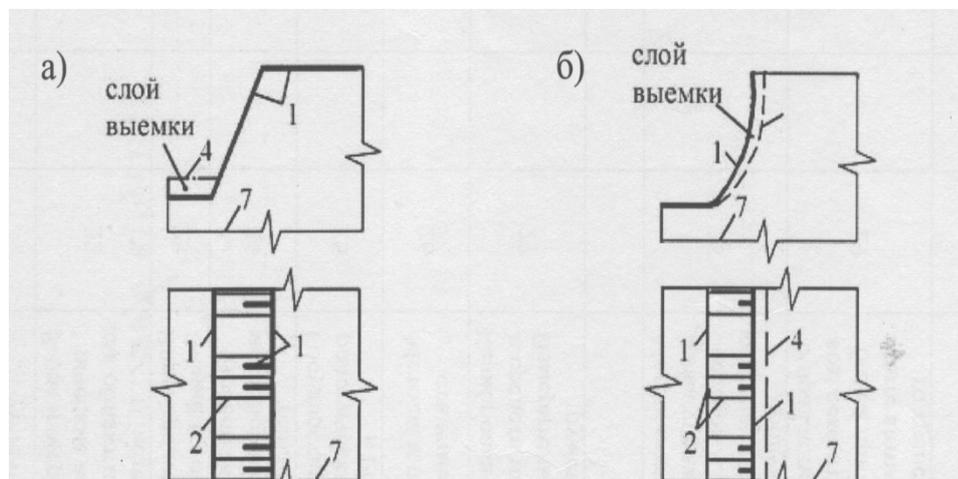
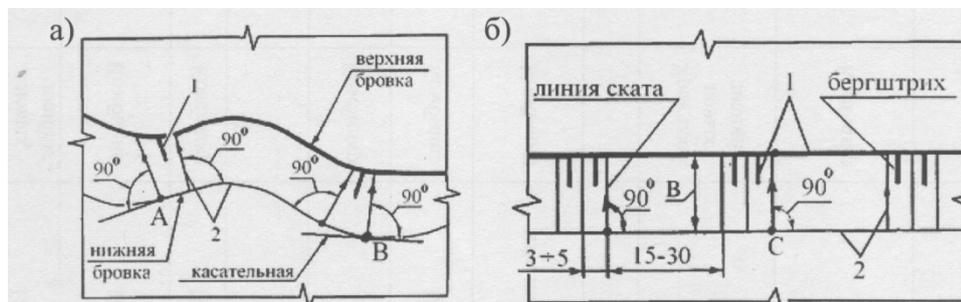


Рисунок 1.1 - Изображение откосов уступа с четко (а) и нечетко (б) выраженной бровкой (цифры соответствуют номеру линии согласно табл. 1.1)

На плане горных чертежей поверхность откоса уступа обозначается линиями ската и бергштрихами (рис. 1.2-а, б).



**Рисунок 1.2-** Общие правила обозначения поверхности откоса уступов:

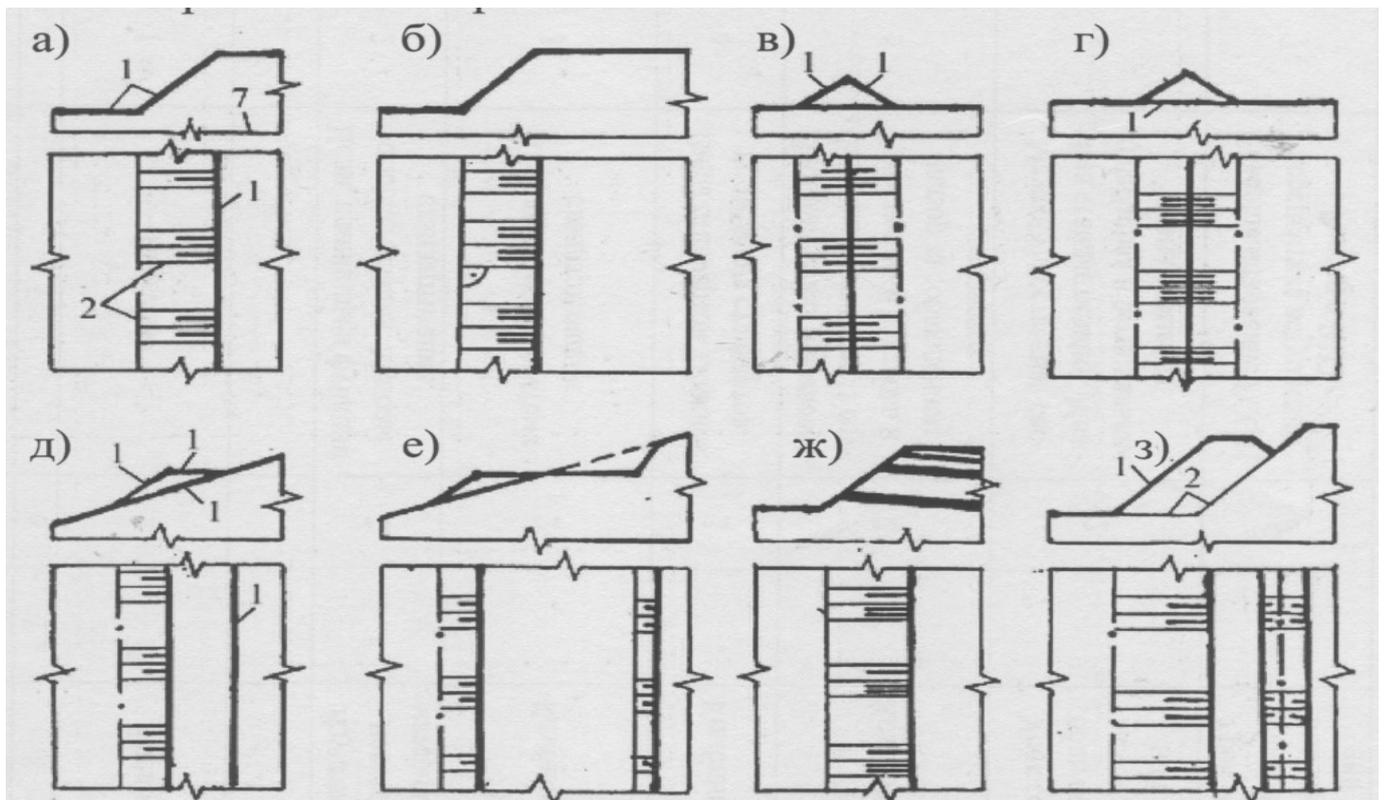
а – общий случай – криволинейный участок уступа; б – частный случай – прямолинейный участок уступа.

**По определению линия ската** – линия наибольшего наклона, лежащая в плоскости откоса уступа и перпендикулярная к нижней бровке. Поэтому для нанесения линий ската из любой точки нижней бровки (А, В или С на рис. 1.2-а, б) восстанавливают перпендикуляр до пересечения с верхней бровкой. При криволинейной нижней бровке через назначенную точку необходимо предварительно провести касательную. Линии ската обозначаются сплошной тонкой линией. Расстояние между линиями ската зависит от масштаба чертежа. Минимальное расстояние между соседними линиями ската принимают равным 4–6 мм на чертежах мелкого масштаба (М 1:1000 или М 1:2000), максимальное – до 0,5В на чертежах крупного масштаба М 1:200 или М 1:500 (где В – горизонтальное заложение откоса уступа на рис. 1.2-б). Обозначение откоса уступа может производиться одной группой линий (две линии ската и бергштрих) или сдвоенной, но не более указанных в табл. 1.2

**Таблица 1.2-Параметры размещения линий ската и бергштрихов при обозначении откосов уступов**

Откос	Параметры размещения линий ската и бергштрихов
Вскрышного уступа по массиву	
Уступа по развалу	
Добычной уступ	
Породной насыпи (в т.ч. ярус отвала)	
Угольной насыпи	

**На рис. 1.3 приведены примеры обозначения откосов уступов на различных горных объектах.**



**Рисунок 1.3** - Примеры обозначения откосов уступов: а – вскрышной уступ; б – угольный уступ; в – предохранительный породный вал; г – предохранительный вал из угля; д – породная насыпь на пологой поверхности; е – полувыемка-полунасыпь; ж – уступ по породоугольному массиву; з – ярус внутреннего отвала

### Контрольные вопросы:

1. Назовите основные принципы разработки локальных стандартов.
2. как обозначают откос уступа?
3. Дайте определение линии ската.
4. От чего зависит расстояние между линиями ската.

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

### Практическое занятие № 2

**Тема:** Оценка буримости и взрываемости горных пород. Выбор основного оборудования.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:** выполнить задания

## Порядок выполнения работы

### 1. Краткое теоретическое введение.

Наличие большой группы показателей, характеризующих свойства горных пород как объекта разработки, затрудняет их оценку, не позволяет выбрать основное оборудование и определить параметры производственных процессов на карьерах.

Поэтому предложено использовать обобщенные (интегральные) показатели, оценивающие сопротивление пород разрушению при воздействии на них рабочих органов горно-транспортных машин.

Процесс подготовки пород к выемке можно характеризовать показателем трудности бурения и удельным эталонным расходом эталонного ВВ. эталонными являются аммонит №6ЖВ и граммонит 79/21.

### 2. Последовательность выполнения работы.

Для заданного преподавателем варианта рассчитывают показатели трудности бурения и взрывания.

Показатель трудности бурения

$$P_6 = 0,007 \cdot (\sigma_{сж} + \sigma_{сдв}) + 0,7 \cdot \gamma. \quad (1)$$

Удельный эталонный расход эталонного ВВ, г/м<sup>3</sup>

$$q_э = 0,02 \cdot (\sigma_{сж} + \sigma_p + \sigma_{сдв}) + 2 \cdot \gamma. \quad (2)$$

Классифицировать заданную породу по буримости и взрываемости, используя классификации В.В. Ржевского.

Классификация пород по буримости (1 - 5 – категории пород)

1. Легкобуримые,  $P_6 = 1 \div 5$ .
  2. Средней трудности бурения,  $P_6 = 5,1 \div 10$ .
  3. Труднобуримые,  $P_6 = 10,1 \div 15$ .
  4. Весьма труднобуримые,  $P_6 = 15,1 \div 20$ .
  5. Исключительно труднобуримые,  $P_6 = 20,1 \div 25$ .
- Породы с  $P_6 > 25$  – внекатегорные.

Классификация пород по взрываемости (1 - 5 – категории пород)

1. Легковзрываемые,  $q_э < 10$  г/м<sup>3</sup>.
  2. Средней трудности взрывания,  $q_э = 10,1 \div 20$  г/м<sup>3</sup>.
  3. Трудновзрываемые,  $q_э = 20,1 \div 30$  г/м<sup>3</sup>.
  4. Весьма трудно взрываемые,  $q_э = 30,1 \div 40$  г/м<sup>3</sup>.
  5. Исключительно трудно взрываемые,  $q_э = 40,1 \div 50$  г/м<sup>3</sup>.
- Породы с  $q_э = 50$  г/м<sup>3</sup> – внекатегорные.

Проанализировать влияние отдельных факторов на величину показателя трудности бурения (формула 1) вычисленного для породы, указанной в табл. 1. Для этого поочередно изменяют значение каждого из них, оставляя остальные величины без изменений. Сначала увеличивают

значение  $\sigma_{сж}$  на 10, 20, 30 %, а затем уменьшают его на 10, 20, 30% и рассчитывают в каждом случае показатель трудности бурения.

На основании полученных данных в прямоугольной системе координат строят график  $P_6 = f(\sigma_{сж})$  и устанавливают прирост  $P_6$  с увеличением  $\sigma_{сж}$  на 10%.

Аналогичным образом определяют степень влияния остальных факторов, предварительно построив графики  $P_6 = f(\sigma_{сдв})$  и  $P_6 = f(\gamma)$ . Выявляют наиболее значимый из всех факторов. Им следует считать тот, который обеспечивает максимальное изменение величины  $P_6$ .

Выполняют подобным же образом необходимые построения и вычисления для удельного эталонного расхода эталонного ВВ (формула 1.3). Выявляют степень влияния каждого фактора и устанавливают наиболее значимый из них.

Классифицируют две дополнительно заданные породы по буримости и взрываемости, предварительно вычислив по формулам (1.) и (2) показатель трудности бурения и удельный эталонный расход эталонного ВВ.

Для варианта задания, принятого на занятии 1, определяют годовую производительность ( $A_{ГМ}$ ) карьера по горной массе (млн. т)

$$A_{ГМ} = A_p + A_v \cdot \gamma, \quad (3)$$

где  $A_p$  – годовая производительность карьера по добыче, млн. т.;  $A_v$  – годовая производительность карьера по вскрыше, млн. м<sup>3</sup>.

По индивидуальному варианту, используя величину  $A_{ГМ}$  и расстояние транспортирования (табл. 1), подбирают (табл. 1– 2) вместимость ковша экскаватора и соответствующее транспортное оборудование. По вместимости ковша устанавливают модель экскаватора-мехлопаты.

В соответствии с категорией пород по буримости и взрываемости выбирают буровой станок, соответствующий принятому экскаватору (табл. 3).

Обосновывают режим работы карьера, считая, что отрабатывается рудное месторождение. При этом руководствуются следующими положениями ОАО «Гипроруда»:

- режим работы карьера должен быть круглогодовым;
- для карьеров с годовой производительностью по горной массе свыше 25 млн. т. принимать непрерывную рабочую неделю и 3 смены в сутки;
- для карьеров с годовой производительностью по горной массе до 1,0 ÷ 1,5 млн. т. – пятидневную рабочую неделю и две смены в сутки;
- для карьеров с годовой производительностью по горной массе свыше 1,5 млн. т., но менее 25 млн. т. – шестидневную рабочую недели и 2 или 3 смены в сутки;

продолжительность смены во всех случаях 8 часов.

По табл. 4 принимают число рабочих дней карьера в течение года с учетом заданной территориальной зоны.

### 3. Справочные данные

Таблица 1.

Рациональные сочетания вместимости ковша экскаватора и грузоподъемности автосамосвала

Годовая производительность по горной массе, млн. т.	Расстояние транспортирования, км.	Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Грузоподъемность автосамосвала, т.
до 2 ÷ 5	до 1,5 ÷ 2,0	2 ÷ 3	10 ÷ 18
до 10 ÷ 12	до 2,5 ÷ 3,0	4 ÷ 5	30 ÷ 32
до 18 ÷ 20	до 3,0 ÷ 3,5	6 ÷ 8	40 ÷ 65
до 30 ÷ 40	до 4,5 ÷ 5,0	8 ÷ 12	80 ÷ 120
более 40	до 7 ÷ 8	12 ÷ 20	150 ÷ 180 и более

Таблица 2.

Рациональные сочетания вместимости ковша экскаватора и подвижного состава железнодорожного транспорта

Годовая производительность по горной массе, млн. т.	Расстояние транспортирования, км.	Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Локомотивы	Думпкары
до 20 ÷ 30	до 8 ÷ 10	4 ÷ 8	EL-1, EL-2, 26E	2BC-105, BC-85
до 40 ÷ 50	12 ÷ 14 и более	8 ÷ 12	EL-2, EL-1, ПЭ-2м, ПЭ-3т, ОПЭ-2	BC-145, BC-180
более 40 ÷ 50	16 ÷ 20 и более	12 ÷ 20	ПЭ-2м, ПЭ-3т, ОПЭ-2, EL-10	2BC-105, BC-180

Таблица 3.

Оптимальное сочетание типов экскаваторов и буровых станков

Буримость и взрываемость пород	Модель мехлопаты	Модель бурового станка	Диаметр стандартного долота, мм
I класс по буримости I-II класс по взрываемости	ЭКГ-3,2	СБР-160А-24	161
	ЭКГ-4,6(5)	СБР-160А-24	161
	ЭКГ-8И(10)	СБР-200-50	200
	ЭКГ-12,5	СБР-250-50	243
II класс по буримости II-III класс по взрываемости	ЭКГ-3,2	2СБШ-200Н-40	215,9
	ЭКГ-4,6(5)	2СБШ-200-32	244,5
	ЭКГ-8И(10)	СБШ-250-36	269,9
	ЭКГ-12,5	СБШ-320-36	320
III класс по буримости II-III класс по взрываемости	ЭКГ-3,2	2СБШ-200Н-40	215,9
	ЭКГ-4,6(5)	СБШ-250-36	244,5
	ЭКГ-8И(10)	СБШ-320-36	320
	ЭКГ-12,5	СБШ-400-56	400
IV-V класс по буримости III-V класс по взрываемости	ЭКГ-3,2	СБУ-160-18	155
	ЭКГ-4,6(5)	СБУ-160-18	160
	ЭКГ-8И(10)	СБУ-200-36	200
	ЭКГ-12,5	СБУ-200-36	200

Таблица 4.

Число рабочих дней в году (по «Гипроруде»)

Районы	Продолжительность рабочей недели, дней		
	7	6	5
Северные	340	290	242
Средние	350	300	250
Южные	355	305	254

Примечание: к северным районам следует относить районы, расположенные севернее линии: Кемь – Сыктывкар – Екатеринбург – Омск – Новосибирск – Минусинск – Черемхово – Благовещенск – Петропавловск-Камчатский; к южным – расположенные южнее линии: Клайпеда – Вильнюс – Брянск- Орел – Волгоград – Гурьев – Аральск.

Таблица 5.

Индивидуальные задания

Вариант	Годовая производительность по		Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>			Коэффициент трещиноватости	Территориальная зона	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Расстояние транспортирования, км	Средний размер структурного блока в массиве, м
	добыче, млн. т	вскрыше, млн.м <sup>3</sup>	на сжатие	на растяжение	на сдвиг					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,5	5	1300	85	140	0,8	Краснод .край	2,5	3,0	2,0
2	5	6	2400	110	180	0,7	Мурман с.обл.	3,	9,0	1,2
3	10	7	1800	70	80	0,5	Иркут.о бл.	2,6	10,0	0,7
4	15	15	1100	60	105	0,6	Свердл. обл.	2,7	9,0	1,1
5	15	7	1400	55	160	0,8	Курск.о бл.	2,8	12,0	1,6
6	8	10	1700	110	320	0,75	Норильс к	3,0	7,0	1,6
7	1,5	4	900	50	130	0,55	Хакасия	2,2	6,0	0,9
8	15	12	800	40	60	0,5	Красноя рск	2,3	12	0,7
9	10	16	710	60	100	0,45	Сев.Ура л	2,4	3,0	0,5
10	5	5	630	30	50	0,5	Кемер.о бл.	1,9	2,5	0,8
11	15	10	750	40	80	0,4	Якутия	2,2	6,5	0,5
12	2	4	1500	70	140	0,9	Чит.обл.	2,85	3,0	1,7
13	30	15	700	30	100	0,5	Красноя р.край.	2,3	15	0,6
14	5	7	1750	80	120	0,7	Тува	2,6	4,5	1,2
15	1,6	6	850	60	75	0,6	Кемер.о бл.	2,5	10,0	1,6
16	2,5	6	680	20	110	0,3	Чит.обл.	2,4	2,5	0,6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	4,5	6	955	40	525	0,75	Мурман. обл.	2,67	3,0	1,8
18	13	8	1740	160	320	0,9	Южн.Ур ал	3,0	6,7	2,1
19	8,5	10	815	40	52	0,45	Курск.о бл.	2,64	2,8	0,6
20	5	11	1160	60	140	0,8	Белгор.о бл.	2,71	9,0	1,9
21	3,5	4	670	47	60	0,3	Тыва	2,38	2,5	0,5
22	3,7	5	1100	95	78	0,7	Ростов.о бл.	2,5	3,0	1,1
23	7,5	7	1570	142	215	0,5	Кемеров .обл.	2,54	3,8	0,7
24	14	18	870	90	140	0,65	Красноя р.край	3,05	10	1,3
25	12	12	715	60	70	0,8	Норильс к	2,8	10,5	2,0
26	3	3,5	780	115	241	0,3	Ср.Урал	2,13	1,5	0,5
27	10	15,5	900	61	115	0,5	Мурман. обл.	2,05	10,0	0,8
28	5,5	6	1500	295	263	0,8	Хакасия	2,72	2,5	1,8
29	10	7	1200	105	111	0,7	Южн.Ур ал	2,65	8,0	1,3

30	6	6	850	113	263	0,5	Якутия	1,0	3,0	0,7
31	12	69	915	45	152	0,3	Мурман. обл.	2,4	2,7	0,4
32	10	14	2750	305	475	0,9	Курск.о бл.	3,7	6,5	1,8
33	3,5	5	750	62	131	0,4	Кемер.о бл.	2,3	1,5	0,5
34	8	8	1170	82	305	0,5	Сев.Урал	2,8	4,5	0,7
35	6	7	650	49	157	0,4	Иркут.о бл.	2,3	4,0	0,5
36	5	8	1300	75	210	0,7	Чит.обл.	2,6	5,0	1,1
37	12	12	870	90	140	0,65	Краснояр.р.край	3,0	10,0	1,0

### Контрольные вопросы:

1. Укажите группы горных пород с учетом трудности их разработки.
2. Какой основной признак учитывают при разделении пород на плотные и мягкие (связные), полускальные, скальные?
3. Какова особенность разработки мягких и сыпучих пород в зимнее время?
4. Чем отличаются разрушенные скальные и полускальные породы от пород в естественном состоянии?
5. Назовите эталонные взрывчатые вещества.
6. Чем отличаются легковзрываемые породы от трудновзрываемых?
7. Почему при расчете  $P_6$  и  $q_3$  не учитывают трещиноватость массива?
8. Укажите признак, по которому разделяют разрушенные породы по кусковатости.
9. Как будет изменяться коэффициент разрыхления пород при изменении среднего линейного размера куска?
10. Почему при расчете показателя трудности бурения не учитывают временное сопротивление пород растяжению?
11. Из каких соображений при определении  $P_6$  не принимают во внимание трещиноватость пород?
12. Укажите, что косвенно характеризует показатель «плотность пород» при расчете  $P_6$ ?
13. Поясните принцип выбора вместимости ковша экскаватора.
14. Из каких соображений устанавливают тип подвижного состава и грузоподъемность транспортного средства?
15. Что выбирают в первую очередь: буровой станок или экскаватор и почему?
16. С какой целью устанавливают показатель жесткости погоды?
17. Какие факторы учитывают при расчете показателя жесткости погоды?
18. Какие районы относят к северным?
19. Какие районы следует считать южными?
20. Поясните, из каких соображений выбирают режим работы карьера при отработке рудных месторождений.

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

### Практическое занятие № 3

**Тема:** Изучение средств взрывания.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:**

1. изучить теоретический материал
2. ответить на контрольные вопросы.

**Ход выполнения:** выполнить задания

#### Теоретический материал

**Инициирование заряда** - это его подрыв при помощи определенной системы или устройства. Ни одно предприятие, использующее взрывные работы, не обходится без системы инициирования. В настоящее время известны следующие основные способы инициирования: огневой с применением огнепроводного шнура, электроогневой, электрический, детонирующим шнуром, неэлектрический с применением ударно-волновых трубок (УВТ), табл. 1. При электрическом инициировании зарядов ВВ производят проверку электродетонаторов и электрической схемы коммутации контрольно-измерительными приборами (КИП).

