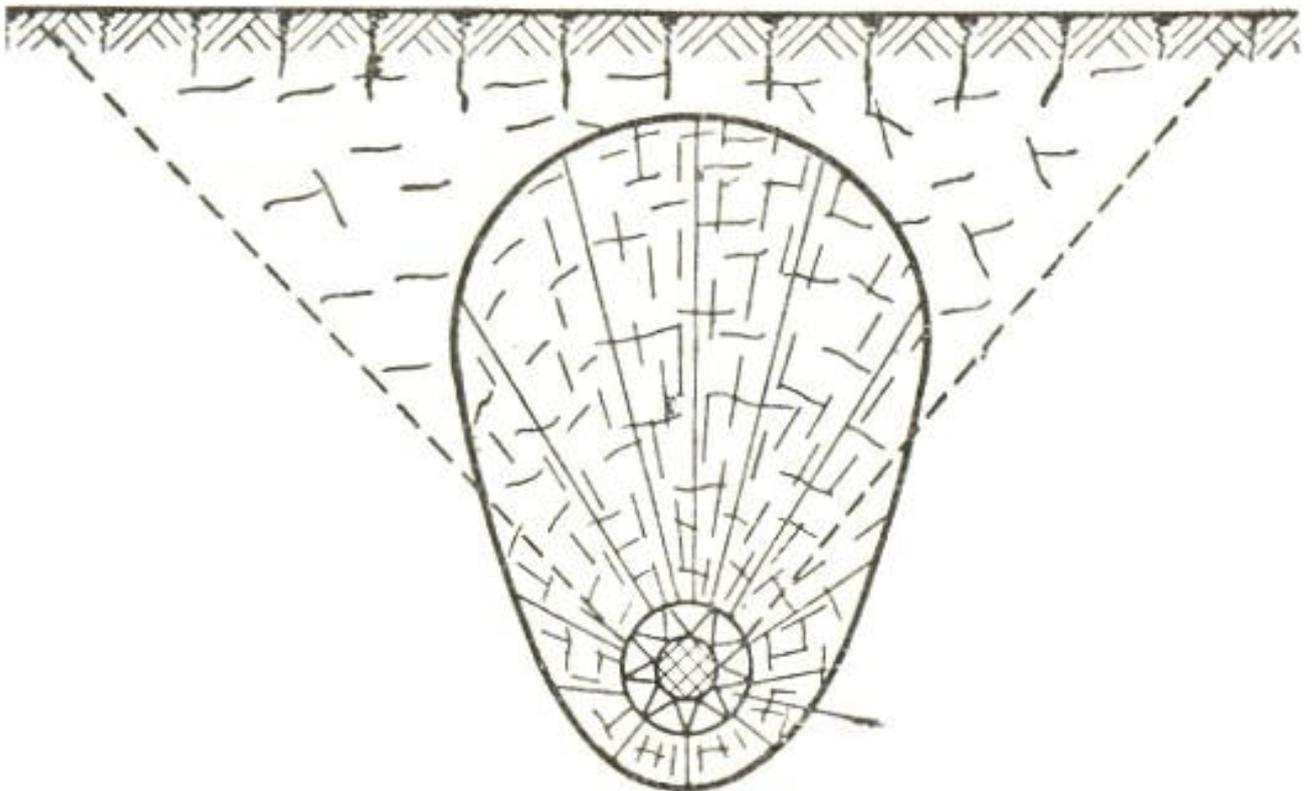


Ю.Д.Норов

# Буровзрывные работы

Курс лекций



**Ю.Д.Норов**

# **Буровзрывные работы**

**Курс лекций**

**Навоий 2006**

**Норов Ю.Д.**

Буровзрывные работы. Курс лекций / Ю.Д.Норов. – Навоий НГГИ, 2006 – 214 с.

В курсе лекций описаны физико-механические свойства горных пород, приведены их классификации по буримости и взрываемости.