Таблица 1

**Классификация способов инициирования зарядов (по М. Ф. Друкованному)**

Способ инициирования	Характеристика способа	Средства осуществления	Условия применения
Огневой	Заряд детонирует от КД, который	КД, ОШ и средства его	На поверхности и под землей при

	получает начальный импульс от ОШ	зажигания	вторичном дроблении и основном взрывании, кроме опасных по газу и пыли шахт
Химический	Тепло выделяется при химреакции двух веществ, приводящей к поджогу ОШ	ОШ и средства его зажигания	Не применяется из-за невозможности точного расчета времени задержки
Электроогневой	Заряд детонирует от КД, а ОШ - от элек- трозажигателя	КД, ОШ и средства его зажигания	При проходке выработок
Электрический	Заряд детонирует от ЭД	ЭД, проводники, КИП и источники электрического тока	Основной способ в любых условиях
Детонирующим шнуром	Заряд детонирует от ДШ	ДШ, ЭД или КД	Основной способ на карьерах и под землей, кроме опасных шахт

Неэлектрический	Заряд детонирует от УВТ	КД, УВТ, искровой разрядник	На поверхности и под землей
-----------------	-------------------------	-----------------------------	-----------------------------

### 1. Неэлектрические системы инициирования

Данные системы, условно названные «неэлектрическими», основаны на передаче импульса посредством ударной воздушной волны (УВВ), распространяющейся в полном шнуре-волноводе. При взрыве инициирующего ВВ быстро расширяющиеся продукты детонации, подобно поршню, резким ударом сжимают прилегающий к заряду воздух. При этом в ограниченном пространстве выделяется большое количество энергии. Это приводит к местному повышению температуры и давления.

По мере нарастания давления волна распространяется по все более сжатому и нагретому газу. Таким образом, образуется единая поверхность разрыва - фронт ударной волны в воздухе. При этом, в отличие от обычной упругой (звуковой) волны, молекулы воздуха испытывают не только колебательные движения, но и вовлекаются в процесс поступательного движения воздушной среды от центра возбуждения УВВ. Поэтому скорость ударной воздушной волны превышает скорость звука в воздухе ( $C = 333$  м/с):

**Таким образом, свойства ударной волны существенно отличаются от свойств упругих колебаний. Можно отметить следующие основные особенности:**

- ударная волна не имеет периодического характера, а распространяется в виде одиночного скачка уплотнения;
- скорость распространения ударной волны всегда больше скорости упругих колебаний;
- распространение ударной волны сопровождается перемещением частиц ВВ в направлении движения фронта волны;
- скорость ударной волны зависит от ее интенсивности, чего не наблюдается у упругих волн;

- при образовании ударных волн энтропия среды возрастает.

Однако, как в любом волновом процессе, интенсивность УВВ по мере ее распространения по волноводу снижается. Это, в свою очередь, уменьшает скорость распространения ударной волны. Поэтому для сохранения постоянства параметров УВВ, что крайне важно для надежного инициирования взрывчатого вещества, ударную волну необходимо постоянно подпитывать. С этой целью на внутреннюю поверхность волновода наносится строго дозированный слой порошкообразного ВВ. Ударная волна сметает этот порошок со стенок канала, и за счет высокой температуры на фронте волны происходит его инициирование. Данный процесс можно сравнить с распространением взрыва пыли по горной выработке с тем, однако, отличием, что параметры ударной волны в канале волновода поддерживаются стабильными. Эти параметры должны обеспечить устойчивое детонирование ВВ, но не разрушить сам канал, т. е. волновод служит лишь проводником инициирующего импульса. Преимуществом такого инициирования является отсутствие всякого воздействия на окружающую среду.

## 2 Электрическое взрывание

**Электровзрывание** применяют для инициирования зарядов при всех методах взрывных работ в условиях, не опасных по блуждающим токам и токам электромагнитной индукции. Вблизи высоковольтных линий электропередач, электровозных путей, радиостанций, радарных установок и других приемников или источников тока и электромагнитных излучений электровзрывание должно производиться в соответствии с действующими руководствами по измерению блуждающих токов и токов электромагнитной индукции.

Средствами электрического способа инициирования служат электродетонаторы, провода, постоянный или переносные источники электрического тока, контрольно-измерительные приборы.

Сущность электрического способа инициирования сводится к взрыву электродетонатора от источника электрического тока, а от взрыва электродетонатора взрывается основной заряд промышленного ВВ.

**Электродетонатор** — капсуль-детонатор с электровоспламенителем, который выполняет роль ОШ.

**Электровоспламенитель** — состоит из воспламенительной головки и проводов.

Электровоспламенители бывают трех типов: с металлическим мостиком, с токопроводящим составом и искровые. Электровоспламенители с металлическим мостиком устроены подобно электрической лампочке: они действуют от накала электрическим током тонкой металлической нити, расположенной внутри головки. Электровоспламенители с токопроводящим составом имеют головку, загорающуюся за счет тепла, которое возникает при прохождении тока через воспламенительный состав. Искровые электровоспламенители срабатывают при помощи искры, возникающей при пробое воспламенительного состава между электродами. В нашей стране выпускаются электровоспламенители с металлическими мостиками, изготовленными из хрома и платиноиридиевого сплава. В качестве воспламенительных составов используют ацетиленовую медь, смесь из роданида свинца, хлората калия и раствора столярного клея. Провода применяют одножильные, медные, биметаллические или стальные. Изоляция проводов бывает полихлорвиниловой, резиновой, хлопчатобумажной и т.д. Длина проводов от 1 до 4 м (табл 1). Использование неизолированных проводов допускается при подвеске их на опорах с изоляторами.

*Таблица 1.*

Характеристика проводов

Тип провода	Изоляция	Число жил	Число проволок в жиле	Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Сопротивление 1 км провода при +20 °С	Масса 1 км провода, кг
ЭР	Резиновая	1	1	0,2	100	6,6
ЭВ	Полихлорвиниловая	1	1	0,2	100	3,1
ВМП	— И —	1	1	0,5	25	7,8

СПП-1	Резиновая хлопчатобумажной оплетке	1	7	0,5	25	30
СПП-2	Резиновая	2	7	0,5	25	60

Электрическое сопротивление проводов, используемых на взрывных работах, приведено в табл. 2.

Таблица 2.

Электрическое сопротивление проводов (при температуре 20 °С)

Сечение жилы провода, мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода, Ом/км		Сечение жилы провода, мм <sup>2</sup>		Сопротивление провода, Ом/км
	медного	алюминиевого	медного	алюминиевого	
1	2	3	4	5	6
0,2	87,5	-	2,5	7,0	11,2
0,3	-	-	4,0	4,4	7,0
0,5	35,0	-	6,0	3,0	4,7
0,75	23,4	-	10,0	1,75	2,8
1,0	17,5	-	16,0	1,1	1,8
1,5	11,7	-	25,0	0,7	1,1

В электровзрывных сетях применяют три типа соединений электродетонаторов:

- последовательное (рис. 1);
- параллельное (рис. 2);
- смешанное (рис. 3).

Рис. 1.

Параллельное соединение электродетонаторов

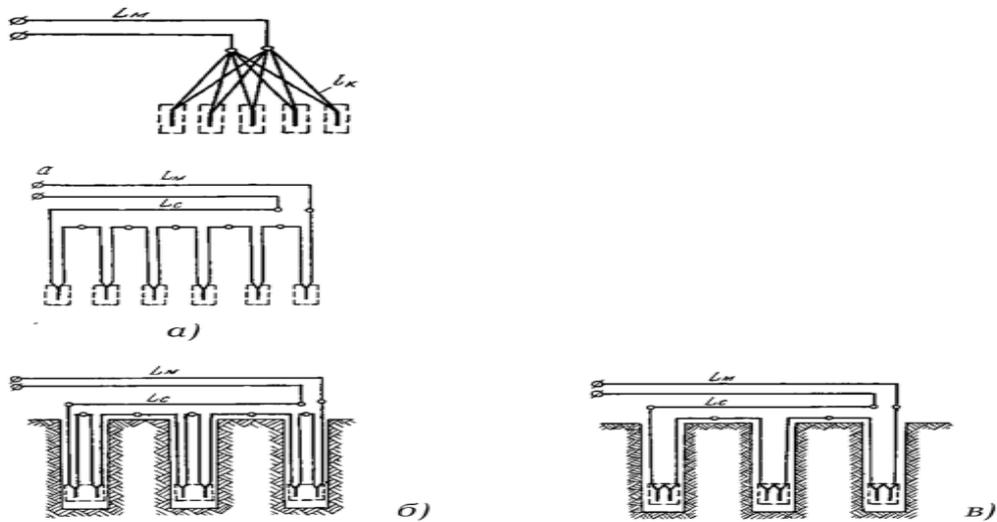


Рис. 2. Последовательное соединение электродетонаторов: а— в заряд введен один электродетонатор;

б — в заряд введены два электродетонатора, четы-концевика выведены из выработки;

в — в заряд введены два электродетонатора, на земную поверхность выведены два концевика.

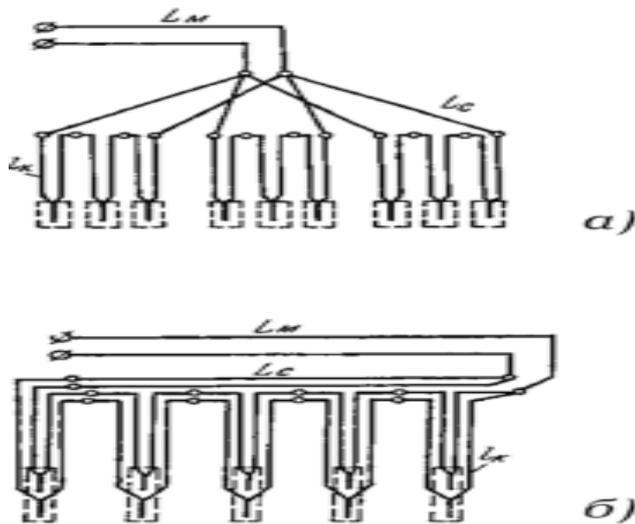


Рис. 3. Последовательнопараллельное соединение электродетонаторов: а — в заряд введен один электродетонатор;

б — в заряд введены два электродетонатора.

При электрическом способе взрывания необходимо перед взрывом убедиться в том, что величины расчетного и фактического сопротивления электровзрывной сети совпадают. В случае несоответствия этих величин,

чтобы избежать отказов, необходимо установить причину расхождения и устранить ее.

Таблица 6.

**Характеристика электродетонаторов мгновенного действия**

Параметры электродетонаторов	Марки электродетонаторов	
	ЭД-8-Э	ЭД-8-Ж
Материал мостика и его диаметр, мм	Нихром, $d = 0,03$	Нихром, $d = 0,03$
Наружный диаметр электродетонатора, мм	7,2	7,2
Длина электродетонатора, мм	50-60	50-60
Сопротивление электродетонатора с медными выводными проводниками длиной 24 м, Ом	2,0-4,2	1,6-3,8
Сопротивление электродетонатора со стальными выводными проводниками длиной 2-4 м, Ом	-	2,9-9,6

Таблица 7.

Примечание. Время срабатывания электродетонаторов 2—10 мс

**Характеристика электродетонаторов короткозамедленного и замедленного действия**

Параметры электродетонаторов	Марки электродетонаторов		
	ЭД-КЗ	ЭД-КЗ-15	ЭД-ЗД
Материал мостика накаливания и его диаметр, мм	Нихром, $d=0,03$	О-40 $oi > 2$	Нихром, $d=0,03$
Наружный диаметр, мм	7,2	7,2	7,2
Длина электродетонатора, мм	72	72	72-90

Время замедления, мс	25; 50; 75; 100;150;250;	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120;	0,5;0,75; 1,0; 2; 4; 6; 8; 10;
Номера серий замедления	1-6	1Н-8Н	7-15
Время срабатывания, мс	2 <sup>1,2</sup>		До 12
Импульс воспламенения, мс А <sup>2</sup>	0,6-2,5	0,6-2,5	0,6-3,0

Примечание. Предельное сопротивление ЭД с медными выводными проводниками— 1,6 —4,2 Ом, со стальными проводниками длиной 2 —4 м — 2,9 —9,5 Ом

Таблица 8.

Интервалы замедления ЭД

Т ип ЭД	Число серий	Интервал замедления, мс
ЭД-1-ЗТ	1-10	2-200 (через 20 мс)
	11-14	225-300 (через 25 мс)
	15-18	350-500 (через 50 мс)
	19-23	600-1000(через 100 мс)
	24	1,5 с
ЗД -КЗ	1-6	25,50,75, 100, 150,250
ЭД -ЗД	1-9	0,5; 0,75; 1 ,0; 1 ,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10 с
ЭД -ЗН	1-10	20-200 (через 20 мс)
	11-14	225-300 (через 25 мс)
	15-18	350-500 (через 50 мс)

Запрещается использовать в одной взрывной сети электродетонаторы отечественного и иностранного производства.

Проверку электродетонаторов, а также проверку исправности и измерение сопротивления взрывных сетей разрешается производить приборами, допущенными для этих целей и дающими в цепь ток не более 50 мА.

### **3. Взрывание с применением детонирующего шнура**

Взрывание с применением детонирующего шнура (так называемое бескапсюльное взрывание) применяется при проведении открытых горных выработок, а также в подземных выработках шахт и рудников, не опасных по взрыву газа и пыли.

Применение детонирующего шнура дает возможность одновременно взрывать несколько зарядов, не вводя в них капсулы - детонаторы.

Достоинством взрывания детонирующим шнуром является также простота изготовления боевиков и проверки взрывной сети, безопасность при подготовке к взрыву и при производстве взрывных работ.

Бескапсюльное взрывание менее опасно при ликвидации случайно не взорвавшихся зарядов, так как в заряде нет детонатора, и поэтому отказавший заряд и породу вокруг него можно разбирать даже с помощью экскаватора.

При таком взрывании обеспечивается одновременное (мгновенное) взрывание серии зарядов взрывчатых веществ.

Недостатком способа взрывания детонирующим шнуром является отсутствие приборного контроля исправности сети, а также высокая стоимость работ. Вследствие этого он применяется в основном при взрывании большого количества зарядов ВВ, когда его высокая стоимость мало влияет на себестоимость 1 м<sup>3</sup> разрушенной породы.

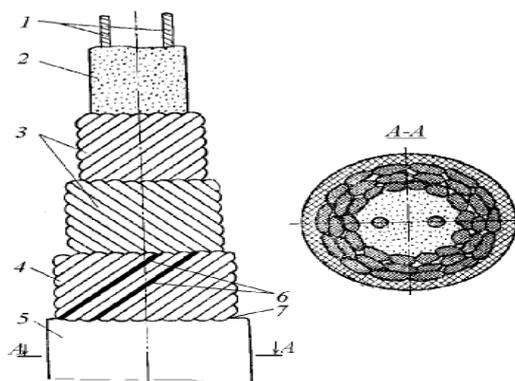
#### **Средства взрывания**

При таком способе, в качестве средств взрывания применяется: детонирующий шнур (ДШ), средства возбуждения взрыва детонирующего шнура (капсюльдетонаторы или электродетонаторы) и пиротехнические

устройства для создания необходимых степеней замедления между взрывами.

### Детонирующий шнур

Детонирующий шнур предназначен для передачи детонации к заряду ВВ или от заряда к заряду на большое расстояние.



Детонирующий шнур состоит из сердцевины 2 из инициирующего ВВ (кристаллический или гранулированный тэн. Могут применяться также гексоген или тетрил), двух оплеток из льняных ниток 3, покрытых парафином или мастикой, и третьей 4 наружной – из хлопчатобумажных ниток белого цвета с двумя вплетенными - красными нитями 6, для отличия детонирующего шнура по внешнему виду от огнепроводного.

Водоустойчивые шнуры дополнительно покрываются сверху полихлорвиниловой оболочкой 5 красного цвета.

Через сердцевину проходят две хлопчатобумажные направляющие нити 1 для равномерного распределения взрывчатого вещества в оплетках при изготовлении. Парафиновая изоляция 7 оплеток шнура обеспечивает его водонепроницаемость в течение 12 ч. Диаметр шнура **4,8—5,8 мм.**

В настоящее время для сухих забоев применяется так называемый асфальтированный детонирующий шнур ДША (ГОСТ 6196-78) в нитяной оболочке, снаряженный тэном (**12,5г ВВ на 1 м шнура**). Скорость детонации шнура около **7000 м/с**. Водостойкость **12 ч** при давлении **0,005 МПа** достигается нанесением на наружную оплетку сплошным равномерным слоем водоизолирующей мастики (асфальта). Допустимая температура эксплуатации **от -28 до +50 °С**. Шнур белого или желтого цвета с одной или двумя отличительными красными нитями на наружной оплетке. Гарантийный срок хранения шнура при нормальных складских условиях два года.

## 4. Электроогневое взрывание

При огневом и электроогневом взрывании применяют капсули-детонаторы, ОШ и средства его зажигания.

## 1. Капсюли-детонаторы

**Капсюль-детонатор** (КД) предназначен для возбуждения детонации зарядов ВВ на всех видах взрывных работ, за исключением работ опасных по газу и пыли, при температуре окружающей среды от минус 60°С до плюс 45 °С для КД8-С и КД8-Б и от минус 60°С до плюс 60 °С для КД8-А.

Капсюли-детонаторы представляют собой цилиндрическую гильзу (металлическую или бумажную) диаметром 6,85 – 7,65 мм и длиной 45,5 – 51 мм, снаряженную на 2/3 ее длины комбинированным зарядом инициирующего и бризантного ВВ, величина которых подобрана из условия надежности передачи детонации (рис. 2 и 3).

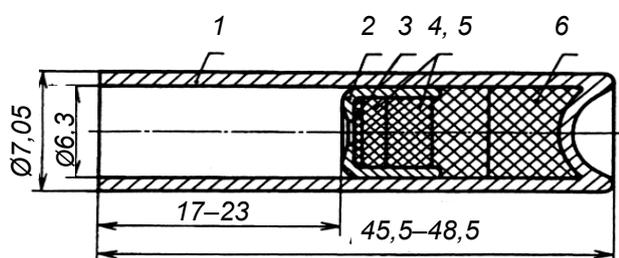


Рис. 2. Капсюль – детонатор КД8-А:  
1 – гильза; 2 – чашечка; 3 – шелковая сетка;  
4 – ТНРС; 5 – азид свинца; 6 – тетрил

Для усиления инициирующего действия доньшко капсюля-детонатора имеет кумулятивное углубление.

Сначала в гильзу детонатора запрессовывается вторичное (бризантное) ВВ тетрил и иногда гексоген или ТЭН. Первичное инициирующее вещество перед снаряжением в КД насыпают в металлическую чашечку высотой 6,5 – 8 мм с отверстием в центре диаметром 2 – 2,5 мм, закрытую шелковой сеточкой (используется для предотвращения высыпания ВВ), которая мгновенно сгорает от луча огня. Незаполненная часть гильзы КД, называемая дульцем (длина 17 – 23 мм), предназначена для крепления ОШ или электровоспламенителя, при изготовлении электродетонатора.

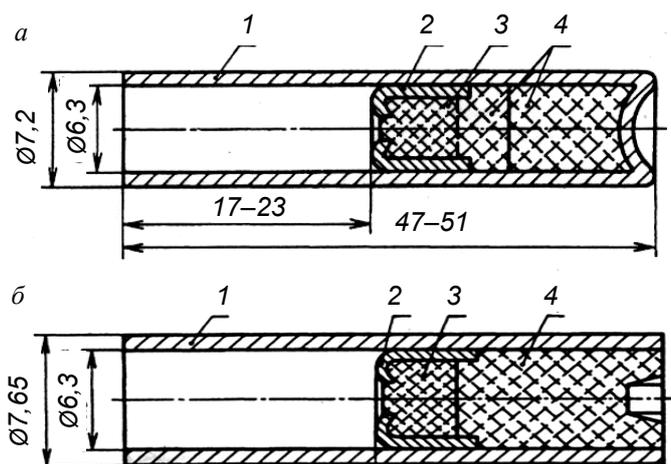


Рис. 3. Капсюль – детонаторы: а – КД8-С; б - КД8-Б;  
1 – гильза; 2 – чашечка; 3 – гремучая ртуть;  
4 – тетрил

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются КД, которые в зависимости от состава заряда первичного инициирующего ВВ делятся на *азидотетриловые* и *гремучертутно-тетриловые*. Азидотетриловые КД обладают большей инициирующей способностью, чем гремучертутно-тетриловые.

Азидотетриловые КД изготавливают в алюминиевых или бумажных гильзах. Они содержат заряд ТНРС 4, азида свинца 5 и тетрила 6; иногда вместо тетрила применяют ТЭН или гексоген (см. рис. 2). Гремучертутно-тетриловые КД изготавливают в бумажных, стальных или биметаллических гильзах. Они содержат заряд гремучей ртути 3 и тетрила 4 (см. рис. 3, а, б).

Детонаторы в зависимости от материала гильзы и устройства обозначают индексами и выпускают следующих типов: КД8-С, КД8-Б, КД8-А (по ГОСТ 6254–85), КД8-МА (по ДИШВ 773941.008 ТУ). В индекс КД входят номер и буква. Буква обозначает материал гильзы (А – алюминий, МА – алюминий или его сплавы, Б – бумага, С – сталь, биметалл). Характеристики капсюлей-детонаторов приведены в табл. 2.

Пример *условного обозначения* капсюля-детонатора со стальной или биметаллической гильзой:

*Капсюль-детонатор КД8-С ГОСТ 6254-85.*

Таблица 2 – Характеристика капсюлей-детонаторов (ГОСТ 6254 – 85)

Тип КД	Название КД	Состав, г				Материал гильзы	Размеры гильзы*, мм	
		гремучая ртуть	азид свинца	ТНРС	тетрил		высота	наружный диаметр**
КД8-А	Азидотетриловый	–	0,2	0,1	1,0	Алюминий	48,5 <sub>-3</sub>	7,05 <sub>-0,2</sub> (6,3 <sup>+0,2</sup> )
КД8-Б	Азидотетр	–	0,1	0,1	1,0	Бумага	51 <sub>-4</sub>	7,65 <sub>-0,36</sub>

	иловый					патронная		(6,3 <sup>+0,12</sup> )
КД8-Б	Гремучер тутно- тетриловы й	0,5	–	–	1,0	Бумага патронная	51 <sub>-4</sub>	7,65 <sub>-0,36</sub> (6,3 <sup>+0,12</sup> )
КД8-С	Гремучер тутно- тетриловы й	0,5	–	–	1,0	Сталь, биметалл	51 <sub>-4</sub>	7,2 <sub>-0,2</sub> (6,3 <sup>+0,2</sup> )

Примечание: \* размеры гильзы приведены с допуском на изготовление; \*\* в скобках приведен внутренний диаметр гильзы.

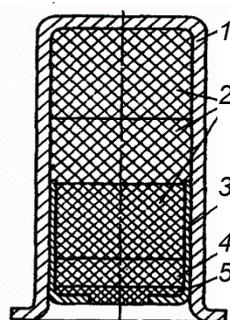
Применяемые в КД ИВВ имеют высокую чувствительность к незначительным механическим и тепловым воздействиям и могут взрываться от трения, деформации, удара, искры. Поэтому *при обращении с КД необходимо соблюдать большую осторожность: их нельзя бросать, ударять, нагревать.*

По степени опасности при обращении изделия относятся к классу 1, подклассу 1.1, группе совместимости В (классификационный шифр 1.1В).

**Упаковка, хранение капсюлей-детонаторов.** Капсюли-детонаторы КД8-С и КД8-Б укладываются вертикально доньшком вниз в картонные коробки по 100 шт., а КД8-А – по 50 шт. Картонные коробки с КД8-С и КД8-Б укладываются по 50 шт. (с КД8-А – по 10 шт.) в металлические коробки. Коробки затем упаковывают в деревянные ящики (коробки с КД8-А – по 4 шт.). Гарантийный срок хранения капсюлей-детонаторов КД8-С и КД8-Б составляет 2 года, а КД8-А – 20 лет со дня изготовления.

**Термостойкие капсюли-детонаторы.** Для работ в высокотемпературных скважинах выпускают специальные, применяемые во взрывных патронах, термостойкие капсюли-детонаторы ТКД-2 (ТУ 84-601-106-82), ТКД-200, ТКД-270 (рис. 4).

Рис. 4. Капсюль-детонатор ТКД:  
1 – гильза; 2 – бризантное ВВ;  
3 – чашечка; 4 – инициирующее  
5 – воспламенительный состав



ВВ;

срабатывающих от  
или

Кроме КД лучевого действия, луча огня огнепроводного шнура электровоспламенителя, в некоторых изделиях применяются КД накольного действия (КДН-13 ТУ 84-775-78), срабатывающих от накола жалом. Технические характеристики термостойких КД лучевого и накольного действия приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Технические характеристики термостойких КД

Показатель	Лучевого действия	Наколь
------------	-------------------	--------

				ный
	ТКД-2	ТКД-200	ТКД-270	КДН-13
Максимально допустимая температура, °С	165	200	270	250
Масса ВВ, г	1,75	2,60	2,60	1,75
Цвет отличительной окраски торца	-	Зеленый	Красный	-
Размеры, мм:				
диаметр гильзы	10,2	10,2	10,2	10,2
диаметр бортика	13,0	11,9	11,9	13,0
высота	21	35	35	21
Масса общая, г	6,20	5,15	5,15	6,20

### ***Испытания капсюлей-детонаторов.***

***Наружный осмотр.*** Каждая поступившая на базисный склад партия КД должна быть проверена наружным осмотром на целостность упаковки и правильность маркировки. Для испытаний из разных ящиков отбирают 60 капсюлей-детонаторов, которые проверяют по внешнему виду. При этом не допускается: трещины, налеты окисленного металла, раковины, помятости гильзы (у бумажных гильз – отслаивание бумаги у дульца), не позволяющие вставить ОШ, сколы ВВ, опыление внутренних стенок взрывчатым веществом. При наличии названных дефектов всю партию бракуют, составляют рекламационный акт, экземпляр которого высылают заводу-изготовителю. Вопрос о возможности дальнейшего использования партии решается комиссией с участием завода-изготовителя. Отобранные с дефектами капсюли-детонаторы подлежат уничтожению.

***Испытание на иницирующую способность*** (на безотказность срабатывания от луча огня) производят подрывом 30 КД (из числа прошедших наружный осмотр) на круглых или квадратных пластинах из прокатанного свинца толщиной 5-6 мм. При этом КД помещают на свинцовые пластины доннышком вниз, а конец ОША, срезанный под прямым углом, вводят в отверстие гильзы до отказа. Иницирующую способность КД считают достаточной, если при взрыве пробивается пластина, при этом диаметр отверстия должен быть не менее диаметра КД. Для капсюлей-детонаторов КД8-С и КД8-Б применяют пластины толщиной 5 мм, а для КД8-А – 6 мм. В случае получения отказа или двух неполных детонаций (неполных пробитий свинцовых пластин) партия бракуется. При получении одной неполной детонации проводят повторные испытания с удвоенным количеством КД.

После истечения гарантийного срока хранения все КД8-С и КД8-Б в отдельной партии проверяют по внешнему виду и 50 капсулей-детонаторов проверяют на безотказность срабатывания. При удовлетворительных результатах испытаний применение КД разрешается в течение *одного года* после проверки.

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные способы инициирования зарядов взрывчатых веществ.
2. Объясните сущность неэлектрического взрывания.
3. Перечислите возможные способы инициирования при неэлектрическом способе взрывания.
4. При каких методах и условиях взрывных работ применяют для инициирования зарядов электровзрывание?
5. Назовите средства инициирования электрического способа.
6. Какие типы соединений электродетонаторов применяют в электровзрывных сетях?
7. Возможно ли применять в одной взрывной сети электродетонаторы разных партий изготовления и разных заводов-изготовителей?
8. Для чего предназначен детонирующий шнур?
9. Какие средства инициирования используются при огневом и электроогневом способах взрывания?

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

### **Практическое занятие № 4**

**Тема:** Выбор бурового инструмента.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:** выполнить задания

#### **Порядок выполнения работы**

##### **1. Краткое теоретическое введение**

Примерно 30% скважин на карьерах обуривают станками с использованием режущих долот. Режущий инструмент принято классифицировать по ряду признаков: по назначению (для бурения мягких пород  $P_b < 3 \div 4$ , для бурения пород повышенной крепости  $4 < P_b \leq 6$ ), по числу режущих лучей (двухлучевые, трехлучевые, четырехлучевые, с круговым расположением резцов) и др. Двухлучевые долота имеют армирование режущей кромки. В трещиноватых породах целесообразно применение трехлучевых (трехперых) долот. Для бурения в мягких породах при шнековой очистке используют режущие долота НПИ 2(СВБ-2-2303М2) и

типа РК (табл. 2.2). Для бурения в породах повышенной крепости при шнековой очистке используют долота типа РД (табл. 2.2) с индексом Ш., а для бурения с продувкой - ЗРД 215.9 (в породах повышенной влажности), 1РД 244.5 (в многолетнемерзлых породах и в породах с обычным температурным режимом), а также более совершенное долото ЗРД-244.5 (табл. 2.2). Известны также долота ДР-214 и ДРВ.

Для станков шарошечного бурения наиболее широко применяют трехшарошечные долота. Для армирования шарошечных долот используют твердосплавные зубки с полусферической и клинообразной рабочими поверхностями и плоским торцом. Область применения различных типов долот устанавливают по величине  $P_6$  (табл. 2.4). Чаще используют долота на подшипниках качения, реже - на подшипниках с опорами скольжения. Стандартные диаметры долот третьего поколения – 146, 161, 215.9, 244.5, 269.9 и 320 мм.

При вращательно-ударном бурении используют лезвийные и штыревые (со сплошной забойной поверхностью) долота. Широко применяют долота с опережающим лезвием - БК-105, БК-125, БК-155. Для бурения в трещиноватых породах 1 и 2 категории трещиноватости применяют крестовые долота К105К, К125К, К160К (табл. 2.3).

К эксплуатационным параметрам скважин относят: диаметр, угол наклона скважины к горизонту, длину. Диаметр скважины зависит от диаметра долота и категории пород по трещиноватости. Использование наклонных скважин, пробуренных параллельно откосу уступа, позволяет существенно повысить качество разрушения пород. Длина скважины зависит от высоты уступа и угла ее наклона. Для качественной проработки подошвы уступа создают перебур скважины. При залегании у подошвы уступа пород с пониженной прочностью перебур не производят, а иногда бурят с недобуром. Длина перебура или недобура зависит от диаметра скважины и среднего размера структурного блока в массиве. Увеличение перебура ведет к увеличению объема буровых работ и к повышенному выходу негабарита, так как часть породного массива не подвергается непосредственному дробящему действию взрыва. К тому же возрастает толщина разрушенного слоя. Размещение ВВ в верхнем разрушенном слое при взрывании нижележащего уступа ведет к усилению метательного эффекта взрыва и к уменьшению компактности развала.

## **2.Последовательность выполнения работы**

Для выбранной модели бурового станка принимают рекомендуемый диаметр долота и выбирают его тип.

При использовании станков вращательного бурения руководствуются табл. 2. Для станков вращательно-ударного (пневмоударного) бурения в породах 3-5 категорий по трещиноватости следует выбирать долота с опережающим лезвием типа БК, а в трещиноватых породах 1 и 2 категории - крестовые долота типа К (табл. 3). Обычно ориентируются на долота с повышенной стойкостью. Выбор типа шарошечного долота ведут на основе рекомендации ВНИИБТ (табл. 4).

Согласно ГОСТ 20692-75 шифр шарошечного долота определяется четырьмя составляющими:

- первая - устанавливает число шарошек;
- вторая - диаметр долота;
- третья - область применения (тип долота);
- четвертая - продувку и подшипники;

Например, долото диаметром 215,9 мм для бурения мягких абразивных пород с боковой продувкой на подшипниках с телами качения имеет шифр Ш 215.9 МЗ ПГВ, а долото диаметром 320 мм для бурения твердых абразивных пород с боковой продувкой на подшипниках с телами качения Ш 320 ТЗ ПГВ.

Вычисляют диаметр скважины, мм

$$d_c = K_{pc} \cdot d_d, \quad (1)$$

где  $d_c$  – диаметр скважины, мм;  $K_{pc}$  – коэффициент расширения скважин при бурении (изменяется от 1,05 в практически монолитных породах до 1,20 в чрезвычайно трещиноватых);  $d_d$  – диаметр долота, мм.

В соответствии с рекомендациями «Гипроруды» принимают углы откоса рабочего уступа и уступов при погашении бортов (табл. 5). При этом следует иметь в виду, что по правилам безопасности угол откоса рабочего уступа не может превышать 80 град. Угол откоса уступа 90 град возможен только на карьерах по добыче блоков облицовочного камня.

Обосновывают угол наклона скважины к горизонту, используя рекомендации В.В. Ржевского, заключающиеся в следующем. В настоящее время в основном применяют вертикальные скважины. Горизонтально расположенные взрывные скважины ( $\beta = 0$  град.) не нашли пока распространения на карьерах и используются в частных случаях. Наклонные скважины бурят под углом  $60 \text{ град.} \leq \beta \leq 85 \text{ град.}$  При  $\beta = 60$  град. весьма затрудняется ручное зарядание скважин россыпными ВВ. При взрывании наклонных скважинных зарядов, когда  $\beta = \alpha$  (где  $\alpha$  – угол откоса уступа), сопротивление породы взрыванию постоянно по высоте уступа, отрыв пород происходит, как правило, по линии скважин, улучшается степень дробления, хорошо прорабатывается подошва уступа, расход ВВ может быть снижен на 5 – 7 %.

В случае выбора наклонных скважин желательно бурить их параллельно откосу уступа. Однако следует иметь в виду, что большинство отечественных буровых станков имеет три фиксированных положения мачты (табл. 2.6); вертикальное (0 град к вертикали), наклонное под углом 75 град к горизонту (15 град к вертикали) и наклонное под углом 60 град к горизонту (30 град к вертикали). С учетом этого обстоятельства можно скорректировать угол рабочего уступа. Исключение составляют станки СБУ-100ГА-50 и ЗСБУ-100-32, позволяющие бурить скважины с углом наклона к вертикали от «-»15 град до «+» 30 град.

Рассчитывают глубину перебура, используя рекомендации А.С. Ташкинова, м [3].

$$l_{\Pi} = 3 \cdot d_c \cdot l_{\text{стр}}, \quad (2)$$

где  $l_{\text{стр}}$  – размер структурного блока в массиве (табл. 1.1.), м.

В малотрещиноватых и практически монолитных породах можно воспользоваться выражением

$$l_{\Pi} = 0,2 \cdot h, \quad (3)$$

где  $h$  – высота уступа, (табл. 2.1), м.

Вычисляют длину скважины, м

$$L_{\text{скв}} = \frac{h}{\sin \beta} + l_{\Pi}, \quad (4)$$

где  $\beta$  – угол наклона скважины к горизонту, град.

Определяют средний оптимальный размер куска взорванной горной массы (м) по формуле

$$d_{\text{ср.о}} = (0,15 \div 0,2) \cdot \sqrt[3]{E}, \quad (5)$$

где  $E$  – вместимость ковша экскаватора принятой модели, м<sup>3</sup>.

### 3. Исходные данные

Таблица 1.

Индивидуальные задания

Вариант	Высота уступа, м	Обводненность скважин	Вариант	Высота уступа, м	Обводненность скважин
1	2	3	4	5	6
1	10	сухие	26	10	обводненные
2	12	обводненные	27	12	сухие
3	15	сухие	28	15	обводненные
4	15	обводненные	29	12	сухие
5	15	Сухие	30	15	обводненные
6	12	обводненные	31	15	сухие
7	10	сухие	32	20	обводненные
8	15	обводненные	33	12	сухие
9	20	сухие	34	12	обводненные
10	12	обводненные	35	12	сухие
11	15	сухие	36	12	обводненные

12	12	обводненные	37	15	сухие
13	20	сухие	38	12	обводненные

14	12	обводненные	39	15	сухие
15	10	сухие	40	12	обводненные
16	15	обводненные	41	12	сухие
17	15	сухие	42	12	обводненные
18	15	обводненные	43	10	сухие
19	15	сухие	44	12	обводненные
20	12	обводненные	45	12	сухие
21	15	сухие	46	15	обводненные
22	10	обводненные	47	12	сухие
23	15	сухие	48	12	обводненные
24	20	обводненные	49	12	сухие
25	20	сухие	50	15	обводненные

#### 4. Справочные данные

Таблица 2.

Техническая характеристика и область применения долот режущего типа для станков вращательного бурения

Показатели	Для бурения со шнековой очисткой				Для бурения с продувкой			
	ДР 125 ШВ	СВБ-2-2303М 2	8РД160 Ш	10РД160 Ш	3РД 215,9	1РД 244,5	3РД 244,5	НПИ6 В/214
Диаметр долота, мм	125	160	165	164	215,9	244,5	244,5	214
Стойкость, м	2000	2500 ÷ 4000	до 2000	до 2000	до 3000	до 2000	до 2000	до 2000

Механическая скорость бурения, м/ч	60 ÷ 170	120 ÷ 160	до 90	до 90	до 150	до 75	до 90	до 100
Область применения по величине П <sub>б</sub>	1 ÷ 5	до 4	до 6	до 7	до 7	до 7	до 7	до 7

Таблица 3

Техническая характеристика и область применения долот для пневмоударников

Показатели	Долота с опережающим лезвием			Крестовые		
	БК-105	БК-125	БК-155	К105К	К125К	К160К
Диаметр долота, мм	105	125	155	105	125	160
Стойкость, м	140 ÷ 30	140 ÷ 40	200 ÷ 60	420 ÷ 60	420 ÷ 80	120
Область применения по величине П <sub>б</sub>	6 ÷ 12	6 ÷ 10	6 ÷ 14	6 ÷ 14	6 ÷ 14	12 ÷ 14

Таблица 4.

Типы шарошечных долот третьего поколения и область их применения

Тип долота	Область применения	Показатель трудности бурения	Исполнение шарошки
М	Мягкие породы	до 6	С фрезерованными зубьями
МЗ	Мягкие абразивные породы		Со вставными зубьями

С	Неабразивные породы средней твердости		С фрезерованными зубьями
Т	Неабразивные и малоабразивные твердые породы	6-8	то же
ТЗ	Вязкие твердые абразивные породы	8-12	Со вставными зубьями
ТК	Малоабразивные твердые породы с пропластками крепких пород средней абразивности	8-10	Комбинация фрезерованных и вставных зубьев
К	Хрупкие абразивные крепкие породы	12-16	Со вставными зубьями
ОК	Высоко абразивные трудно- и весьма труднобуримые породы	более 16	

Таблица 5.

Угол откосов уступов (по «Гипроруде»)

Группа пород	Характеристика пород, слагающих уступ	Высота рабочего уступа, м.	Угол откоса уступа, град.		
			рабочего	нерабочего	
				одиночного	сдвоенного и строенного
I. Крепкие скальные $\sigma_{сж} > 80$ МПа	Весьма крепкие Крепкие слаботрещиноватые и слабыветрелые	12 ÷ 15	< 80	70 ÷ 75	65 ÷ 70
		12 ÷ 15	70 ÷ 75	60 ÷ 65	55 ÷ 60
II. Средней крепости 8 МПа < $\sigma_{сж} < 80$ МПа	Крепкие трещиноватые Выветрелые интенсивно трещиноватые Сильновыветрелые Интенсивно трещиноватые или рассланцованные	12 ÷ 15	65 ÷ 70	55 ÷ 60	50 ÷ 55
		12 ÷ 15	60 ÷ 65	50 ÷ 55	45 ÷ 50
		10 ÷ 12	55 ÷ 60	45 ÷ 50	40 ÷ 45
		10 ÷ 12	45 ÷ 50	40 ÷ 45	35 ÷ 40
III. Слабые и	Частично дезинтегрированные и изверженные	8 ÷ 10	55 ÷ 60	40 ÷ 50	35 ÷ 40

связные $\sigma_{сж} < 8$ МПа	Глинистые, полностью дезинтегрированны е разности всех пород	8 ÷ 10	40 ÷ 50	25 ÷ 40	25 ÷ 30
	Глинистые песчано- гравийные отложения	8 ÷ 10	40 ÷ 45	35 ÷ 40	30 ÷ 35

Примечание. Таблица составлена с учетом применения специальной технологии постановки уступов в предельное положение.

### Контрольные вопросы:

1. Укажите конструктивные особенности долот для станков вращательного бурения.
2. Каким образом можно узнать годится ли выбранное долото при шнековой очистки скважин?
3. Перечислите основные типы долот для вращательно-ударного (пневмоударного) бурения скважин.
4. Укажите стандартные диаметры шарошечных долот третьего поколения для наиболее распространенных моделей станков шарошечного бурения.
5. По какому признаку выбирают тип шарошечного долота?
6. Для обуривания скважин в конкретных условиях можно применить несколько типов долот. Какому из них следует отдать предпочтение?
7. Расшифруйте марку шарошечного долота III 244.5 К ПГВ.
8. Из каких соображений выбирают диаметр долота?
9. С какой целью создают перебур скважин?
10. Как определяют длину перебура?
11. Укажите факторы, влияющие на длину перебура.
12. Когда бурят скважины без перебура?
13. В каких случаях бурят скважины с недобуром?
14. Перечислите недостатки, присущие вертикальным скважинам?
15. Какие преимущества имеют вертикальные скважины по сравнению с наклонными?
16. Укажите преимущества наклонных скважин по сравнению с вертикальными.
17. Перечислите недостатки, присущие наклонным скважинам
18. Зависит ли длина скважин от угла ее наклона?
19. От чего зависит величина коэффициента расширения скважин при бурении?
20. Каким образом устанавливают диаметр скважины?
21. Поясните, почему не следует стремиться к увеличению диаметра скважин при взрывании сложно-структурных блоков.
22. С какой целью наклонные скважины предпочитают бурить параллельно откосу уступа?

23. Укажите значения углов наклона скважин, обеспечиваемых серийно выпускаемыми отечественными буровыми станками.
24. Из каких соображений выбирают угол откоса рабочего уступа?
25. Поясните, почему рабочие уступы имеют больший угол откоса, нежели погашенные рабочие уступы?
26. Из каких соображений устанавливают средний оптимальный размер куска взорванной горной массы?

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

### Практическое занятие № 5

**Тема:** Состав, характеристики и условия применения взрывчатых веществ.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:**

1. Изучить теоретический материал
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Перечертить таблицы в тетрадь.

**Ход выполнения:** выполнить задания.

#### Теоретический материал

Основным способом подготовки горных пород к выемке на карьерах остаются и будут оставаться в обозримом будущем буровзрывные работы. Поэтому вполне понятно, что их совершенствование является приоритетным в общей проблеме разрушения скальных пород.

В последние годы в РФ произошли существенные изменения в технике и технологии взрывных работ. Активизировалась деятельность предприятий и организаций по созданию новых промышленных взрывчатых материалов и технических устройств, применяемых при взрывных работах.

В условиях перевода промышленности страны на рыночную экономику одним из важных вопросов является перевод горных предприятий на применение более дешёвых промышленных взрывчатых веществ (ПВВ), изготавливаемых непосредственно вблизи мест их применения на стационарных пунктах или в специальных транспортных смесительно-

зарядных машинах (ТСЗМ). Указанная тенденция имеет место и в практике деятельности зарубежных стран.

Промышленные взрывчатые вещества нашли широкое практическое применение во многих областях народного хозяйства. Дальнейшее развитие науки и техники расширяет сферу их использования и постоянно ставит новые задачи по разработке рецептур, технологии получения более эффективных и безопасных в применении, экологичных и экономичных композиций.

Ассортимент промышленных ВВ постоянно обновляется. Когда-то широко применяемые порошкообразные ПВВ вытесняются гранулированными ПВВ заводского изготовления. Заметно уменьшается объём используемых для проведения взрывных работ гранулошлака и алюмотола ввиду их высокой стоимости. Широко внедряются механизированные способы заряжания шпуров и скважин, утверждается тенденция перевода горных предприятий на применение более дешёвых ВВ, изготавливаемых вблизи мест их использования. В этом плане удачным решением является разработка водосодержащих ВВ, в том числе суспензионных и эмульсионных ПВВ

К древнейшим областям применения ВВ относятся военное дело и горнодобывающая промышленность, которая является основным потребителем промышленных ВВ.

В настоящее время ВВ нашли широкое практическое применение в различных отраслях промышленности - это геология (взрывные работы при сейсмической разведке), горнодобывающая (разрушение горных пород), нефтегазодобывающая (торпедирование и перфорация скважин – прострелочно-взрывные работы), металлургическая (импульсная обработка металлов взрывом – сварка, резка, упрочнение), синтез материалов (искусственные алмазы) и т.п.

Любая область применения предъявляет к ВВ вполне определённые, специфические для этой области требования. Причём они, в зависимости от

условий применения ВВ и характера решаемых задач, могут быть прямо противоположными.

Критериями отбора должны служить условия применения, которые требуют специфических свойств ВВ и соответственно рецептурного состава и технологии их приготовления.

Так, применение ВВ на подземных работах или на земной поверхности определяет кислородный баланс ВВ, от которого зависит содержание токсичных газов в продуктах взрыва:

- степень обводнённости забоев обуславливает требования по водоустойчивости ВВ;

- присутствие в подземных выработках горючих газов и пыли определяет требования к предохранительным свойствам ВВ;

- для применения ВВ на больших глубинах в скважинах с высокой температурой и давлением необходимы термостойкие ВВ;

- применение ВВ для обработки металлов взрывом требует своих критериев (например, сварка металлов – ВВ с низкой скоростью детонации, упрочнение – ВВ с большой скоростью детонации и т. д.).

В то же время ввиду высокой стоимости энергии взрыва важно, особенно при широком промышленном применении ВВ, чтобы эта энергия была использована эффективно.

Разнообразие условий ведения взрывных работ в народном хозяйстве обуславливает использование широкого ассортимента промышленных ВВ, отличающихся по своим взрывчатым и эксплуатационным характеристикам. В соответствии с условиями применения должны выбираться ВВ с наиболее высокими для данных условий технико-экономическими показателями. Экономические показатели во многом определяются стоимостью сырья или исходных компонентов, а также затратами на производство при выбранном рецептурном составе и технологии приготовления ВВ.

Для обеспечения этой потребности в настоящее время существует широкий ассортимент ПВВ. Поскольку число химических соединений,

применяемых в качестве ВВ или входящих в рецептуру взрывчатого состава, невелико, важно уметь изготавливать ВВ с широким диапазоном взрывчатых свойств, отвечающих требованиям, предъявляемым к промышленным ВВ.