Изложены основы теории детонации промышленных взрывчатых веществ, принцип расчета зарядов, методы взрывных работ, применяемые взрывчатые материалы, особенно новых эмульсионных взрывчатых веществ выпускаемых на заводах Республики Узбекистан, а также средства взрывания. Рассмотрены вопросы организации буровзрывных работ и техники безопасности.

Материал составлен в соответствии государственных Стандартов по образованию по направлениям 5540200 – «Горное дело» и 5521400 - «Горная электромеханика».

Курс лекций предназначен в качестве учебника для учащихся горных ВУЗов и колледжей.

Табл. 36, ил. 29, список лит. 16 назв.

**Рецензенты:**

Заслуженный работник промышленности Республики Узбекистан, главный инженер ЦРУ Навоийского горно-металлургического комбината, проф., доктор технических наук В.Н.Сытенков;

Доцент кафедры «Горное дело» Навоийского государственного горного института, кандидат технических наук З.С.Назаров.

## ВВЕДЕНИЕ

---

В основных направлениях экономического развития нашей Республики предусмотрен подъём экономики страны, главным образом, за счёт ускорения научно-технического прогресса и широкого внедрения энергосберегающих технологий. Поиск эффективных путей снижения энергоемкости разрушения горных пород, является одним из главных направлений современных научных исследований в горной науке.

При выполнении поставленной задачи, особое место отводится горно-добывающей промышленности. Ведущую роль в общем технологическом комплексе горного производства занимают – взрывные работы.

Взрывчатые вещества (ВВ) как высококонцентрированный и экономичный источник энергии, широко применяются в различных отраслях народного хозяйства. В настоящее время около 90% объема руд цветных и черных металлов добывают взрывным способом. Массовые взрывы широко используются при вскрытии месторождения полезных ископаемых, а также при строительстве ирригационных сооружений, прокладки авто и железнодорожных путей при проходке тоннелей шахтных стволов и других горных выработок.

ВВ широко применяют при взрывных способах обработки металлов в машиностроении, при штамповке, сварке, упрочнении деталей машин, резании металлов в металлургии, при уплотнении грунтов, тушении лесных пожаров, в гидромелиоративном строительстве и для других технических нужд.

В настоящее время, ВВ применяют при образовании удлиненных выемок взрывами траншейных зарядов выброса, управлении направлением выброса за счет обваловки грунтом, которого внимают в проектном контуре профильного сечения выемки. Продолжается поиск и исследования дальнейших путей управления энергией взрыва.

# **КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

## **План лекции**

- 1.1. Краткий очерк истории развития промышленных ВВ.
- 1.2. Цель и основные задачи предмета.
- 1.3. Основные сведения о физических, механических и горно-технологических свойствах горных пород.

## 1.1. Краткий очерк истории развития промышленных ВВ

Первым ВВ военного и гражданского назначения был черный порох, представляющий собой смесь калиевой селитры, серы и древесного угля. В Китае и в Индии черный порох использовался в качестве фейерверков в VII веке, а в Византии в качестве «Греческого огня». В Европе, в XIII веке, рецепт чёрного пороха был воспроизведен Бертольдом Шварцем.

Начало применения пороха в горном деле, по разным источникам, относят к XVI-XVII векам. Ещё в середине XVI века, в России, с помощью пороха, взрывали подводные скалы и камни для расчистки русел судоходных рек, а, начиная с XVI-XVII века, порох начали применять на взрывных работах в рудниках. При этом порох в бумажных патронах заряжали в шпурь, выбуренные вручную. Для водоизоляции, патроны покрывали смолой. Заряженные шпурь забивали глиной, пороховой заряд поджигали с помощью выводной пороховой трубки.

В Западной Европе, первое применение пороха на взрывных работах относят к 1627 году при проходке штольни на руднике в Словакии. Начиная с 1632 года, порох начали применять при взрывных работах в серебряных рудниках Швеции. К концу XVII века, взрывные работы с помощью пороха были широко распространены в горной промышленности многих стран.