### **Требования, предъявляемые к промышленным ВВ:**

- безопасность изготовления и применения;
- достаточная детонационная способность и работоспособность;
- необходимая химическая и физическая стойкость, обеспечивающая сохранность всех свойств в течение гарантийного срока хранения;
- доступность сырья и невысокая стоимость готового продукта;
- водоустойчивость;
- низкая чувствительность к внешним воздействиям;
- возможность механизации заряжания скважин.

### **Классификация промышленных ВВ**

Основными признаками классификации ПВВ являются:

- химический состав;
- название основного компонента;
- характер действия на окружающую среду;
- степень опасности при обращении (хранение, перевозка, доставка на места работ, использование и т.п.);
- условия применения;
- по областям применения;
- физическое состояние (структурные особенности).

**По химическому составу** промышленные ВВ подразделяются на *индивидуальные химические соединения* (тротил, тетрил, ТЭН, динитрофталин, гексоген, октоген, нитроглицерин, нитрогликоли и др.) и *механические смеси* (ВВ с горючими и инертными добавками или невзрывчатые компоненты с горючими добавками).

**Индивидуальные ВВ** в химическом отношении - это, как правило, органические соединения, содержащие нитрогруппы. Они подразделяются на:

*нитросоединения* (содержащие C-NO<sub>2</sub> группы),

*нитроэфиры* (O-NO<sub>2</sub>),

*нитроамины* (N-NO<sub>2</sub>).

**Механические смеси:**

- ВВ + добавки (ВВ или инертные для достижения специальных свойств ВВ (литьевых, снижения чувствительности, сенсibilизаторы, напр. нитроглицерин).

- окислитель + горючее.

Наиболее распространённые промышленные смесевые ВВ достаточно удобно при практическом использовании различать **по названию основного компонента** (по химическому составу), входящего в состав.

1. **Нитросоединения и их смеси**, включая смеси с металлами:

- *гранулотол* (гранулированный тротил);

- *алюмотол* (гранулированный сплав тротила с дисперсным алюминием);

- *пентолит* (плавленная смесь тротила с ТЭНом);

- *смеси ТГ* (тротил-гексоген) и др.;

2. **ПВВ, содержащие в качестве окислителя аммиачную селитру** (нитрат аммония), в том числе:

- *динамоны* простейшие ВВ, которые в качестве горючего содержат невзрывчатые материалы (древесную муку, жидкие нефтепродукты и др.).

Гранулированные сорта этих ВВ называют *гранулитами*;

- *аммоналы* – содержащие в качестве горючего нитросоединения и дисперсный алюминий. *Граммонал* – гранулированный аммонал;

- *аммониты* – порошкообразные смеси аммиачной селитры и нитросоединений (тротил, гексоген). *Граммониты* представляют собой смесь гранулированной аммиачной селитры с гранулированным или чешуирированным тротилом или гранулированный аммонит;

- водосодержащие взрывчатые вещества – смеси, содержащие воду или водные растворы окислителей (калиевой, аммиачной или натриевой селитры):

– акватол, в состав которого входит гранулированный или чешуированный тротил;

– акванит, в состав которого входит дисперсное нитросоединение;

– акванал, в состав которого входит дисперсный алюминий;

– эмульсионные ВВ (*порэмит* и др.) представляют собой эмульсию на основе водного раствора окислителей (нитрата аммония с нитратом натрия) и жидкого горючего (нефтепродукта: индустриальное масло, либо мазут и т.п.), в состав также входят эмульгатор и газогенерирующая добавка.

**3. Нитроэфирсодержащие взрывчатые вещества** - это ВВ, одним из компонентов которого являются жидкие нитроэфиры:

- *детонит* - неперехранительное нитроэфирсодержащее ВВ, массовая доля нитроэфиров в котором не более 15%;

- *динамит* - неперехранительное нитроэфирсодержащее ВВ, массовая доля нитроэфиров в котором более 15%;

- *угленит* - переходительное нитроэфирсодержащее ВВ, в состав которого входят окислитель и пламегаситель.

**4. Перхлоратные взрывчатые вещества** - промышленные ВВ, одним из компонентов которых являются перхлоратные соли.

**5. Дымный и бездымный пороха.**

**По характеру воздействия на окружающую среду:**

- высокобризантные ( $D > 4,5$  км/с);

- бризантные ( $D = 3,5-4,5$  км/с);

- низкобризантные ( $D = 2,0-3,5$  км/с);

- метательные (со скоростью взрывного горения до 2,0 км/с).

**КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ГРУППАМ СОВМЕСТИМОСТИ**

ГОСТ 32162-2013 Вещества взрывчатые промышленные. Классификация  
"ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ" ПРИКАЗ от  
16 декабря 2013 г. N 605

Введена в действие с 10.12.2014 г.

Группа совместимости (опасности)	Вещества, изделия
В	Изделия, содержащие инициирующие взрывчатые вещества, и имеющие менее двух независимых предохранительных устройств. Включаются также такие изделия, как капсюли-детонаторы, сборки детонаторов и капсюли, не содержащие инициирующего взрывчатого вещества
С	Метательные взрывчатые вещества и изделия (бездымный порох)
D	Взрывчатые вещества и изделия на их основе без средств инициирования и метательных зарядов; изделия, содержащие инициирующие взрывчатые вещества и имеющие два или более независимых предохранительных устройства
Е	Изделия, содержащие взрывчатые вещества без средств инициирования, но с метательным зарядом (кроме содержащих легковоспламеняющуюся жидкость или гель или самовоспламеняющуюся жидкость)
F	Изделия, содержащие вторичные детонирующие взрывчатые вещества, средства инициирования и метательные заряды, или без метательных зарядов
G	Пиротехнические вещества и изделия, содержащие их

N	Изделия, содержащие взрывчатые вещества чрезвычайно низкой чувствительности
S	Вещества или изделия, упакованные или сконструированные так, что при случайном срабатывании любое опасное проявление ограничено самой упаковкой, а если тара разрушена огнем, то эффект взрыва или разбрасывания ограничен, что не препятствует проведению аварийных мер или тушению пожара в непосредственной близости от упаковки

### КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПОДКЛАССАМ

Подкласс	Наименование подкласса
1.1.	Взрывчатые материалы, способные взрываться массой
1.2.	Взрывчатые материалы, не взрывающиеся массой, но имеющие при взрыве опасность разбрасывания и существенного повреждения окружающих предметов
1.3.	Взрывчатые материалы пожароопасные, не взрывающиеся массой
1.4.	Взрывчатые материалы, представляющие незначительную опасность взрыва во время транспортирования только в случае воспламенения или инициирования. Действие взрыва ограничивается упаковкой. Внешний источник инициирования не должен вызывать мгновенного взрыва содержимого упаковки
1.5.	Взрывчатые материалы с опасностью взрыва массой, но обладающие очень низкой чувствительностью, у которых при нормальных условиях транспортирования не должно произойти инициирования или перехода от горения к детонации

1.6.	Изделия на основе взрывчатых веществ, чрезвычайно низкой чувствительности, не взрывающиеся массой и характеризующиеся низкой вероятностью случайного инициирования. Опасность, обусловленная изделиями подкласса 1.6, ограничивается взрывом одного изделия
------	---

Таблица 1 - Классы и виды ВВ, изделий на основе ВВ и условия применения

Класс ВВ	Вид ВВ	Условие применения
I	Непредохранительные ВВ	Для взрывания только на земной поверхности
II	Непредохранительные ВВ	Для взрывания на земной поверхности и в забоях подземных выработок, в которых либо отсутствует выделение горючих газов или взрывчатой угольной (сланцевой) пыли, либо применяется инертизация призабойного пространства, исключающая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах
III	Предохранительные ВВ	Для взрывания только по породе в забоях подземных выработок, в которых имеется выделение горючих газов, но отсутствует взрывчатая угольная (сланцевая) пыль
IV	Предохранительные ВВ	Для взрывания: - по углю и/или породе или горючим сланцам в забоях подземных выработок, опасных по взрыву угольной (сланцевой) пыли при

		<p>отсутствии выделения горючих газов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по углю и/или породе в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, в которых имеется выделение горючих газов, кроме выработок с повышенным выделением горючих газов;</li> <li>- для сотрясательного взрывания в забоях подземных угольных шахт</li> </ul>
V	Предохранительные ВВ	<p>Для взрывания по углю и/или породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газовой воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах массива горных пород, либо в выработке</p>
VI	Предохранительные ВВ	<p>Для взрывания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по углю и/или породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газовой воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива, либо в выработке;</li> <li>- в угольных и смешанных забоях</li> </ul>

		восстающих (с углом более 10°) выработок, в которых выделяется горючий газ, при длине выработок более 20 м и проведении их без предварительно пробуренных скважин, обеспечивающих проветривание за счет общешахтной депрессии
VII	Предохранительные ВВ и изделия на основе предохранительных ВВ V-VI классов	Для ведения специальных взрывных работ (водораспыление и распыление порошкообразных ингибиторов, взрывное перебивание деревянных стоек при посадке кровли, ликвидация зависания горной массы в углеперепускных выработках, дробление негабаритов) в забоях подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации горючего газа и угольной пыли
Специальный (С)	Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия на их основе	Для ведения специальных взрывных работ, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации горючего газа и угольной (сланцевой) пыли

Таблица 2 - Группы ВВ специального класса (изделия на их основе) и условия применения

Группа ВВ	Условие применения
-----------	--------------------

специального класса	
1	Взрывные работы на земной поверхности: импульсная обработка металлов; инициирование скважинных и других сосредоточенных зарядов; контурное взрывание для заоткоски уступов; разрушение мерзлых грунтов; дробление негабаритных кусков горной массы; сейсморазведочные работы в скважинах; создание заградительных полос при локализации лесных пожаров, другие специальные работы
2	Взрывные работы в забоях подземных выработок, не опасных по газу и/или угольной (сланцевой) пыли; взрывание сульфидных руд; дробление негабаритных кусков горной массы; контурное взрывание и другие специальные работы
3	Прострелочно-взрывные работы в разведочных, нефтяных, газовых скважинах
4	Взрывные работы в серных, нефтяных и др. шахтах, опасных по взрыву серной пыли, водорода и паров тяжелых углеводородов

Цвет оболочек патронов (пачек) или отличительной полосы, наносимой на патроны (пачки), изделия, ящики или мешки для ВВ классов I-VII и изделий на основе ВВ приведены в таблице А.1, а для групп ВВ специального класса - в таблице А.2.

Таблица А.1

Класс ВВ	Цвет оболочек патронов (пачек) или отличительной полосы, наносимой на патроны (пачки), изделия, ящики или мешки
I	Белый

II	Красный
III	Синий
IV-VII	Желтый

Таблица А.2

Группа ВВ специального класса	Цвет оболочек патронов (пачек) или отличительной полосы, наносимой на патроны (пачки), изделия, ящики или мешки
1	Белый
2	Красный
3	Черный
4	Зеленый

### **Классификация по областям применения**

С точки зрения использования ЭНМ их классификацию целесообразно проводить по областям применения. В основу такой классификации положены три признака:

- чувствительность к внешним воздействиям, приводящим к появлению определенной формы взрывчатого превращения (ВП);
- характерный, т.е. относительно легко возбуждаемый и устойчивый вид ВП;
- наиболее ярко выраженный вид действия взрыва.

В соответствии с этими признаками ЭНМ разделяют на четыре группы:

I группа – инициирующие или первичные ВВ

гремучая ртуть  $\text{Hg}(\text{ONC})_2$ , азид свинца  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ , ТНРС  $\text{C}_6\text{H}(\text{O}_2\text{Pb})(\text{NO}_2)_3\text{H}_2\text{O}$ , тетразен  $\text{C}_2\text{H}_8\text{ON}_{10}$ ;

II группа – бризантные или вторичные ВВ (тротил, тетрил, ТЭН, гексоген, октоген);

III группа – метательные ВВ (пороха, твердые ракетные топлива);

IV группа – пиротехнические составы.

### **Требования, предъявляемые к ВВ и составам на их основе**

1. Высокая эффективность действия: работоспособность, нагружающее и метательное действие.

2. Определенная чувствительность к внешним импульсам.

(2.1 Надежная детонация от соответствующих средств инициирования;  
2.2 безопасность при производстве ВВ, снаряжении боеприпасов и их эксплуатации).

3. Высокая химическая и физическая стойкость, химическая инертность (совместимость) к различными конструкционными материалами и компонентами состава.

4. Удовлетворительные технологические качества, обеспечивающие возможность изготовления различными способами разрывных зарядов высокого качества

(низкая гигроскопичность, электростатичность, низкая вязкость в жидком состоянии, умеренная скорость кристаллизации, хорошая перемешиваемость компонентов, малая усадка при кристаллизации, хорошая прессуемость).

5. Производственно-экономические требования:

- дешевизна и доступность сырья
- простота и безопасность производства
- невысокая себестоимость готового продукта.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие требования предъявляет к промышленным ВВ?
2. По каким основным признакам классифицируют ПВВ?
3. Назовите условия применения не предохранительных ВВ.
4. Перечислите производственно-экономические требования к ВВ.
5. В какой цвет окрашивают оболочки патронов (пачек) для ВВ классов I-VII и изделий на основе ВВ?
6. В какой цвет окрашивают оболочки патронов (пачек) для групп ВВ специального класса?

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

## **Практическое занятие № 6**

**Тема:** Оценка взрываемости горных пород и выбор типа взрывчатых веществ.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:** выполнить задания

### **Порядок выполнения работы**

#### **1. Краткое теоретическое введение.**

Для взрывания пород в карьерах используют различные виды взрывчатых веществ заводского приготовления или изготавливаемых на прикарьерных пунктах и в передвижных установках.

Технологические качества ВВ определяется бризантностью, работоспособностью, плотностью, водостойчивостью, возможностью механизации заряжения. Область применения различных ВВ зависит в первую очередь от структурно-прочностных свойств и обводненности пород (табл. 1). Кроме гранулированных и порошкообразных ВВ широкое распространение получили водосодержащие и эмульсионные ВВ. Находят применение и ВВ на основе утилизируемых ВМ (табл. 2-6).

Сравнение действия ВВ производится по переводному коэффициенту  $K_{ВВ}$ , учитывающему соотношение энергии (теплоты взрыва) эталонного (аммонит № 6 ЖВ, граммонит 79/21) и сравниваемого ВВ.

Степень дробления породы взрывом зависит, прежде всего, от ее сопротивления действию взрыва, что характеризуется величиной удельного расхода ВВ, ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

В соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах» производство массовых взрывов на карьерах регламентируется проектом массового взрыва. Для расчета параметров скважинных зарядов в нем используют проектный удельный расход ВВ, учитывающий технологические и организационные условия взрыва.

Расчет элементов конструкции скважинного заряда осуществляют из условия полного и равномерного охвата взрываемого массива дробящим действием взрыва (рис. 1.).

Конструктивно сплошной скважинный заряд более прост и удобен при механизированной зарядке скважин. Рассредоточенный заряд позволяет уменьшить размеры зоны нерегулируемого дробления и снизить выход негабаритных кусков.

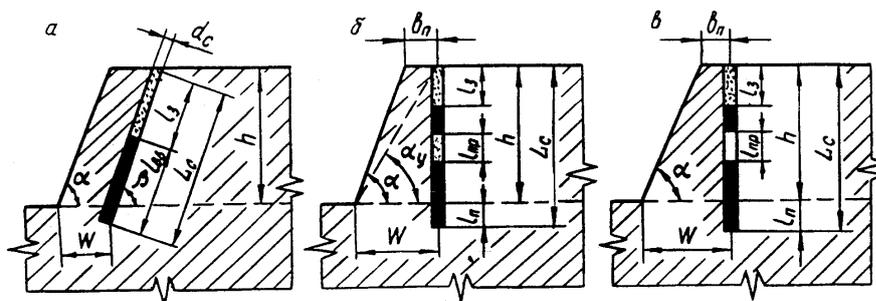


Рис. 1 Параметры скважинных зарядов: сплошного (а), рассредоточенного инертной забойкой (б) и рассредоточенного воздушным промежутком (в)

Рассредоточение осуществляют разделением частей заряда инертной забойкой, пенополистиролом или путем создания воздушных промежутков. Длина промежутков зависит от взрываемости пород. При конструировании рассредоточенных зарядов следует помнить о том, что размещение ВВ в верхнем разрушенном слое пород уступа (в зоне перебура скважин вышележащего уступа) приводит к усилению метательного эффекта взрыва и к нарушению компактности развала. Увеличение расстояния между отдельными частями заряда также может привести к увеличению выхода негабарита из средней части уступа.

## 2. Последовательность выполнения расчетов

В соответствии со свойствами пород и обводненностью скважин (табл. 12) выбирают тип ВВ (табл. 1). При пользовании табл. 1 следует иметь в виду, что ВВ расположены в ней в порядке предпочтения. Наиболее дешевыми и достаточно эффектными являются простейшие ВВ, изготавливаемые на прикарьерных пунктах и в смесительно-зарядных машинах.

Вычисляют проектный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>

$$q_{п} = q_{э} \cdot K_{ВВ} \cdot K_{д} \cdot K_{Т} \cdot K_{V} \cdot K_{з} \cdot K_{оп}, \quad (1)$$

где  $q_{э}$  – удельный эталонный расход эталонного ВВ (п. 2, кг/м<sup>3</sup>;  $K_{ВВ}$  – переводной коэффициент ВВ (табл. 2-6);  $K_{д}$  – коэффициент, учитывающий трещиноватость пород;  $K_{V}$  – коэффициент, учитывающий влияние объема взрывающей породы;  $K_{з}$  – коэффициент, учитывающий степень сосредоточения заряда;  $K_{оп}$  – коэффициент, учитывающий местоположение заряда и число открытых (свободных) поверхностей взрывающей части массива.

Значение  $K_{д}$  можно установить по формуле

$$K_{д} = 0,5/d_{ср.о}, \quad (2)$$

здесь  $d_{ср.о}$  – средний оптимальный размер куска взорванной породы (п. 4), м.

Коэффициент  $K_{Т}$  для конкретных условий

$$K_{Т} = 1,2 \cdot l_{ср} + 0,2, \quad (3)$$

здесь  $l_{ср}$  – средний размер структурного блока в массиве, м.

Величина  $K_v$  зависит от высоты взрываемого уступа. Для уступов высотой до 15 м

$$K'_v = 3\sqrt{\frac{15}{h}}, \quad (4)$$

а при высоте уступа более 15 м

$$K''_v = 3\sqrt{\frac{h}{15}}, \quad (5)$$

здесь  $h$  – высота уступа, м.

Величина коэффициента  $K_3$  зависит от диаметра скважины (п. 4), который определяет радиус зоны регулируемого дробления. Для скважин диаметром 200 мм  $K_3 \approx 1$ ; при диаметре скважин 100 мм в легко- средне- и трудновзрываемых породах  $K_3$  соответственно равен  $0,85 \div 0,9$ ;  $0,7 \div 0,8$  и  $0,95 \div 1$ . При диаметре скважин 300 мм величина  $K_3$  соответственно составляет  $1,05 \div 1,1$ ;  $1,2 \div 1,25$  и  $1,3 \div 1,4$ . Для промежуточных значений диаметра скважины  $K_3$  находят путем интерполяции. При рассредоточении заряда в скважинах большего диаметра (более 300 мм) величину  $K_3$  рекомендуется умножать на поправочный коэффициент 0,95.

В случае многорядного короткозамедленного взрывания  $K_{оп} = 6 \div 8$ .

При разработке рудных месторождений используют методику «Гипроруды».

Рассчитывают проектный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>

$$q'_п = q'_э \cdot K_{ВВ} \cdot K_{дк} \cdot K_{сз}, \quad (6)$$

где  $q'_э$  – удельный расход эталонного ВВ, кг/м<sup>3</sup>, при размере кондиционного куска 1000 мм и диаметре заряда 243 мм (табл. 7), кг/м<sup>3</sup>;  $K_{дк}$  – поправочный коэффициент, учитывающий средний оптимальный размер кондиционного куска (табл. 8);  $K_{сз}$  – поправочный коэффициент, учитывающий расчетный диаметр скважины (табл. 9).

Сопоставляют величину проектного удельного расхода ВВ, найденного по формулам (2) и (6). Для дальнейших расчетов принимают наибольшую из двух величин.

Выбирают конструкцию заряда. При механизированной зарядке скважин следует ориентироваться на сплошной колонковый заряд (рис. 1, а). При взрывании крупноблочных пород и высоких уступов предпочтительнее рассредоточенный заряд, позволяющий уменьшить размеры нерегулируемой зоны дробления и снизить выход негабарита. Промежутки в обводненных скважинах заполняют инертной забойкой (рис. 1, б), а сухих – воздушными промежутками (рис. 1, в). Воздушные промежутки, предпочтительнее в породах легковзрываемых и средней трудности взрывания, их создают с помощью специальных полиэтиленовых скважинных затворов, вспененного полистирола или деревянных затворов типа «катушка». Детонирующий шнур прокладывают по всей длине скважин.

Заряд, как правило, рассредоточивают на две, реже – на три части.

Рассчитывают длину забойки. Качественная забойка позволяет существенно улучшить качество взрывааемых пород. Уменьшение величины забойки опасно преждевременным выбросом продуктов взрыва и снижением эффективности взрывных работ. Однако чрезмерное опускание забойки резко ухудшает качество взорванных пород, особенно крупноблочного строения.

Обычно длина забойки, м

$$l_3 = (20 \div 30) \cdot d_c, \quad (7)$$

Более точные зависимости для определения минимальной величины забойки предложены А.С. Ташкиновым.

Для сплошного колонкового заряда длина забойки, м

– при ведении взрывных работ с перебуrom

$$l_3 = l_{\Pi} + 11,3 \cdot d^{0,75} \cdot l_{\text{ср}}^{-0,5} \cdot \Delta^{0,5}, \quad (8)$$

– при ведении взрывных работ без перебура

$$l_3 = 11,3 \cdot d^{0,75} \cdot l_{\text{ср}}^{-0,5} \cdot \Delta^{0,5}, \quad (9)$$

– при наличии недобура

$$l_3 = (20 \div 25) \cdot d_c, \quad (10)$$

где  $\Delta$  – плотность ВВ, г/см<sup>3</sup>;  $d_c$  – диаметр скважин, м;  $l_{\text{ср}}$  – средний размер структурного блока в массиве, м;  $l_{\Pi}$  – длина перебура, м.

Для рассредоточенного заряда длина забойки, м

$$l_{3,p} = l_3 \cdot \left( 1 - \frac{\sum l_{\text{пр}}}{L_{\text{СКВ}}} \right), \quad (11)$$

здесь  $l_3$  – длина забойки для сплошного колонкового заряда, м;  $\sum l_{\text{пр}}$  – суммарная длина промежутков, м.

Длина каждого промежутка, м

$$l_{\text{пр}} = (13,5 - 2,5 \cdot l_{\text{ср}}) \cdot d_c. \quad (12)$$

Вычисляют расчетную длину заряда, м:

– сплошной колонковый заряд

$$l_{\text{ВВ}} = L_{\text{СКВ}} - l_3. \quad (13)$$

– рассредоточенный заряд

$$l_{\text{ВВ},p} = L_{\text{СКВ}} - l_{3,p} - \sum l_{\text{пр}}. \quad (14)$$

При рассредоточении заряда на две части длина верхней ( $l_{\text{ВВ},p}^{\text{В}}$ ) и нижней ( $l_{\text{ВВ},p}^{\text{Н}}$ ) частей составляет, м

$$l_{\text{ВВ},p}^{\text{В}} = 0,35 \cdot l_{\text{ВВ},p}, \quad (15)$$

$$l_{\text{ВВ.р}}^{\text{Н}} = 0,65 \cdot l_{\text{ВВ.р}} \quad (16)$$

В случае рассредоточения колонки ВВ на три и более частей длину нижней части заряда принимают равной, м:

– при вертикальном расположении скважин

$$l_{\text{ВВ.р}}^{\text{Н}} = 0,5 \cdot l_{\text{ВВ.р}}, \quad (17)$$

– при наклонном расположении скважин

$$l_{\text{ВВ.р}}^{\text{Н}} = 0,35 \cdot l_{\text{ВВ.р}} \quad (18)$$

В соответствии с условиями индивидуального задания выбрать тип промежуточного инициатора (шашки-детонатора) (табл. 11). Тротилловые шашки Т – 400Г рекомендуются для инициирования сухих и обводненных скважинных зарядов из игданита, гранулитов, граммонитов, алюмотола. Шашки с большой иницирующей способностью ТГ – 500, предназначены для инициирования обводненных скважинных зарядов гранулотола, алюмотола, граммонитов и водонаполненных ВВ. Шашки ТП – 200 и ТП – 400 используют только при электрическом иницировании зарядов, а шашки БШД-800 (У) и ТГФ-850-Э для зарядов водосодержащих и эмульсионных ВВ..

Устанавливают расход шашек-детонаторов на скважину.

Для большинства применяемых ВВ достаточно одной шашки-детонатора на заряд любой массы. При взрывании алюмотола и гранулотола используют 1-2 шашки Т-400Г или шашки БШД-800 (У), ТГФ -850Э. В рассредоточенных зарядах при значительной длине промежутков с целью повышения надежности детонации можно устанавливать два боевика: один в нижней (основной) части заряда, другой – в верхней.

Для взрывания зарядов из аммонита бЖВ, гранулитов, детонита часто используют по одному стандартному патрону-боевику, обвязываемому ДШ из аммонита бЖВ или патронированных эмульсионных ВВ (табл. 5). Последние можно использовать и для иницирования зарядов эмульсионных ВВ.

### 3. Справочные данные

Таблица 1.

Рекомендуемая область применения взрывчатых веществ на карьерах

Заводского изготовления				Изготовленные на местах применения (прикарьерных пунктах и передвижных установках)			
Порошкообразные и гранулированные ВВ	Водосодержащие ВВ	Эмульсионные ВВ	ВВ на основе утилизируемых ВМ	Порошкообразные и гранулированные ВВ	Водосодержащие ВВ	Эмульсионные ВВ	ВВ на основе утилизируемых ВМ
1	2	3	4	5	6	7	8

СУХИЕ СКВАЖИНЫ, ШПУРЫ, ТРАНШЕИ							
Коэффициент крепости по шкале М.М. Протодяконова до 12							
Гранулит М Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Граммонит 79/21 Граммонит 82/18 Гранулиты РП-1, РП-2, РП-3	—	—	—	Игданит	Акватол Т-20 (ифзани ты Т-20, Т-60, Т- 80) Ифзани т Т-40	Сибири т 1000 Сибири т 1200	Порэмит 1 ИМН ИМК МТН МТК Гранэмит 70/30

Коэффициент крепости по шкале М.М. Протодяконова более 12							
Аммонит 6ЖВ Граммонит 50/50 Граммонит 30/70 Граммотол марок 10, 15, 20 Гранулит ПМ Гранулит ПФ	Грамм онит РЗ-30	—	Эмульсен Г Эмульсен П Тротил-У Поротол Гранипор ППФ	—	Акватол ГЛТ-20 Карбато л ГЛ- 15Т Карбато л ГЛ- 10В Аквани т КТ-Х Комбиз ар	Эмульс олит А- 20	Порэмит М марок 4А, 8А  Гранэмит ы 30/70, 50/50

ОБВОДНЕННЫЕ СКВАЖИНЫ И ШПУРЫ							
Коэффициент крепости по шкале М.М. Протодяконова до 12							
Гранулотол Аммонит 6ЖВ в полиэтилено вых пакета, мешках Граммониты РЗ-3ОПР, 79/21ПР, 82/18 (ПР) (заряжание в полиэтилено вые рукава)	—	—	Эмульсен П Гельпор - 1 Гельпор - 3	—	Аквани т КТ Акватол Т-20 (ифзани ты Т-20, Т-60, Т- 80) Акватол Т-40	Порэми т 1А Сибири т 1000 Сибири т 2000	—

Коэффициент крепости по шкале М.М. Протодяконова более 12							
Гранулотол Граммонит 30/70 Граммонит 50/50 Дибазит	Грамм онит РЗ-30	—	Тротил У Поротол Гранипор ППФ Гельпор-2 Альгетол	—	Карбато л ГЛ- 15Т Акватол Т-20 (ГЛТ-	Порэми т М марок 4А, 8А Гранэм ит 50/50	—

Алюмотол Аммонал скальный №3			ы 15, 25, 35 Эмульсен Г		20) Карбато л ГЛ- 10В Аквана л (Ипкон ит)	Эмульс олит А- 20	
------------------------------------	--	--	----------------------------------	--	--	-------------------------	--

Таблица 2.

**Основные взрывотехнические характеристики порошкообразных и  
гранулированных ВВ на основе плотной аммиачной селитры**

Наименование ВВ	Переводной коэффициент ВВ	Теплота взрыва, ккал/кг	Концентрация энергии, ккал/дм <sup>3</sup>	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с
Аммонит 6ЖВ (порошок в мешках)	1	1030	876	0,85-0,9	3,6-4,8
Аммонал скальный №1 (патронированный)	0,8	1343	1343	0,95-1,0	4,0-4,5
Детонит М (патронированный)	0,83	1200	1380	1,0-1,25	3,9-5,3
Граммонит 79/21	1	1030	876	0,8-0,85	3,0-3,6
Граммонит 82/18	1,01	1010	859	0,85-0,9	3,0-3,4
Граммонит 50/50	1,01	880	792	0,85-0,9	3,6-5,6
Граммонит 30/70	1,14	911	820	0,85-0,9	3,8-6,0
Гранулит М	1,13	920	828	0,9	2,5-3,6
Гранулит АС-8	0,89	1242	1118	0,87-0,92	3,0-3,6
Гранулит АС-4В	0,98	1080	918	0,8-0,85	2,6-3,2
Игданит	1,13	920	820	0,8-0,9	2,2-2,7
Гранулотол	1,2	980	980	1,0	5,0-5,2
Алюмотол	0,97	1260	1260	0,95-1,0	5,5-6,0

Таблица 3.

**Основные взрывотехнические характеристики ПВВ нового поколения на основе пористой аммиачной селитры**

Наименование ПВВ	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Теплота взрыва, ккал/кг	Объемная концентрация энергии, ккал/дм <sup>3</sup>	Объем газообразных продуктов взрыва, л/кг	Кислородный баланс, %	Критический диаметр детонации, мм	Скорость детонации, км/с	Чувствительность к механическим воздействиям		Коэффициент относительной работоспособности по воронке взрыва (эталон-аммонит 6ЖВ)
								удар, %	трение, МПа	
Гранулит РП	0,7-0,8									
	0,8-	907	635-726	980-990	-	60-70	3,0-3,2	0	300	1,05-1,1
РП-1	0,85	907	726-	980-	0,35	80-90	2,9-	0	300	1,1-1,15
	0,85-	907	771	990	0,35	60-70	3,2	0	300	1,0-1,05
РП-2	0,9		771-	980-	-		3,3-			

РП-3			816	990	0,35		3,5			
Гранулит Т	0,75-0,8	886	709-797	969	-0,33	50-60	3,0-3,2	0	> 600	1,03-1,06
Гранулит ПМ	0,8-0,85	1092	874-928	896	-0,12	40-60	3,1-3,3	0	> 450	0,9-1,0
Гранулит ПФ	0,78-0,82	1030	803-845	893	-0,32	50-60	2,9-3,2	0	493	0,95-1,0
Амметол										
тип 1	0,78-0,81	1056	824-855	874	-0,25	40-50	3,0-3,3	0	493	0,95-1,0
тип 2	0,78-0,82	1083	845-888	854	-0,17	40	3,2-3,5	0	493	0,93-0,98
Граммотол - 5	0,75-0,8		693-739		-0,12		3,0-3,3			
10	0,75-0,85	924	710-758	955	-0,42	50	3,2-3,4	4-16	290	1,05-1,1
15	0,75-0,85	963	722-819	926	-1,45	40-50	3,3-3,5	4-16	290	1,0-1,05
20	0,75-0,85	980	735-833	914	-2,47	40	3,4-3,7	4-16	290	0,95-1,0
Гексонит П										
тип 2	0,8-0,85	988	790-840	943	-0,2		3,3-3,5	0	> 300	0,85-0,9
тип 3	0,75-0,85	957	716-813	954	0,32	≤ 40	3,2-3,4	0	> 300	0,95-0,98
тип 4	0,7-0,8	929	650-743	963	-0,07	≤ 50	3,1-3,3	0	> 300	1,0-1,02

Таблица 4.

Основные взрывотехнические характеристики водосодержащих ВВ

Наименование ВВ	Переводной коэффициент ВВ	Теплота взрыва, ккал/кг	Концентрация энергии, ккал/дм <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с
Граммонит РЗ-30	1,19	862	1207	1,35-1,40	4,5-5,0
Акватол М-15	0,76	1470	1660	1,35-1,40	4,8-5,8
Акватол Т-20М	1,16	890	1380	1,5-1,6	4,6-5,0
Акватол Т-20 (ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80)	1,16	890	1340	1,5-1,6	4,6-5,0
Ифзанит Т-40	1,15	880	1300	1,38-1,40	4,8-5,0
ГЛТ-20	1,15	880	1320	1,40-1,45	4,9-5,0
Акванал (ипконит)	0,97	1062	1460	1,40-1,45	3,8-4,6
Карбатол ГЛ-10В	0,8	1360	2108	1,55-1,60	4,5-5,1
Карбатол ГЛ-15Т	1,2	820	1230	1,4-1,6	4,5-4,8
Акванит КТ-Х	1,16	840	1260	1,45-1,50	5,0-5,5

Таблица 5.

## Основные взрывотехнические характеристики эмульсионных ВВ

Наименование ВВ	Переводной коэффициент ВВ	Теплота взрыва, ккал/кг	Концентрация энергии, ккал/дм <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с	
1	2	3	4	5	6	
Порэммит ИМ-Н	1	1,49	689	861	1,25	4,9-5,2
Порэммит ИМ-К	1	1,49	693	865	1,25	4,9-5,2
Порэммит МТ-Н	1	1,45	709	885	1,25	4,9-5,2
Порэммит МТ-К	1	1,42	726	908	1,25	4,9-5,2
Порэммит 1А		1,43	720	900	1,20	4,9-5,1
Порэммит М-4А		1,18	870	1130	1,30	4,8-5,1
Порэммит М-8А		0,99	1040	1400	1,35	4,9-5,3
Порэммит МК-8К		1,13	910	1230	1,35	4,8-5,2
Порэммит МК-8КА		1,14	900	1170	1,3	4,8-5,1
Гранэммит 30/70		1,29	800	1080	1,35	4,9-5,2
Гранэммит 50/50		1,23	835	1170	1,4	4,8-5,2
Гранэммит 70/30		1,18	870	1130	1,3	3,5-4,0
Сибирит 1000ИГ		1,41	729	911	1,2	4,8-5,4
Сибирит 2000ИГ		1,65	625	751	1,2	4,8-5,8
Эмулин Т		1,21	850	–	1,25	2,9-3,2
Эмулин П		1,21	850	–	1,1	3,0-3,6

Таблица 6.

## Взрывотехнические характеристики патронированных эмульсионных ВВ

Наименование ВВ	Переводной коэффициент ВВ	Диаметр патронов, мм	Теплота взрыва, ккал/кг	Масса ВВ в патроне, кг	Плотность ВВ в патроне, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с
Порэммит	1	45, 60,	1025	1,0; 1,9;	1,4-1,6	5,0-6,0

ПГА -1		90		4,3		
Порэммит 5А, 1	1,06	90, 120, 180	975	3,5; 6,5; 15,0;	1,2-1,3	3,5-4,8
Порэммит 10А, 1	1,06	120, 180	975	6,5; 15,0	1,2-1,3	3,5-4,8
Порэммит ПП-1, II	1,42	32, 36, 45, 60, 90	725	0,2; 0,3; 0,5; 1,6; 3,6	1,1-1,25	3,5-4,2
Порэммит ПГ-4А	1,18	32, 36, 45	875	0,2; 0,3; 0,5	1,1-1,25	3,6-4,4
Порэммит ПГ-8А, II	1,06	32, 36, 45, 60, 90	975	0,2; 0,3; 0,5; 1,6; 3,6	1,1-1,25	3,6-4,8
Эмульсолит П-Г	0,93	90, 120	1111	10,0; 6,5	1,3-1,4	4,2-4,8
Эмульсолит П-А-20	0,76	90, 120	1353	10,0; 6,5	1,3-1,4	4,8-5,0

Таблица 7.

Взрывотехнические характеристики ВВ, разработанных из утилизируемых взрывчатых материалов

Наименование ВВ	Теплота взрыва, ккал/кг	Температура вспышки, °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с	Переводной коэффициент ВВ
Тротил У	931	295-305	0,7-0,8 (насыпная)	5,0-5,5	1,1
Граммонит 30/70	899	315-320	0,8-0,9 (насыпная)	3,8-4,5	1,15
Граммонит 40/60	894	320-325	0,8-0,9 (насыпная)	3,7-4,4	1,15
Альгетол-15	1130	210	0,9-1,0 (насыпная)	4,6	0,91
Альгетол-25	1190	210	0,9-1,0 (насыпная)	4,8	0,87
Альгетол-35	1190	210	0,9-1,0 (насыпная)	5,0	0,87
Эмульсен-Г	1024	230-240	1,45-1,48	5,4-6,0	1,0
Эмульсен-П	764	190	1,5	5,2-5,6	1,35
Гельпор-1	900	170-185	1,3-1,4	5,0-5,2	1,14
Гельпор-2	1000	175-185	1,3-1,4	4,5-5,3	1,03
Гельпор-3	850	170-185	1,3-1,4	5,1-5,3	1,21
Поротол	925	170-180	1,5	6,5	1,11
Гранипор ППФ	820	180-190	0,8-0,9	5,5-6,3	1,26

Таблица 8.

Эталонный удельный расход ВВ (по данным «Гипроруды»), кг/м<sup>3</sup> (граммонит 79/21, диаметр скважины 243 мм, средний линейный размер кондиционного куска 1000 мм)

Категории пород по степени трещиноватости	Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протоdjяконова			
	2 ÷ 6	6 ÷ 10	10 ÷ 14	свыше 14
I	0,20	0,25	0,3	0,30
II	0,30	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,50	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,90
V	0,90	1,0	1,1	1,20

Таблица 9.

Поправочный коэффициент

Размер куска, мм	250	500	750	1000	1200	1500
Поправочный коэффициент	1,73	1,33	1,13	1,0	0,92	0,87

Примечание. Для размеров кусков, отсутствующих в таблице, данные находить линейной интерполяцией.

Таблица 10.

Поправочный коэффициент, учитывающий диаметр скважины (по данным «Гипроруды»).

Категория пород по трещиноватости	Диаметр скважин, мм						
	125	160	200	243	320	350	400
I	0,98	0,95	0,98	1,0	1,05	1,07	1,10
II	1,03	1,05	1,07	1,13	1,15	1,17	1,20
III	1,08	1,10	1,13	1,16	1,20	1,23	1,25
IV	1,13	1,15	1,17	1,20	1,25	1,27	1,30
V	1,18	1,20	1,23	1,26	1,30	1,32	1,36

Примечание. Для размеров кусков, отсутствующих в таблице, данные находить линейной интерполяцией.

Таблица 11.

Характеристика шашек-детонаторов

Наименование	Масса, г	Условия применения	Форма и конструкция
БШД-800 (У) баллиститные прессованные	800	Сухие и обводненные скважины с температурой при	Прессованный цилиндр с осевым каналом

		заряжании не более 70 °С, в т.ч. в агрессивных средах	под 4 нитки ДШ
Т-400 Г (тротиловые прессованные гидроизолированные)	400	Сухие и обводненные скважины	То же
ТГ-500 (тротило-гексогеновые литые)	500	Сухие и обводненные скважины	Литой цилиндр с осевым каналом под 4 нитки ДШ
ТП-200 ТП-400 (тротиловые прессованные)	200 400	То же	Параллелепипед с гнездом глубиной 36-65 мм под ЭД
ТГФ-850Э (тротило-гексогеновые литые)	850	Сухие и обводненные скважины с температурой при заряжании до 85 °С	Литой цилиндр с осевым каналом под 4 нитки ДШ

Таблица 12.

#### Индивидуальные задания

Вариант	Высота уступа, м	Обводненность скважин	Вариант	Высота уступа, м	Обводненность скважин
1	2	3	4	5	6
1	10	сухие	26	10	обводненные
2	12	обводненные	27	12	сухие
3	15	сухие	28	15	обводненные
4	15	обводненные	29	12	сухие
5	15	Сухие	30	15	обводненные
6	12	обводненные	31	15	сухие
7	10	сухие	32	20	обводненные
8	15	обводненные	33	12	сухие
9	20	сухие	34	12	обводненные
10	12	обводненные	35	12	сухие
11	15	сухие	36	12	обводненные
12	12	обводненные	37	15	сухие
13	20	сухие	38	12	обводненные

14	12	обводненные	39	15	сухие
15	10	сухие	40	12	обводненные
16	15	обводненные	41	12	сухие
17	15	сухие	42	12	обводненные
18	15	обводненные	43	10	сухие
19	15	сухие	44	12	обводненные
20	12	обводненные	45	12	сухие
21	15	сухие	46	15	обводненные
22	10	обводненные	47	12	сухие
23	15	сухие	48	12	обводненные
24	20	обводненные	49	12	сухие
25	20	сухие	50	15	обводненные

### **Контрольные вопросы:**

1. Из каких соображений выбирают тип ВВ?
2. Какие взрывчатые вещества относят к простейшим?
3. Перечислите известные вам водонаполненные (водосодержащие) ВВ.
4. Какие преимущества имеют водонаполненные (водосодержащие) ВВ по сравнению с гранулированными ВВ?
5. Перечислите преимущества эмульсионных ВВ.
6. Укажите принципы, на основе которых устанавливают область применения взрывчатых веществ на карьерах.
7. Поясните смысл переводного коэффициента ВВ.
8. Каким образом можно определить величину переводного коэффициента ВВ?
9. С какой целью вычисляют проектный удельный расход ВВ?
10. В чем отличие проектного удельного расхода ВВ от фактического удельного расхода ВВ?
11. Каким образом изменится проектный удельный расход ВВ, если средний размер взорванного куска породы увеличится с 0,5 м до 0,75 м?
12. Почему при расчете проектного удельного расхода ВВ нужно учитывать число свободных поверхностей взрывающейся части массива?
13. Как учитывают трещиноватость массива при расчете проектного удельного расхода ВВ?
14. Из каких соображений учитывают влияние объема взрывающейся породы на величину проектного удельного расхода ВВ?
15. Каким образом изменится проектный удельный расход ВВ, если высота уступа увеличится с 12 м до 18 м?
16. Какие факторы учитывают при определении степени сосредоточения заряда?
17. Поясните, какие факторы учитывают при расчете проектного удельного расхода ВВ по методике «Гипроруды».
18. С какой целью применяют рассредоточенные скважинные заряды?

19. Чем заполняют промежутки между отдельными частями рассредоточенного заряда?
20. Каким образом создают воздушные промежутки между отдельными частями рассредоточенного заряда?
21. Какие факторы влияют на длину промежутков между отдельными частями рассредоточенного заряда?
22. Как найти длину сплошного колонкового заряда?
23. Укажите назначение забойки.
24. Что используют в качестве забоечного материала?
25. Чем опасны уменьшение и увеличение длины забойки?
26. Какие факторы влияют на длину забойки?
27. В чем отличие длины забойки для сплошного колонкового и рассредоточенного зарядов?
28. Из каких соображений устанавливают длину верхней и нижней частей рассредоточенного заряда?
29. Поясните принципы выбора типа шашки-детонатора.
30. Как определить расход шашек-детонаторов на скважину?
31. Какие вы знаете способы инициирования скважинных зарядов?
32. Почему в последнее время получили широкое распространение водосодержащие, эмульсионные ВВ и ВВ на основе пористой селитры?

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

## **Практическое занятие № 7**

**Тема:** Расчет параметров буровзрывных работ.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:** выполнить задания

### **Порядок выполнения работы**

#### **1. Краткое теоретическое введение.**

Проблема выбора и поддержания оптимальных режимов бурения связана с решением задач оптимизации, отражающих не только физические закономерности разрушения горной породы, но и основные технико-экономические связи, и конструктивные параметры буровых станков.

Основным показателем процесса является механическая (техническая) скорость бурения. В общем случае она зависит от оперативно регулируемых режимных параметров, на которые влияют механизм разрушения горных пород разными типами буровых станков и конструктивные параметры последних (в первую очередь диаметр и вид бурового инструмента). Задача

выбора рационального режима бурения заключается в поиске такого сочетания регулируемых, конструктивных параметров, которое обеспечивает наилучшее значение принятого критерия оптимальности. При этом тип и конструкция бурового инструмента должны соответствовать физико-техническим свойствам горных пород.

Из технико-экономических критериев оптимизации режимов бурения наиболее представительными являются производительность бурового станка и затраты на буровые работы.

## 2. Последовательность выполнения работы

Для принятой ранее модели бурового станка устанавливают рациональные параметры режима бурения с учетом его технической характеристики:

- для станков шарошечного бурения по табл. 3;
- для станков вращательного бурения по;
- для станков ударно-вращательного бурения (с пневмоударниками) по рекомендациями В.В. Ржевского.

Выбирая параметры режимов бурения, следует иметь в виду, что нельзя одновременно принимать максимальные значения частоты вращения и осевого усилия. С увеличением  $P_6$  возрастает усилие подачи и уменьшается частота вращения и наоборот. При бурении наклонных скважин усилие подачи на долото снижают на 20-25%.

В соответствии со значением  $P_6$  с учетом принятых параметров режима бурения определяют техническую скорость бурения, м/ч.

Для станков шнекового бурения

$$V_6 \approx \frac{7,5 \cdot 10^{-2} \cdot P_0 \cdot n_0}{P_6^2 \cdot d_p^2}, \quad (1)$$

где  $V_6$  – техническая скорость бурения, м/ч;  $P_0$  – усилие подачи, кН;  $n_0$  – частота вращения бурового става,  $c^{-1}$ ;  $d_p$  – диаметр резца (коронки, долота), м.

Для станков шарошечного бурения

$$V_6 \approx \frac{2,5 \cdot 10^{-2} \cdot P_0 \cdot n_0}{P_6 \cdot d_d^2}, \quad (2)$$

где  $d_d$  – диаметр долота, м.

Для станков с пневмоударниками

$$V_6 \approx \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot W \cdot n_y}{K_1 \cdot P_6 \cdot d_k^2 \cdot K_\phi}, \quad (3)$$

где  $W$  – энергия единичного удара, Дж;  $n_y$  – число ударов коронки,  $c^{-1}$ ;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий диапазон изменения  $P_6$  (при  $P_6 = 10 \div 14$ ,  $K_1 = 1$ ; при  $P_6 = 15 \div 17$ ,  $K_1 = 1,05$ ; при  $P_6 = 18 \div 25$ ,  $K_1 = 1,1$ );  $d_k$  – диаметр

коронки (долота), м;  $K_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий форму буровой коронки (при трехперых коронках  $K_{\phi} = 1$ ; при крестовых –  $K_{\phi} = 1,1$ ).

Энергия единичного удара и число ударов коронки зависят от типа пневмоударника. Для пневмоударника П - 125К (станки СБУ-125-24, СБУ-160-18):  $W = 140$  Дж,  $n_y = 21$  с-1; при П - 160А (станок СБУ – 160 - 18):  $W = 280$  Дж,  $n_y = 21$  с-1; при П - 200 (станок СБУ – 200 - 36):  $W = 420$  Дж,  $n_y = 20$  с-1.

Анализируют характер изменения  $V_6$  с изменением величины  $P_6$ . Для этого увеличивают значение  $P_6$  на 1, 2, 3 единицы, а затем уменьшают его на такую же величину. Например, если  $P_6 = 10$ , ведут расчет для  $P_6 = 11, 12, 13$ , а затем - для  $P_6 = 9, 8, 7$ .

Изменяя  $P_6$ , не забудьте скорректировать соответствующим образом параметры режима бурения с учетом рекомендаций, указанных в учебнике.

На основании расчетных данных построить график  $V_6 = f(P_6)$  и установить прирост или уменьшение  $V_6$  при изменении  $P_6$  на 1 единицу.

По величине  $V_6$ , установленной для базовой горной породы (базовой является порода, соответствующая номеру варианта, вычисляют сменную эксплуатационную производительность бурового станка  $Q_6$ , м

$$Q_6 = \frac{T_{см} - T_{пер}}{t_0 + t_b}, \quad (4)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность смены, ч;  $T_{пер}$  – длительность ежесменных перерывов в работе  $0,9 \div 1,3$ , ч;  $t_0$  – основное время бурения 1м скважины,  $t_0 = 1/V_6$ , ч;  $t_b$  – затраты времени на выполнение вспомогательных операций при бурении 1м скважины, ч.

Величину  $t_b$  на карьерах устанавливают по фотографиям рабочего дня, фиксируя в них продолжительность всех вспомогательных операций. Для учебных расчетов можно воспользоваться рекомендациями В.В. Ржевского: при шнековом бурении  $t_b = 1,5 \div 4,5$  мин, при шарошечном –  $2 \div 4$  мин, при пневмоударном –  $4 \div 8$  мин. Максимальные значения  $t_b$  соответствуют большей величине  $P_6$ .

Ежесменные простои буровых станков обусловлены необходимостью выполнения подготовительно-заключительных операций, регламентированными перерывами, аварийными остановками и ремонтами, сверхнормативными затратами времени на технологические операции.

Сопоставляют полученные значения  $Q_6$  с нормативной производительностью буровых станков (табл. 2).

Если расчетная величина  $Q_6$  меньше нормативной или превышает ее не более, чем на 10%, для дальнейших вычислений принимают  $Q_6$ , найденную по формуле (4). В противном случае - нормативную производительность буровых станков (табл. 2)

Определяют годовую производительность принятой модели бурового станка, м

$$Q_{б.г} = Q_{б} \cdot N_{р.с}, \quad (5)$$

где  $N_{р.с}$  – число рабочих смен бурового станка в течение года с учетом их целосменных простоев, вызванных плановыми и неплановыми ремонтами и другими видами организационных и эксплуатационно-технологических перерывов (табл. 4), ед.

### 3. Справочные данные

Таблица 1.

Основные параметры станков для бурения скважин на открытых работах

Модель станка	Диаметр долота, мм	Глубина бурения, м	Частота вращения, с <sup>-1</sup>	Усилие подачи, кН	Угол наклона скважины к вертикали, град
2СБР-125-30	115, 125	30	0-4,2	до 40	0; 15; 30
СБР-160А-24	160; 164; 165	24	1,7; 2,3; 3,3	до 65	0; 15; 30
СБР-200-50	165; 214; 215,9	50	0,05-3	до 200	0; 15; 30
2СБШ-200Н-40	215,9; 244,5	40	0,25-2,5	до 300	0; 15; 30
2СБШ-200-32	215,9; 244,5	32	0,2-4,0	до 300	0; 15; 30
СБШ-250-36	244,5; 269,9	36	0,2-2,5	до 300	0; 15; 30
СБШ-270-ИЗ	250; 270	32	0-2,0	до 450	0; 15; 30
СБШ-270-34	270	34	0-2,0	до 350	0; 15; 30
СБШ-Г-250	250	32	0-2,5	до 300	0; 15; 30
СБШ-320-36	320	36	0-2,1	до 600	0
СБУ-160-18	155; 160	18	0-1	до 21	0; 15; 30
СБУ-200-36	200	36	0-0,83	до 30	0; 15; 30

Таблица 2.

Производительность буровых станков, м/см (по «Гипроруде»)

Тип бурового станка	Показатель трудности бурения Пб							
	2÷3	4÷5	5÷7	7÷9	9÷12	12÷14	13÷16	свыше 16
Шнековое бурение								
2СБР-125-30	300	200	-	-	-	-	-	-
СБР-160А-24	340	260	-	-	-	-	-	-
Шарошечное бурение								
2СБШ-200-32	-	-	105	90	80	65	-	-
2СБШ-200Н-40	-	-	105	90	80	65	-	-

СБШ-250-36	-	-	-	105	90	80	65	50
СБШ-320-36	-	-	-	-	-	-	80	65
<b>Ударно-вращательное бурение</b>								
СБУ-160-18	-	-	-	-	-	60	45	40
СБУ-200-36	-	-	-	-	-	-	65	60

Таблица 3.

Рекомендуемые параметры режима бурения шарошечными долотами

Диаметр долота	Осевая нагрузка на долоте, кН	Частота вращения, с <sup>-1</sup>				Расход продувочного агента	
	М, С, Т, ТК	МЗ, ТЗ, К, ОК	М, С, Т, ТК	МЗ,ТЗ, К, ОК	сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /с	технической воды, дм <sup>3</sup> /с	
<b>Долота на подшипниках с телами качения</b>							
146	60 ÷ 80	80 ÷ 100	2,5 ÷ 2,0	2,0 ÷ 1,0	0,16 ÷ 0,2	–	
161	100 ÷ 130	130 ÷ 150	2,5 ÷ 2,0	2,0 ÷ 1,0	0,25	–	
215,9	140 ÷ 180	160 ÷ 200	2,5 ÷ 1,3	2,0 ÷ 0,83	0,42	0,05 ÷ 0,08	
244,5	180 ÷ 320	180 ÷ 250	2,5 ÷ 1,3	2,0 ÷ 0,83	0,4 ÷ 0,83	0,08 ÷ 0,12	
269,9	200 ÷ 270	250 ÷ 300	2,5 ÷ 1,3	2,0 ÷ 0,83	0,6 ÷ 0,7	до 0,17	
320	до 35	до 500	2,5 ÷ 1,3	2,0 ÷ 0,83	0,83 ÷ 1,0	до 0,17	
<b>Долота на подшипниках с опорами скольжения</b>							
146	до 80	до 120	2,5 ÷ 1,0	2,5 ÷ 1,0	0,15	3300	
161	120 ÷ 140	130 ÷ 150	2,0 ÷ 1,0	1,7 ÷ 1,0	0,25	до 83	
215,9	160 ÷ 200	180 ÷ 200	2,0 ÷ 1,0	1,7 ÷ 0,83	0,42	83 ÷ 120	
244,5	200 ÷ 250	220 ÷ 270	2,0 ÷ 1,0	1,7 ÷ 1,0	0,42 ÷ 0,53	до 167	
269,9	220 ÷ 270	250 ÷ 320	2,0 ÷ 1,0	1,7 ÷ 0,83	0,6 ÷ 0,7	до 167	
320	до 400	до 500	2,0 ÷ 1,0	1,7 ÷ 0,83	0,8 ÷ 1,0	до 167	

Примечание: 1. Верхние пределы осевых нагрузок соответствуют нижним пределам частот вращения долот.

2. В крепчайших абразивных и сильно трещиноватых породах частоту вращения уменьшать до 0,5 с-1

Таблица 4.

Число рабочих смен буровых станков в течение года

Тип бурового станка	Непрерывная рабочая неделя						Прерывная рабочая неделя с одним выходным днем при работе						Прерывная рабочая неделя с двумя выходными днями при работе					
	2 смены			3 смены			2 смены			3 смены			2 смены			3 смены		
	сев.	сред	южн.	сев.	сре д	южн.	сев.	сред	южн.	сев.	сред	южн.	сев.	сред	южн.	сев.	сред	южн.
<b>Шнековое бурение</b>																		

2СБР-125-30	535	555	560	795	815	820	455	470	480	675	700	710	380	390	395	555	575	580
СБР-160А-24	515	530	535	750	770	805	440	455	465	635	655	670	360	330	380	530	545	550
Шарошечное бурение																		
2СБШ-200-32	485	505	515	685	705	710	415	430	435	580	600	610	340	350	360	480	495	500
СБШ-250-36	485	500	510	670	695	705	410	425	430	575	595	605	335	350	355	470	490	495
СБШ-320-36	475	495	505	655	680	685	405	420	425	565	580	595	330	345	350	460	480	485
Ударно-вращательное бурение																		
СБУ-125-24	525	545	555	775	795	805	445	465	470	655	680	690	370	385	390	545	560	565
СБУ-160-18	530	540	550	765	790	795	445	465	470	655	680	690	365	350	385	540	555	560
СБУ-200-36	480	500	510	680	700	710	415	425	435	580	600	610	340	350	355	480	495	500

Таблица 5.

Индивидуальные задания

Вариант	Годовая производительность по		Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>			Коэффициент трещиноватости	Территориальная зона	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Расстояние транспортирования, км	Средний размер структурного блока в массиве, м
	добыче, млн. т	вскрыше, млн.м <sup>3</sup>	на сжатие	на растяжение	на сдвиг					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,5	5	1300	85	140	0,8	Краснод.край	2,5	3,0	2,0
2	5	6	2400	110	180	0,7	Мурманс.обл.	3,	9,0	1,2
3	10	7	1800	70	80	0,5	Иркут.обл.	2,6	10,0	0,7
4	15	15	1100	60	105	0,6	Свердл.обл.	2,7	9,0	1,1
5	15	7	1400	55	160	0,8	Курск.обл.	2,8	12,0	1,6
6	8	10	1700	110	320	0,75	Норильск	3,0	7,0	1,6
7	1,5	4	900	50	130	0,55	Хакасия	2,2	6,0	0,9
8	15	12	800	40	60	0,5	Красноярск	2,3	12	0,7
9	10	16	710	60	100	0,45	Сев.Урал	2,4	3,0	0,5
10	5	5	630	30	50	0,5	Кемер.обл.	1,9	2,5	0,8
11	15	10	750	40	80	0,4	Якутия	2,2	6,5	0,5
12	2	4	1500	70	140	0,9	Чит.обл.	2,85	3,0	1,7

13	30	15	700	30	100	0,5	Краснояр. край.	2,3	15	0,6
14	5	7	1750	80	120	0,7	Тува	2,6	4,5	1,2
15	1,6	6	850	60	75	0,6	Кемер. обл.	2,5	10,0	1,6
16	2,5	6	680	20	110	0,3	Чит. обл.	2,4	2,5	0,6
17	4,5	6	955	40	525	0,75	Мурман. обл.	2,67	3,0	1,8
18	13	8	1740	160	320	0,9	Южн. Урал	3,0	6,7	2,1
19	8,5	10	815	40	52	0,45	Курск. обл.	2,64	2,8	0,6
20	5	11	1160	60	140	0,8	Белгор. обл.	2,71	9,0	1,9
21	3,5	4	670	47	60	0,3	Тыва	2,38	2,5	0,5
22	3,7	5	1100	95	78	0,7	Ростов. обл.	2,5	3,0	1,1
23	7,5	7	1570	142	215	0,5	Кемеров. обл.	2,54	3,8	0,7
24	14	18	870	90	140	0,65	Краснояр. край	3,05	10	1,3
25	12	12	715	60	70	0,8	Норильск	2,8	10,5	2,0
26	3	3,5	780	115	241	0,3	Ср. Урал	2,13	1,5	0,5
27	10	15,5	900	61	115	0,5	Мурман. обл.	2,05	10,0	0,8
28	5,5	6	1500	295	263	0,8	Хакасия	2,72	2,5	1,8
29	10	7	1200	105	111	0,7	Южн. Урал	2,65	8,0	1,3
30	6	6	850	113	263	0,5	Якутия	1,0	3,0	0,7

### Контрольные вопросы:

1. Укажите регулируемые режимные параметры для станков вращательного (шнекового) бурения.
2. Приведите регулируемые параметры режимы бурения шарошечными станками.
3. Перечислите режимные параметры бурения станками с пневмоударниками.
4. Как изменится производительность буровых станков с увеличением (уменьшением)  $P_6$ ?
5. Перечислите факторы, влияющие на техническую скорость бурения станков СБР.
6. Укажите факторы, влияющие на техническую скорость бурения станков СБШ.
7. Какие факторы влияют на техническую скорость бурения станков СБУ.
8. Каким образом применяются усилие подачи и частота вращения бурового става при изменении  $P_6$ ?

9. Влияет ли схема перемещения бурового станка на его эксплуатационную производительность?
10. Перечислите подготовительные работы при обурировании блока.
11. Дайте оценку различным схемам перемещения станков при бурении.
12. Чем можно объяснить необходимость усложнения схемы перемещения станков при бурении нескольких рядов скважин?
13. Почему станки ударно-канатного, ранее широко распространенные на карьерах, в настоящее время применяют лишь для вспомогательных работ?
14. Составьте перечень работ, выполняемых при бурении скважин.
15. Перечислите факторы, за счет которых можно регулировать сменную эксплуатационную производительность буровых станков.
16. Укажите факторы, влияющие на эксплуатационную производительность буровых станков.
17. Каким образом можно определить месячную (годовую) производительность буровых станков при известной сменной производительности?

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

### **Практическое занятие № 8**

**Тема:** Определение параметров взрывных скважин.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:** выполнить задания

#### **Порядок выполнения работы**

Взрывание пород на уступах производят отдельными взрывными блоками, размеры которых зависят от расположения скважин, числа взрываемых рядов, параметров сетки скважин, обеспеченности экскаватора взорванной горной массой, необходимости достижения хороших технико-экономических показателей буровзрывных работ.

Выбор одно- или многорядного расположения скважин на карьерах (рис. 1) определяется технологическими ограничениями – шириной рабочих площадок, требуемым качеством дробления и проработки подошвы уступа, необходимостью раздельного взрывания.

В настоящее время на карьерах при валовом взрывании пород широко распространено многорядное короткозамедленное взрывание, позволяющее существенно снизить выход негабарита, создать большой запас взорванной

горной массы, повысить производительность выемочных машин и буровых станков.

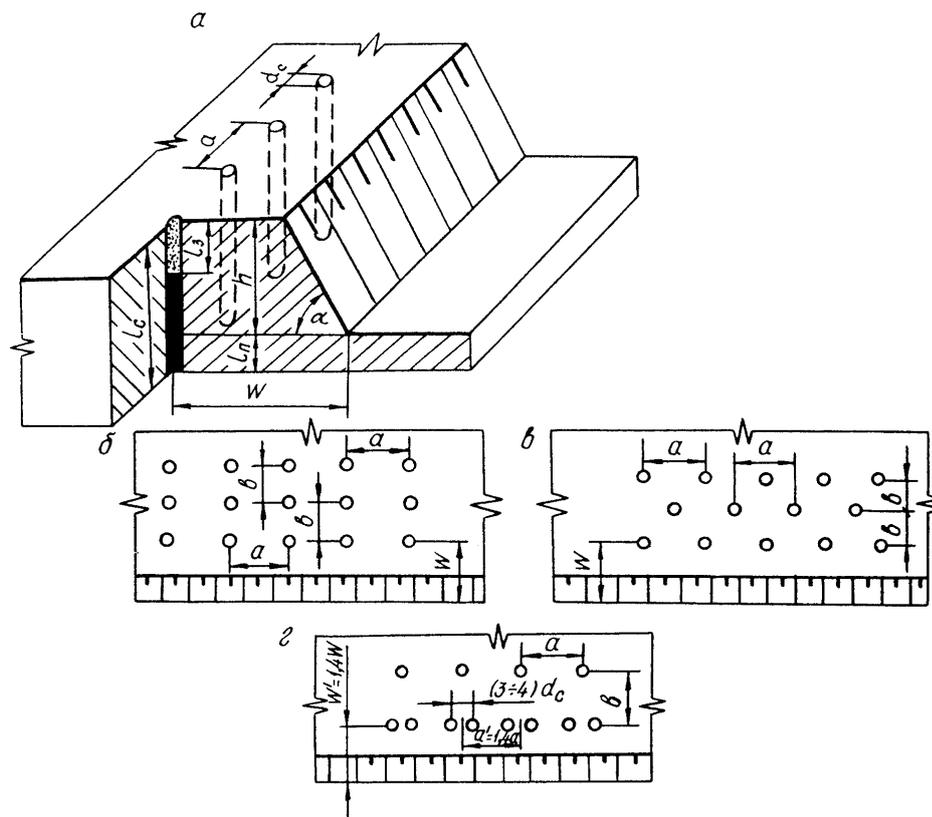


Рис. 1. Схемы расположения скважин на уступе: *а*) однорядная; *б*) и *в*) – многорядное по квадратной и «шахматной» сетке; *г*) – с парносближенными скважинами в одном ряду.

Число рядов скважин ограничивается шириной и допустимой высотой развала взорванных пород. Обычно число рядов скважин в буровой заходке составляет от 2 до 5. Увеличение числа рядов до 6 и более практически не приводит к повышению качества разрушения пород.

В основу расчета параметров скважинных зарядов положен принцип, учитывающий объем породы, взрываваемой одним зарядом.

При этом вначале устанавливают линию сопротивления по подошве (ЛСПП) уступа (рис. 2.), исходя из требований правил безопасности и достижения качественной проработки подошвы уступа. Затем находят расстояние между скважинами в ряду и рядами скважин.

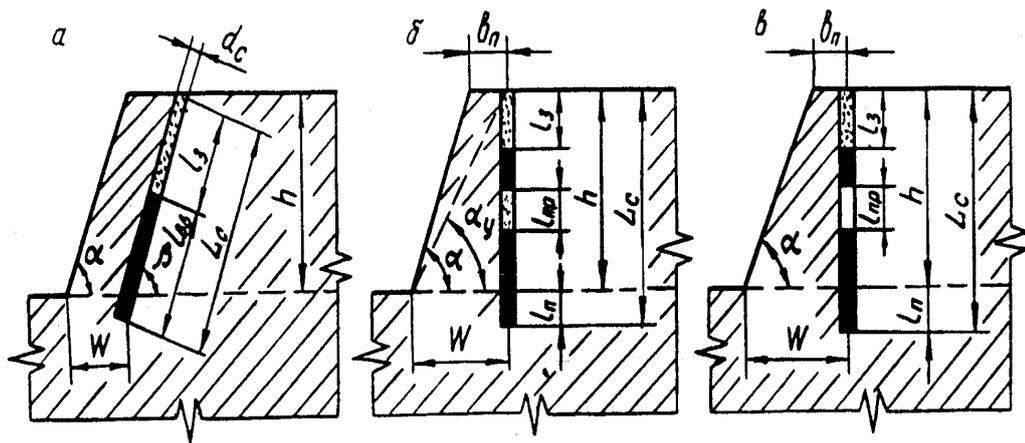


Рис. 2. Параметры скважинных зарядов: сплошного (а), рассредоточенного инертной забойкой (б) и рассредоточенного воздушным промежутком (в)

При многорядном расположении скважин их сетка может быть прямоугольной или квадратной, когда расстояние между рядами скважин равно расстоянию между скважинами в ряду (рис. 1. б) или шахматной (рис. 1. в). Прямоугольная (квадратная) сетка скважин позволяет уменьшить затраты времени на переезд бурового станка от скважины к скважине. Шахматное расположение скважин обеспечивает более равномерное насыщение массива пород полями напряжений при взрыве. Поэтому «шахматная» сетка скважин предпочтительнее в трудновзрываемых породах.

Массу заряда вычисляют по объемной формуле, или с учетом конструкции заряда и вместимости ВВ в скважине.

#### Последовательность выполнения занятия

Вычисляют наибольшую величину линии сопротивления по подошве уступа, исключаящую образование порогов, преодолеваемую зарядом определенного диаметра, м:

$$W_p = 53 \cdot \frac{1}{\sin \beta} \cdot K_B \cdot d_c \cdot \sqrt{\frac{\Delta \cdot m}{\gamma \cdot K_{BB}}}, \quad (1)$$

где  $\beta$  – угол наклона скважины к горизонту, град;  $K_B$  – коэффициент, учитывающий взрываемость пород и равный для легко- и средневзрываемых пород соответственно 1,2 и 1,1; для трудновзрываемых – 1;  $d_c$  – диаметр скважины, м;  $\Delta$  – плотность ВВ, выбранного (табл. 1-6), г/см<sup>3</sup>;  $m$  – коэффициент сближения зарядов (для легковзрываемых пород  $m = 1,1 \div 1,2$ ; средней взрываемости –  $1,0 \div 1,1$ ; трудновзрываемых –  $0,85 \div 1,0$ ).

Находят величину ЛСПП, м, с учетом требований безопасности ведения буровых работ у бровки уступа

$$W_{\bar{6}} = b_{\Pi} + h \cdot (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta), \quad (2.)$$

где  $b_{\Pi}$  – ширина возможной призмы обрушения, м;  $\alpha$  – угол откоса рабочего уступа, град.

$$b_{\Pi} = h \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_y + \operatorname{ctg} \alpha), \quad (3)$$

здесь  $\alpha_y$  – угол устойчивого откоса уступа (угол откоса уступа при погашении бортов) (табл. 2.5), град.

Устанавливают влияние отдельных факторов на величину ЛСПП. Для этого сначала изменяют только значение  $\beta$  в соответствии с возможностями принятого бурового станка (табл. 2.6). Затем меняют только диаметр скважины для выбранного ранее станка, а также для бурового станка применяемого для того же экскаватора, но в породах более высокого класса по буримости и взрываемости. Например, если для экскаватора ЭКГ-8И принят буровой станок СБШ-250-36 с диаметром стандартных долот 244,5 и 269,9 мм, то в качестве конкурентоспособных выбирают станки СБШ-320-36 и СБШ-400-55. Таким образом, будут получены четыре значения ЛСПП для диаметров 244,5; 269,9; 320 и 400 мм.

В дальнейшем устанавливают зависимость ЛСПП от коэффициента сближения зарядов, принимая его значение равным 0,85; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2.

В завершение находят зависимость ЛСПП от типа ВВ. Для этого по табл. 1.2 в соответствии со значением коэффициента крепости пород по шкале М.М. Протодеяконова для породы заданной в табл. 1.1, кроме ВВ, выбранного в п.2.3, задаются еще несколькими ВВ с разными плотностью и величиной  $K_{ВВ}$  и рассчитывают значения ЛСПП. Например, если скважины сухие, а  $f$  более 12, то кроме принятого аммонита бЖВ берут граммонит 50/50, граммонит 30/70, эмульсены Г и П, тротил У, акватол ГЛТ-20, акванит КТ-Х, карбатол ГЛ-10В и др.

В прямоугольной системе координат строят зависимость ЛСПП от угла наклона скважины к горизонту, диаметра скважины, коэффициента сближения зарядов и типа ВВ. Устанавливают прирост ЛСПП (в м) с увеличением значения каждого фактора на 10% и наиболее значимый из них.

Проверяют соответствие расчетной величины ЛСПП требованиям безопасности, сопоставляя  $W_p$  и  $W_b$ . Если  $W_p < W_b$ , то для дальнейших расчетов принимают значение  $W_b$ , предварительно скорректировав диаметр скважины с учетом технических возможностей принятого в п. 1.2 бурового станка или выбирают ВВ с увеличенной плотностью заряжения (табл. 1-6), и повышенным  $K_{ВВ}$ . Возможно также изменение коэффициента сближения скважин. В крайнем случае, переходят на бурение парносближенных скважин в первом ряду (рис. 1 г).

При корректировке ЛСПП целесообразно учесть результаты анализа факторов, влияющих на ее величину, и в первую очередь использовать наиболее значимые из них.

Окончательно учитывают все произведенные изменения, и корректируют проектный удельный расход ВВ. Если принято решение об изменении диаметра скважины и модели бурового станка, то необходимо пересчитать эксплуатационные параметры скважин и параметры заряда.

Учитывая трудоемкость подобных расчетов, целесообразно начинать корректировку ЛСПП с изменения коэффициента сближения зарядов, типа ВВ и угла наклона скважины, так как замена диаметра долот и модели бурового станка требует значительных затрат времени.

Выбирают форму сетки скважин, используя рекомендации.

По величинам скорректированных ЛСПП и  $m$  рассчитывают параметры сетки скважин.

Расстояние между скважинами в ряду, м

$$a = m \cdot W . \quad (4)$$

При квадратной сетке скважин расстояние между рядами скважин  $b = a$ , при «шахматной» –  $b = 0,85 \cdot a$ . Если в результате корректировки приняты парносближенные скважины, то расстояние между группами зарядов в первом ряду  $a' = 1,4 \cdot a$  (рис. 1. з).

Определяют количество взрываемых рядов скважин с учетом рекомендаций.

Устанавливают ширину буровой заходки, м

$$A_{\sigma} = W + b \cdot (n_p - 1), \quad (5)$$

где  $n_p$  – число рядов взрываемых скважин, ед.

Рассчитывают массу заряда в скважинах первого ( $Q'_3$ ) и последующих рядов ( $Q''_3$ ), кг

$$Q'_3 = q_{\Pi} \cdot W \cdot a \cdot h , \quad (6)$$

$$Q''_3 = q_{\Pi} \cdot a \cdot b \cdot h . \quad (7)$$

Определяют вместимость ВВ в скважине с учетом проведенных корректив, кг/м

$$p = 7,85 \cdot d_c^2 \Delta , \quad (8)$$

здесь  $d_c$  – диаметр скважины, дм.

В соответствии с выбранной конструкцией скважинного заряда вычисляют массу заряда по условиям вместимости его в скважину, кг

$$Q_{ВВ} = p \cdot l_{ВВ} . \quad (9)$$

Для рассредоточенного заряда в формулу (9) вместо  $l_{ВВ}$  подставляют  $l_{ВВ,р}$ , м.

Проверяют расчетную массу заряда по вместимости

$$Q'_3 (Q''_3) \leq Q_{ВВ} . \quad (10)$$

Если условие (10) не выполняется, то корректируют массу заряда (формулы 6, 7), изменяя параметры сетки скважин. В крайнем случае, принимают более плотное ВВ или переходят на парносближенные скважины.

В последнем случае в одну из спаренных скважин первого ряда размещают массу заряда равную  $Q_{ВВ}$  (кг), а в другую – остаток, равный  $(Q'_3 - Q_{ВВ})$  (кг)

Если ранее был принят рассредоточенный заряд, то находят массу каждой из его частей, кг

$$Q_3^B = 0,35 \cdot Q_3 , \quad (11)$$

$$Q_3^H = 0,65 \cdot Q_3, \quad (12)$$

здесь  $Q_3^B$  и  $Q_3^H$  – соответственно масса верхней и нижней частей заряда, м.

В том случае, когда условие (10) выполняется, в формулу (11) подставляют для первого ряда значение  $Q_3'$ , а для второго и последующих рядов (формула 12) –  $Q_3''$ . Если же произведена корректировка массы заряда, то при расчете отдельных частей в формулы (11) и (12) подставляют массу скорректированных зарядов.

Вычисляют длину заряда или отдельных его частей, м:

– сплошного колонкового

$$l_{ВВ} = Q_3 / \rho, \quad (13)$$

– рассредоточенного заряда

$$l_{ВВ}^B = Q_3^B / \rho, \quad (14)$$

$$l_{ВВ}^H = Q_3^H / \rho. \quad (15)$$

Вычерчивают в масштабе 1:100, 1:200 схему расположения скважин на уступе (рис. 1) и конструкцию заряда в скважинах первого и последующих рядов по образцу рис. 2. При изображении конструкции заряда для наглядности горизонтальный масштаб принимают равным 1:10 или 1:20 (вычерчивают лишь скважину без указания ее положения относительно откоса уступа).

Таблица 1.

Основные взрывотехнические характеристики порошкообразных и гранулированных ВВ на основе плотной аммиачной селитры

Наименование ВВ	Переводной коэффициент ВВ	Теплота взрыва, ккал/кг	Концентрация энергии, ккал/дм <sup>3</sup>	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с
Аммонит 6ЖВ (порошок в мешках)	1	1030	876	0,85-0,9	3,6-4,8
Аммонал скальный №1 (патронированный)	0,8	1343	1343	0,95-1,0	4,0-4,5
Детонит М (патронированный)	0,83	1200	1380	1,0-1,25	3,9-5,3
Граммонит 79/21	1	1030	876	0,8-0,85	3,0-3,6
Граммонит 82/18	1,01	1010	859	0,85-0,9	3,0-3,4
Граммонит 50/50	1,01	880	792	0,85-0,9	3,6-5,6
Граммонит 30/70	1,14	911	820	0,85-0,9	3,8-6,0
Гранулит М	1,13	920	828	0,9	2,5-3,6
Гранулит АС-8	0,89	1242	1118	0,87-0,92	3,0-3,6
Гранулит АС-4В	0,98	1080	918	0,8-0,85	2,6-3,2
Игданит	1,13	920	820	0,8-0,9	2,2-2,7
Гранулотол	1,2	980	980	1,0	5,0-5,2
Алюмотол	0,97	1260	1260	0,95-1,0	5,5-6,0

Таблица 2.

**Основные взрывотехнические характеристики ПВВ нового поколения на основе пористой аммиачной селитры**

Наименование ПВВ	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Теплота взрыва, ккал/кг	Объемная концентрация энергии, ккал/дм <sup>3</sup>	Объем газовой фазы, л/кг	Кислородный баланс, %	Критический диаметр детонации, мм	Скорость детонации, км/с	Чувствительность к механическим воздействиям		Коэффициент относительной работоспособности по воронке взрыва (эталон-аммонит 6ЖВ)
								удар, %	трение, МПа	
Гранулит РП	0,7-0,8		635-726	980-990	-		3,0-3,2			
РП-1	0,8-0,85	907	726-771	980-990	0,35	60-70	3,2	0	300	1,05-1,1
РП-2	0,85-0,9	907	771-816	980-990	0,35	80-90	2,9-3,2	0	300	1,1-1,15
РП-3						60-70	3,3-3,5	0	300	1,0-1,05
Гранулит Т	0,75-0,8	886	709-797	969	-0,33	50-60	3,0-3,2	0	> 600	1,03-1,06
Гранулит ПМ	0,8-0,85	1092	874-928	896	-0,12	40-60	3,1-3,3	0	> 450	0,9-1,0
Гранулит ПФ	0,78-0,82	1030	803-845	893	-0,32	50-60	2,9-3,2	0	493	0,95-1,0
Амметол										
тип 1	0,78-0,81	1056	824-855	874	-0,25	40-50	3,0-3,3	0	493	0,95-1,0
тип 2	0,78-0,82	1083	845-888	854	-0,17	40	3,2-3,5	0	493	0,93-0,98
Граммотол - 5	0,75-0,8		693-739		-0,12		3,0-3,3			
10	0,75-0,85	924	710-758	955	-0,42	50	3,2-3,4	4-16	290	1,05-1,1
15	0,75-0,85	963	722-819	926	-1,45	40-50	3,3-3,5	4-16	290	1,0-1,05
20	0,75-0,85	980	735-833	914	-2,47	40	3,4-3,7	4-16	245	0,95-1,0
Гексонит П										
тип 2	0,8-0,85	988	790-840	943	-0,2	≤ 40	3,3-3,5	0	> 300	0,85-0,9
тип 3	0,75-0,85	957	716-813	954	0,32	≤ 50	3,2-3,4	0	> 300	0,95-0,98
тип 4	0,7-0,8	929	650-743	963	-0,07	≤ 60	3,1-3,3	0	> 300	1,0-1,02

Таблица 3.

**Основные взрывотехнические характеристики водосодержащих ВВ**

Наименование ВВ	Переводной коэффициент	Теплота	Концентрация	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации,
-----------------	------------------------	---------	--------------	------------------------------	---------------------

	нт ВВ	взрыва, ккал/кг	энергии, ккал/дм <sup>3</sup>		км/с
Граммони т РЗ-30	1,19	862	1207	1,35-1,40	4,5-5,0
Акватор М-15	0,76	1470	1660	1,35-1,40	4,8-5,8
Акватор Т-20М	1,16	890	1380	1,5-1,6	4,6-5,0
Акватор Т-20 (ифзанит ы Т-20, Т- 60, Т-80)	1,16	890	1340	1,5-1,6	4,6-5,0
Ифзанит Т-40	1,15	880	1300	1,38-1,40	4,8-5,0
ГЛТ-20	1,15	880	1320	1,40-1,45	4,9-5,0
Акванал (ипконит)	0,97	1062	1460	1,40-1,45	3,8-4,6
Карботол ГЛ-10В	0,8	1360	2108	1,55-1,60	4,5-5,1
Карботол ГЛ-15Т	1,2	820	1230	1,4-1,6	4,5-4,8
Акванит КТ-Х	1,16	840	1260	1,45-1,50	5,0-5,5

Таблица 4.

Основные взрывотехнические характеристики эмульсионных ВВ

Наименован ие ВВ	Переводной коэффициен т ВВ	Теплота взрыва, ккал/кг	Концентраци я энергии, ккал/дм <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с	
1	2	3	4	5	6	
Порэммит ИМ-Н	1	1,49	689	861	1,25	4,9-5,2
Порэммит ИМ-К	1	1,49	693	865	1,25	4,9-5,2
Порэммит МТ-Н	1	1,45	709	885	1,25	4,9-5,2
Порэммит МТ-К	1	1,42	726	908	1,25	4,9-5,2
Порэммит 1А		1,43	720	900	1,20	4,9-5,1
Порэммит М- 4А		1,18	870	1130	1,30	4,8-5,1
Порэммит М- 8А		0,99	1040	1400	1,35	4,9-5,3

Порэммит МК-8К	1,13	910	1230	1,35	4,8-5,2
Порэммит МК-8КА	1,14	900	1170	1,3	4,8-5,1
Гранэммит 30/70	1,29	800	1080	1,35	4,9-5,2
Гранэммит 50/50	1,23	835	1170	1,4	4,8-5,2
Гранэммит 70/30	1,18	870	1130	1,3	3,5-4,0
Сибирит 1000ИГ	1,41	729	911	1,2	4,8-5,4
Сибирит 2000ИГ	1,65	625	751	1,2	4,8-5,8
Эмулин Т	1,21	850	–	1,25	2,9-3,2
Эмулин П	1,21	850	–	1,1	3,0-3,6

Таблица 5.

Взрывотехнические характеристики патронированных эмульсионных ВВ

Наименование ВВ	Переводной коэффициент ВВ	Диаметр патрона, мм	Теплота взрыва, ккал/кг	Масса ВВ в патроне, кг	Плотность ВВ в патроне, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с
Порэммит ПГА -1	1	45, 60, 90	1025	1,0; 1,9; 4,3	1,4-1,6	5,0-6,0
Порэммит 5А, 1	1,06	90, 120, 180	975	3,5; 6,5; 15,0;	1,2-1,3	3,5-4,8
Порэммит 10А, 1	1,06	120, 180	975	6,5; 15,0	1,2-1,3	3,5-4,8
Порэммит ПП-1, II	1,42	32, 36, 45, 60, 90	725	0,2; 0,3; 0,5; 1,6; 3,6	1,1-1,25	3,5-4,2
Порэммит ПГ-4А	1,18	32, 36, 45	875	0,2; 0,3; 0,5	1,1-1,25	3,6-4,4
Порэммит ПГ-8А, II	1,06	32, 36, 45, 60, 90	975	0,2; 0,3; 0,5; 1,6; 3,6	1,1-1,25	3,6-4,8
Эмульсолит П-Г	0,93	90, 120	1111	10,0; 6,5	1,3-1,4	4,2-4,8
Эмульсолит П-А-20	0,76	90, 120	1353	10,0; 6,5	1,3-1,4	4,8-5,0

Таблица 6.

**Взрывотехнические характеристики ВВ, разработанных из утилизируемых взрывчатых материалов**

Наименование ВВ	Теплота взрыва, ккал/кг	Температура вспышки, °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с	Переводной коэффициент ВВ
Тротил У	931	295-305	0,7-0,8 (насыпная)	5,0-5,5	1,1
Граммонит 30/70	899	315-320	0,8-0,9 (насыпная)	3,8-4,5	1,15
Граммонит 40/60	894	320-325	0,8-0,9 (насыпная)	3,7-4,4	1,15
Альгетол-15	1130	210	0,9-1,0 (насыпная)	4,6	0,91
Альгетол-25	1190	210	0,9-1,0 (насыпная)	4,8	0,87
Альгетол-35	1190	210	0,9-1,0 (насыпная)	5,0	0,87
Эмульсен-Г	1024	230-240	1,45-1,48	5,4-6,0	1,0
Эмульсен-П	764	190	1,5	5,2-5,6	1,35
Гельпор-1	900	170-185	1,3-1,4	5,0-5,2	1,14
Гельпор-2	1000	175-185	1,3-1,4	4,5-5,3	1,03
Гельпор-3	850	170-185	1,3-1,4	5,1-5,3	1,21
Поротол	925	170-180	1,5	6,5	1,11
Гранипор ППФ	820	180-190	0,8-0,9	5,5-6,3	1,26

**Контрольные вопросы:**

1. Как устанавливают параметры сетки скважин?
2. С какой целью принимают парносближенные скважины?
3. Что понимают под коэффициентом сближения скважин?
4. Какие факторы определяют массу заряда в скважине?
5. За счет каких факторов можно регулировать вместимость скважин?
6. Из каких соображений устанавливают ширину возможной призмы обрушения пород?
7. Каким образом находят величину линии сопротивления по подошве?
8. Укажите факторы, влияющие на величину ЛСПП.
9. Какой фактор оказывает наибольшее влияние на величину ЛСПП?
10. С какой целью на карьерах применяют многорядное короткозамедленное взрывание?
11. Из каких соображений устанавливают число взрываемых рядов скважин в буровой заходке?
12. Какие факторы влияют на величину линии сопротивления по подошве, определяемую по требованиям правил безопасности?

13. С какой целью определяют величину ЛСПП?
14. С какой целью устанавливают вместимость 1 м скважин?
15. Почему однорядное расположение скважин редко применяют на карьерах?
16. Как определить длину заряда по величине его массы?

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

## **Практическое занятие № 9**

**Тема:** Выбор схемы коммутации. Параметры развала взорванной горной массы.

**Цель:** Получение навыка в выборе схемы МКЗВ. Изучение принципов расчета высоты и ширины развала, коэффициента разрыхления пород в развале.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:** выполнить задания

### **Порядок выполнения работы**

#### **1. Краткое теоретическое введение.**

Механизм разрушения горных пород при взрыве предопределен характером взаимодействия зарядов, в понятие которого входит длительность приложения взрывных нагрузок, их направленность, ориентация, направление перемещения и конфигурация фронта отбойки горных пород.

Определенной последовательности взрывания зарядов достигают применением соответствующей схемы коммутации (рис. 1). Схемы соединения зарядов монтируют из ДШ, либо из электропроводов с электродетонаторами, или неэлектрических систем взрывания. Замедление между группами зарядов осуществляют с помощью пиротехнических реле при бескапсюльном взрывании, с помощью ЭДКЗ при электрическом взрывании или замедлителей при неэлектрических системах взрывания. Схемы МКЗВ классифицируют по их ориентации относительно откоса уступа, направлению перемещения и конфигурации фронта отбойки. Эффективность каждой схемы зависит от замедления между группами зарядов и ее соответствия условиям применения.

На угольных разрезах при взрывных работах по углу целесообразно применять следующие схемы коммутации: волновые развернутые, поперечными рядами, диагональные, порядные двухсторонние. Для взрывов на рыхление вскрышных уступов НИИОГР рекомендует волновые развернутые, диагональные схемы монтажа взрывной сети и схемы взрывания поперечными рядами. При взрывании на сброс – порядную продольными рядами.

На карьерах нерудных строительных материалов при выборе схемы коммутации «Союзгипронеруд» рекомендует исходить из соблюдения основного условия успешного производства взрывных работ – отбойки в крест напластования породы и господствующей системы трещин. Следует также учитывать требуемую степень дробления, блочность породы, высоту уступа и тип погрузочно-транспортного оборудования.

При этом следует ориентироваться на порядные, порядно-врубовые, диагональные, диагонально-волновые и радиальные схемы.

На рудных карьерах в легковзрываемых породах рекомендуются порядные продольными и поперечными рядами, порядно-врубовые и порядные через скважину схемы соединения скважинных зарядов; в породах средней трудности взрывания – порядно-врубовые, диагональные и диагонально-волновые схемы; в трудновзрываемых породах – диагонально-волновые, волновые и радиальные.

В сложных забоях применяют комбинированные схемы.

Размеры и форма развала взорванной горной массы, а также коэффициент разрыхления пород в развале зависят от параметров и условий взрывания: свойств пород, числа взрываемых рядов, высоты уступа, расстояния между скважинами в ряду и между рядами скважин, проектного удельного расхода ВВ, угла наклона скважин к горизонту, схемы МКЗВ, наличия и размеров неубранной горной массы у откоса взрываемого уступа.

Изучение особенностей формирования параметров развала взорванной горной массы с оценкой смещения отдельных элементов взрываемой части уступов в пределах профиля развала показало, что дальность массового перемещения породы зависит от начальной скорости отрыва породы от поверхности откоса уступа.

Экспериментальными исследованиями процессов движения среды при взрыве скважинных зарядов установлено, что наибольшую начальную скорость приобретает участок массива на откосе уступа, расположенный на уровне, соответствующем середине колонки ВВ над подошвой уступа.

Для технологической оценки качества подготовки взорванной горной массы используют не только средний размер куса в развале, но и величину коэффициента разрыхления ( $K_p$ ). Специальными экспериментальными исследованиями выявлены значительные колебания плотности взорванных пород по высоте и ширине развала. Коэффициент разрыхления уменьшается в направлении от верхней части развала к подошве уступа и по мере приближения от наиболее удаленной точки развала к целику.

Такой характер изменения  $K_p$  по высоте и ширине развала является результатом закономерного уменьшения скоростей смещения отдельных частей взрываемого массива с удалением от обнаженных поверхностей, а также изменения структуры взорванной горной массы по крупности кусков в результате проявления эффекта «просеивания» мелких фракций.

## **2. Последовательность выполнения работы.**

По рекомендациям М.Ф. Друкованного выбирают схему коммутации скважинных зарядов с учетом числа взрывааемых рядов скважин (п. 8) и требований к параметрам развала (табл. 1-2).

Вычерчивают в масштабе 1:200, 1:500 (допускается выполнение разрывов) принятую схему коммутации (рис. 1) и по ней устанавливают общий расход пиротехнических реле на блок.

По схеме коммутации определяют величину угла  $\psi$  между линией верхней бровки уступа и линией расположения одновременно взрывааемых рядов скважин. Для порядной двухсторонней схемы (рис. 1 а)  $\psi = 0$ ; для схемы с поперечными рядами (рис. 1 е)  $\psi = 90$  град; для диагональных схем и волновой развернутой (рис. 1 ж, з, л, и) -  $0 < \psi < 90$  град.; для волновой экранирующей -  $90 < \psi < 180$  град.; для порядно - врубовых и порядных через скважину (рис. 1 б, в, г, д)  $\psi = 180$  град.

Вычисляют среднюю скорость смещения частиц породы на стенках зарядной камеры, м/с

$$V_c = 4370 - 1050 \cdot l_{cp}, \quad (1)$$

здесь  $l_{cp}$  – средний размер структурного блока в массиве, м.

Рассчитывают начальную скорость полета кусков породы, м/с:

$$V_0 = 2 \cdot V_c \cdot \left( \frac{q_1}{\pi \cdot \Delta} \right)^{0,5 \cdot n_1}, \quad (2)$$

где  $q_1$  – удельный расход ВВ по первому ряду скважин, кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta$  – плотность ранее выбранного ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

Величину  $q_1$ , кг/м<sup>3</sup>, находят из выражения

$$q_1 = \eta_0 \cdot q_{п}, \quad (3)$$

здесь  $\eta_0$  – коэффициент, учитывающий фактическое состояние откоса уступа ( $\eta_0 = 0,75$  при  $h = 15$  м;  $\eta_0 = 0,8$  при  $15 \leq h \leq 20$  м;  $\eta_0 = 0,85$  при  $h > 20$  м.).

Значение показателя степени  $n_1$  определяют по формуле:

$$n_1 = 1,35 - 0,06 \cdot l_{cp}. \quad (4)$$

Рассчитывают высоту откольной зоны над подошвой уступа, м

- при взрывании с перебуром

$$h_0 = 0,5 \cdot (l_{ВВ} - l_{пер}), \quad (5)$$

- при взрывании с недобуром

$$h_0 = 0,5 \cdot (l_{ВВ} + l_{н}). \quad (6)$$

По табл. 3. для принятого угла наклона скважин к горизонту находят максимальную дальность ( $\Delta V_0$ , м) взрывного перемещения породы (порядная схема МКЗВ) при взрывании на подобранный откос уступа.

Вычисляют дальность взрывного перемещения породы при выбранной схеме коммутации, м:

$$\Delta B_{\psi} = \Delta B_0 \cdot (0,73 + 0,27 \cdot \cos 2\psi) . \quad (7)$$

Определяют общую ширину развала взорванной горной массы, м:

$$B_p = A_{\sigma} + \Delta B_{\psi} - h_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha , \quad (8)$$

где  $A_{\sigma}$  – ширина буровой заходки, м;  $\alpha$  – угол откоса уступа, град.

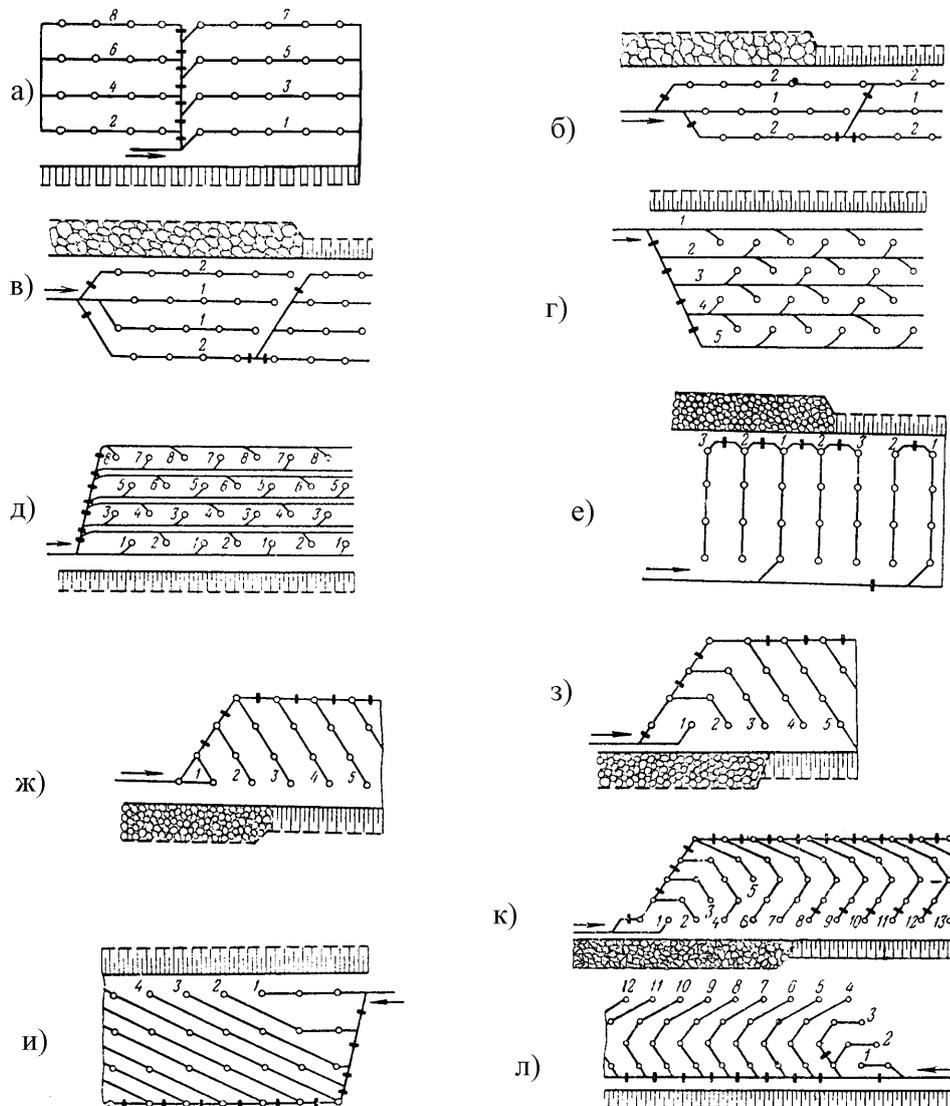


Рис. 1. Схемы коммутации МКЗВ (цифрами показана очередность взрывания зарядов): а – порядная двусторонняя; б – порядно-врубовая секционная с однорядным врубом; в - порядно-врубовая секционная с двухрядным врубом; г – порядная через скважину продольными рядами; д - порядная через скважину продольными рядами с обособленными магистралями; е – поперечными рядами с однорядным врубом; ж – диагональная с клиновым врубом; з – диагональная с трапециевидным врубом; и – диагональными рядами и последовательным врубом; к – волновая экранирующая; л – волновая развернутая.

Для принятого в п.2 экскаватора рассчитывают ширину нормальной экскаваторной заходки, м:

$$A_{\text{э}} = (1,5 \div 1,7) \cdot R_{\text{чу}}, \quad (9)$$

где  $R_{\text{чу}}$  – радиус черпания экскаватора на горизонте установки (уровне стояния), м.

Определяют число заходов, за которое обрабатывается развал

$$t = B_p / A_{\text{э}}. \quad (10)$$

Полученное значение  $t$  округляют до ближайшего большего целого числа.

В масштабе 1: 200 или 1: 500 строят профиль развала. Для этого сначала на чертеж наносят контур буровой заходки. Затем по подошве уступа откладывают величину  $B_p$ . В пределах развала выделяют 4 - 5 точек. Первая будет располагаться на контакте с не взорванной частью массива, а высота развала в ней равна  $h_1$ , последняя - соответствует самой удаленной точке развала. В ней высота развала равна 0. Для каждой из остальных точек находят расстояние  $x_i$  по подошве уступа от нижней бровки, не взорванной части массива и вычисляют отношение  $m_i = x_i / B_p$ .

Рассчитывают отношение ширины буровой заходки к ширине развала

$$n = A_6 / B_p. \quad (11)$$

Определяют высоту развала в первой точке, м:

$$h_1 = 0,5 \cdot n \cdot h \cdot (3 - n^2) \cdot [(1 - n)^t + 1]. \quad (12)$$

Высоту развала в каждой из остальных точек вычисляют по формуле, м:

$$h_i = h \cdot (1 - m_i)^{(1-n)^t}. \quad (13)$$

Образец развала горных пород, построенного для 5-ти характерных точек, показан на рис. 2.

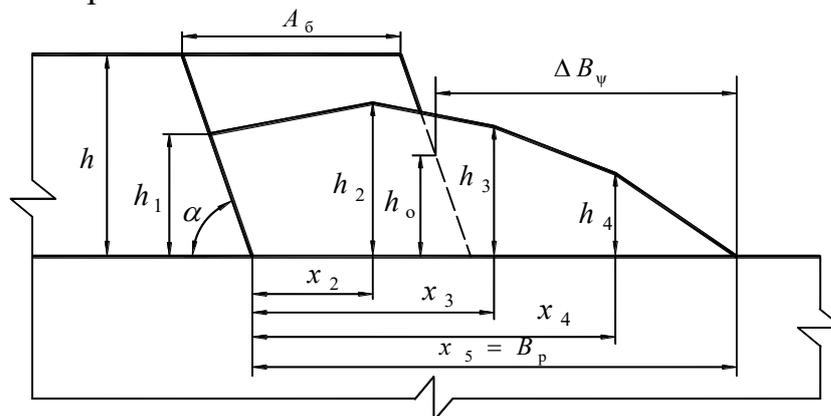


Рис. 2. Схема (образец) к построению развала горных пород с 5-ю характерными точками.

Определяют средний коэффициент разрыхления в профиле развала

$$K_p = 0,5 \cdot (3 - n^2). \quad (2.67)$$

### 3. Индивидуальные задания

Табл. 1.

Блочность пород и требования к параметрам развала.

Вариант	Перечень требований	Категория пород по блочности
1	2	3
1	Уменьшение ширины развала	5
2	Ограничение по сейсмическому воздействию	3
3	Сложная структура пород в массиве	1
4	Компактность развала	2
5	то же	4
6	Наличие участков пород с различными свойствами	4
7	Ограничение по сейсмическому воздействию	2
8	Уменьшение ширины развала	1
9	Компактность развала, ограничение по сейсмическому воздействию	1
10	Сложная структура пород в массиве	2
11	Наличие участков пород с различными свойствами	1
12	Ограничение по сейсмическому воздействию	1
13	Наличие участков пород с различными свойствами	1
14	Сложная структура пород в массиве	2
15	Сложная структура пород в массиве	2
16	Компактность развала, ограничение по сейсмическому воздействию	1
17	Компактность развала, ограничение по сейсмическому воздействию	4
18	Уменьшение ширины развала	5
19	Сложная структура пород в массиве	1
20	Ограничение по сейсмическому воздействию	4
21	Наличие участков пород с различными свойствами	1
22	Ограничение по сейсмическому воздействию	2
23	Ограничение по сейсмическому воздействию	1
24	Компактность развала, ограничение по сейсмическому воздействию	3

25	Уменьшение ширины развала	5
26	Ограничение по сейсмическому воздействию	1
27	Сложная структура пород в массиве	2
28	Компактность развала	4
29	то же	3
30	Наличие участков пород с различными свойствами	1

#### 4. Справочные данные

Таблица 2.

Условия применения схем коммутации (по М.Ф. Друкованному и И.Н. Усику).

Число рядов скважин	Породы		
	Легковзрываемые	Средневзрываемые	Трудновзрываемые
1	2	3	4
Уменьшение ширины развала			
2	Порядная через скважину продольными рядами	Порядная через скважину продольными рядами	Диагональная с трапециевидным врубом

3	Порядно- врубовая секционная с однорядным врубом	Порядно- врубовая секционная с однорядным врубом	Волновая экранирующая
4	Порядно- врубовая секционная с двухрядным врубом	Поперечными рядами с однорядным врубом	Диагональная с клиновым врубом
5	то же	то же	то же
Ограничение по сейсмическому воздействию			
2	Порядная через скважину продольными рядами	Порядная через скважину продольными рядами	Диагональная с трапециевидным врубом
3	то же	то же	Волновая развернутая
4	Порядная двухсторонняя	Диагональными рядами и последовательным врубом	Диагональная с клиновым врубом
5	то же	то же	то же
Сложная структура пород в массиве			
2	Порядная через скважину продольными рядами с обособленными магистральями	Порядная через скважину продольными рядами с обособленными магистральями	Диагональная с трапециевидным врубом
3	Волновая экранирующая	Волновая экранирующая	Волновая экранирующая
4	Волновая экранирующая	Диагональными рядами и последовательным врубом	Диагональная с клиновым врубом
5	то же	то же	то же
Компактность развала, ограничение по сейсмическому воздействию			
2	Порядная через скважину продольными рядами	Порядная через скважину продольными рядами	Диагональная с трапециевидным врубом
3	то же	Волновая экранирующая	Волновая развернутая
4	то же	Порядная через скважину продольными рядами	то же
5	то же	Волновая развернутая	Диагональная с клиновым врубом
Наличие участков пород с различными свойствами			
2	Порядная через скважину продольными рядами с обособленными магистральями	Порядная через скважину продольными рядами с обособленными магистральями	Диагональная с трапециевидным врубом
3	то же	Волновая развернутая	Волновая развернутая
4	Волновая экранирующая	то же	то же
5	Диагональными рядами и последов. врубом	Диагональными рядами и последовательным врубом	Диагональная с трапециевидным врубом

Таблица 3.

Максимальная дальность перемещения породы при порядной схеме взрывания (по А. С. Ташкинову)

Высо	Начальная скорость полета кусков, м/с
------	---------------------------------------

та ОТКОЛ БНОЙ ЗОНЫ, М	10	15	20	25	30	35	40
Скважины вертикальные							
2	6	9	13	16	19	22	25
4	9	13	18	22	27	31	36
6	11	16	22	27	33	38	44
8	13	19	25	32	38	44	51
10	14	21	28	35	42	49	57
12	16	23	31	39	46	54	62
14	17	25	33	42	50	59	67
16	18	27	36	45	54	63	72
18	19	28	38	47	57	66	75
20	20	30	40	50	60	70	80
Скважины наклонные, $\beta = 75$ град.							
2	9	16	26	38	52	68	87
4	12	20	30	43	57	74	93
6	14	23	34	47	62	79	99
8	16	25	37	50	66	84	104
10	17	27	39	54	70	88	108
12	18	29	42	57	73	93	113
14	19	31	44	60	77	96	117
16	20	33	47	62	80	99	121
18	21	34	49	65	83	103	124
20	22	36	51	67	86	106	128
Скважины наклонные, $\beta = 60$ град.							
2	12	23	38	58	82	110	142
4	14	26	41	61	85	113	146
6	15	28	44	64	88	117	149
8	17	30	46	67	91	120	153
10	18	32	49	70	94	123	156
12	19	33	51	72	97	126	159
14	20	35	53	74	100	129	162
16	22	37	55	77	102	132	165
18	23	38	57	79	105	134	168
20	24	39	59	81	107	137	171

### Контрольные вопросы:

1. Как установить основное направление перемещения пород при взрыве?
2. Из каких соображений выбирают схему коммутации скважинных зарядов?
3. Какие группы схем МКЗВ рационально использовать в легковзрываемых породах и какие – в трудновзрываемых?

4. Укажите факторы, влияющие на ширину развала взорванной горной массы?
5. Каким образом ширина развала взорванной горной массы зависит от трещиноватости (блочности) пород?
6. Какие факторы влияют на высоту откольной зоны над подошвой уступа?
7. Как изменится высота и ширина развала, если взрывать породу на неубранную горную массу?
8. Какие факторы определяют скорость перемещения кусков породы при взрыве?
9. Зависят ли параметры развала от трещиноватости пород?
10. Каким образом меняется степень связности горных пород по ширине развала?
11. За счет чего можно уменьшить перемешивание пород в развале?
12. Есть ли разница в изменении коэффициента разрыхления пород в поперечном сечении развала при взрывании на неубранную горную массу и подобранный забой?
13. Почему при выборе схем МКЗВ идут от простых схем к более сложным?
14. Каким образом изменится ширина развала, если от диагональной схемы МКЗВ перейти к порядной?
15. Каким образом изменится ширина развала взорванной горной массы, если вместо вертикальных скважин применить наклонные?
16. Какие факторы влияют на высоту развала взорванной горной массы?
17. Какие факторы влияют на величину коэффициента разрыхления пород в развале?
18. Почему схемы коммутации усложняются с повышением трудности взрывания пород?

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

### **Практическое занятие № 10**

**Тема:** Расчет параметров расположения скважин на уступе и величины заряда ВВ в скважине.

**Цель:** систематизировать и обобщить учебный материал по теме, закрепить умения и навыки, приобретенные в процессе изучения материала.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Методические указания:** изучить теоретический материал

**Ход выполнения:** выполнить задания

#### **Порядок выполнения работы**

##### **1. Краткое теоретическое введение.**

Объемный принцип определения параметров скважинных зарядов характеризуется значительной трудоемкостью и выполнением дополнительных проверок, сопряженных с корректировкой ранее принятых

показателей. Кроме того, не всегда рационально используется длина скважины.

В практике проектирования и эксплуатации карьеров кроме приведенной в п. № 8 методики определения параметров сетки скважин используют также методики Союзвзрывпром, НИИОГР, Союзгипронеруда.

На рудных карьерах получила распространение методика, при которой параметры сетки скважин устанавливают исходя из вместимости ВВ в скважине, в соответствии с принятой конструкцией заряда.

Прогрессивной стратегией пополнения запасов взорванной горной массы на карьерах следует считать такую, при которой годовая стоимость оборотных средств, заключенных в запасах, как в незавершенном производстве, и годовой ущерб карьера от простоев оборудования из-за взрывных работ минимальны. Из этих соображений определяют оптимальный объем взрывного блока.

Поскольку модель подобного рода носит вероятностный характер искомого решения можно получить методом статистических испытаний.

В учебных расчетах сменная и годовая производительность экскаватора являются величиной постоянной, поэтому размеры взрывного блока находят исходя из условия обеспеченности выемочно-погрузочного оборудования взорванной горной массой.

## 2. Последовательность выполнения работы.

Исходя из вместимости заряда, найденной в п. № 8 в соответствии с ранее выбранной конструкцией заряда находят параметры сетки скважин

$$a \times b = \frac{p \cdot l_{\text{ВВ}}}{q_{\text{П}} \cdot h} \quad (1)$$

В соответствии с формой сетки скважин, принятой в п. 8 окончательно устанавливают расстояние между скважинами в ряду и расстояние между рядами скважин.

При квадратной сетке скважин  $a = b$ , м

$$a = \sqrt{\frac{p \cdot l_{\text{ВВ}}}{q_{\text{П}} \cdot h}} \quad (2)$$

При «шахматной» сетке скважин расстояние между скважинами в ряду, м

$$a = \frac{1}{0,85} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot l_{\text{ВВ}}}{q_{\text{П}} \cdot h}} \quad (3)$$

а расстояние между рядами находят по формуле, м:

$$b = 0,85 \cdot a. \quad (4)$$

Вычисляют объем взрывного блока по условиям обеспеченности экскаватора, выбранного в п. 1.2, взорванной горной массой, м<sup>3</sup>

$$V_{\text{бл}} = Q_{\text{см.э}} \cdot n_{\text{см}} \cdot n_{\text{д}}, \quad (5)$$

где  $Q_{\text{см.}}$  – сменная производительность экскаватора (табл. 1), м<sup>3</sup>;  $n_{\text{см.}}$  – число рабочих смен экскаватора в течение суток, ед.;  $n_{\text{д}}$  – обеспеченность экскаватора взорванной горной массой, сут.

Величину  $n_{\text{д}}$  для южных районов страны принимать в пределах 20 ÷ 30 сут., для средних – 15 ÷ 20 сут., для северных – 7 ÷ 10 сут.

Рассчитывают длину взрывного блока, м

$$L_{\text{бл}} = \frac{V_{\text{бл}}}{[W + b \cdot (n_{\text{р}} - 1)] \cdot h}, \quad (6)$$

здесь  $W$  – откорректированная линия сопротивления по подошве (п. 2.4), м.

Находят число скважин в одном ряду

$$n'_{\text{скв}} = \frac{L_{\text{бл}}}{a} + 1. \quad (7)$$

Полученное значение  $n'_{\text{скв}}$  округляют до ближайшего целого числа.

По округленному значению  $n''_{\text{скв}}$ , используя формулы (2.48) и (2.49), корректируют длину и объем взрывного блока.

Вычисляют расход ВВ на блок, кг

$$Q'_{\text{в.б}} = q_{\text{п}} \cdot V'_{\text{бл}}, \quad (8)$$

где  $V'_{\text{бл}}$  – скорректированный объем блока, м<sup>3</sup>.

Окончательный расход ВВ на блок устанавливают при составлении проекта на массовый взрыв, исходя из количества взрываемых скважин и массы заряда в каждой из них.

Находят оптимальный интервал замедления, мс

$$\tau = K \cdot W, \quad (9)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от взрываемости породы (для трудновзрываемых пород  $K = 1,5 \div 2,5$ ; для средневзрываемых  $K = 3 \div 4$ ; для легковзрываемых  $K = 5 \div 6$ ).

При многорядном взрывании интервал замедления увеличивают на 25%.

По величине  $\tau$  подбирают ближайшее пиротехническое реле РП-8 из ряда: 20, 35, 50 мс или РП-Д из ряда 20, 30, 45, 60, 80, 100 мс.

Вычисляют выход горной массы с 1м скважины, м<sup>3</sup>

$$f = \frac{[W + b \cdot (n_p - 1)] \cdot a \cdot h}{n_p \cdot L_{\text{СКВ}}}. \quad (10)$$

По выходу горной массы устанавливают объем буровых работ в пределах взрывного блока или в течение определенного периода времени (месяц, квартал, год).

### 3. Справочные данные

Таблица 1.

Производительность мехлопат за 8-ми часовую смену, м<sup>3</sup>  
породы в целике (по нормативам «Гипроруды»)

Экскаватор	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Железнодорожный транспорт		Автомобильный транспорт	
		полускальные породы	скальные породы	полускальные породы	скальные породы
ЭО-7111	2,5	800	650	900	700
ЭКГ-3,2	3,2	950	750	1100	850
ЭКГ-4,6Б	4,6	1450	1150	1550	1300
ЭКГ-5А	5,0/6,3	1550/1950	1250/1550	1750/2200	1400/1750
ЭКГ-8И	6,3/8,0	1750/2250	1400/1800	1950/2000	1550/1750
ЭКГ-12,5	10,0/12,5	2400/3000	1960/2450	2700/3350	2160/2700

#### Контрольные вопросы:

1. Из каких соображений устанавливают параметры сетки скважин с учетом вместимости заряда?
2. Как в этом случае находят расстояние между скважинами в ряду и расстояние между рядами скважин?
3. Укажите сущность прогрессивной стратегии пополнения запасов взорванной горной массы на карьерах.
4. Каким образом устанавливают норматив обеспеченности экскаватора взорванной горной массой?
5. Из каких соображений устанавливают объем взрывного блока в учебных расчетах?
6. Перечислите факторы, влияющие на длину взрывного блока.
7. Как установить число скважин в одном ряду взрывного блока?
8. Из каких соображений можно установить расход ВВ на блок?
9. Каким образом находят оптимальный интервал замедления при МКЗВ?
10. Поясните, как изменяется коэффициент, зависящий от взрываемости пород, при переходе от средневзрываемых пород к трудновзрываемым?

11. Когда интервал замедления будет больше: для легко взрывающихся или для трудно взрывающихся пород?
12. Как выбрать пиротехническое реле, с помощью которого осуществляют замедление между сериями взрывающихся скважинных зарядов?
13. С какой целью устанавливают выход горной массы с 1 м скважины ( $\text{м}^3$ )?
14. Перечислите факторы, влияющие на выход горной массы с 1 м скважины.

**Форма отчета:** конспект с выполненными заданиями.

## 4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 4.1 Основные печатные и (или) электронные издания:

О-1. Курехин, Е. В. Процессы открытых горных работ: учебное пособие / Е. В. Курехин, С. И. Протасов. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2023. — 170 с. — ISBN 978-5-00137-371-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/352553> (дата обращения: 07.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

О-2. Менумеров, Р. М. Электробезопасность: учебное пособие для спо / Р. М. Менумеров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-8191-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173112> (дата обращения: 07.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

О-3. Боровков, Ю. А. Основы горного дела / Ю. А. Боровков, В. П. Дробаденко, Д. Н. Ребриков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 508 с. — ISBN 978-5-507-47240-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346430> (дата обращения: 07.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

О-4. Немтин, Г. Н. Технология и безопасность взрывных работ: учебное пособие / Г. Н. Немтин, В. В. Аникин, В. М. Мальцев. — Пермь: ПНИПУ, 2021. — 399 с. — ISBN 978-5-398-02610-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/239909> (дата обращения: 22.01.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

О-5. Электроснабжение и электрооборудование горных предприятий : учебное пособие / В. С. Куликовский, О. А. Кручек, А. И. Герасимов [и др.]. — Красноярск : СФУ, 2021. — 140 с. — ISBN 978-5-7638-4300-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181615> (дата обращения: 11.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 4.2 Дополнительные печатные и (или) электронные издания (электронные ресурсы):

Д-1. Городниченко, В.И. Основы горного дела: Учебник для вузов. — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного университета, 2008. — 464 с.

Д-2. Шемякин, С.А. Ведение открытых горных работ на основе совершенствования выемки пород / С.А. Шемякин, С.Н. Иванченко, Ю.А. Мамаев. — М.: Издательство «Горная книга», 2008. — 315 с.: ил.

Д-3. Борщ-Компониец, В.И., Маркшейдерское дело: Учеб. для техникумов / В.И. Борщ-Компониец, А.М. Навитный, Г.М. Кныш. — 3-е изд., перераб. И доп. — М.: Недра, 1992. — 447 с.: ил.

Д-4. Катанов, И. Б. Буровзрывные работы на карьерах : учебное пособие / И. Б. Катанов, А. А. Сысоев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 202 с. — ISBN 987-5-0013-098-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133869> (дата обращения: 17.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ, ВНЕСЕННЫХ В  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

<b>№ изменения, дата внесения, № страницы с изменением</b>	
<b>Было</b>	<b>Стало</b>
<b>Основание:</b>	
<b>Подпись лица, внесшего изменения</b>	