В течение нескольких столетий, до середины XIX века черный порох оставался единственным, практически применяемым ВВ. В 1770-1780 годах французские химики А.Лавуазье и К.Бертолле изобрели ВВ на основе хлората калия и организовали её производство. В 1771 году П.Вульфом был синтезирован тринитрофенол, являющийся мощным бризантным ВВ. В 1847 году итальянцем А.Собреро был синтезирован нитроглицерин - мощное бризантное ВВ, сыгравший большую роль в замене черного пороха на бризантные ВВ в горном деле.

В 1854 году известный русский ученый академик Н.Н.Зинин с офицером русской армии В.Ф.Петрушевским, исследовал взрывчатые свойства нитроглицерина и предложил применять его в замен черного пороха для мин и гранат. В 1864 г. Нобель взял патент на применение нитроглицерина в качестве ВВ и построил в Швеции и Германии заводы по его производству.

Решающим моментом в широком использовании бризантных ВВ стало открытие явления детонации. Первый капсюль-детонатор был изобретен капитаном русской армии Д.И.Андреевским в 1865 году. Через 2 года А.Нобель запатентовал новый усовершенствованной конструкции капсюль-детонатор, который служит для создания начального импульса с целью детонации промышленных ВВ.

После открытия явления детонации был синтезирован ряд новых бризантных и инициирующих ВВ. В 1863 году И.Вильбрандтом был получен тротил, в 1887 году К.Мартенсом – тетрил, в 1894 году – Толленом и Виганом – тэн, в 1897 году Ленце – гексоген, в 1890 году Т.Курциусом – азид свинца. Эти

ВВ получили широкое применение в боеприпасах, средствах взрывания, на взрывных работах.

Первым смесевым бризантным ВВ, получившим широкое применение в горной промышленности, были динамиты. В начале, это был гурдинамит, состоявший из нитроглицерина (75%) и кизельгура (25%) в качестве поглотителя. Одновременно с русскими химиками над созданием динамитов работал шведский инженер А.Нобель.

Динамиты сыграли большую роль в развитии взрывного дела. Они превосходили черный порох по силе взрыва и концентрации энергии (теплота взрыва динамита составляла 7100-10700 кДж/м<sup>2</sup>), обладали высокой водоустойчивостью и пластичностью, были менее опасными в обращении, чем черный порох, очень чувствительный к лучу огня. Эти свойства делали динамиты особенно эффективными, для широко распространенного в то время, шпурового метода ведения взрывных работ с ручным заряданием шпуров патронами.

Однако динамиты весьма чувствительны к механическим воздействиям и поэтому опасны в обращении. Особенно опасны остатки патронов в стаканах шпуров при последующем обруивании забоев. Чувствительность динамитов к механическим, еще более возрастает в замерзшем и полутоттаившем состоянии, вследствие чего, динамиты требовали оттапливаемых складов для хранения (температура замерзания нитроглицерина 12°С). По экономическим показателям – стоимости и ресурсам по сырью (глицерину), технологическим затратам при изготовлении и другим показателям, динамиты значительно уступают современным аммиачно-селитренным ВВ.

По указанным причинам почти параллельно с развитием динамитов во многих странах вели поиск других, менее опасных и более дешевых смесевых аммиачно-селитренных ВВ.

В 1939 году объем производства аммиачно-селитренных ВВ в стране составил около 80% от общего количества промышленных ВВ. В других странах коренной поворот в сторону этих безопасных и экономичных ВВ произошел лишь в послевоенные годы, в связи с развитием ВВ простейшего состава в виде смесей гранулированной аммиачной селитры с дизельным топливом.

Большое значение для развития аммиачно-селитренных ВВ имели теоретические работы видных ученых Ю.Б.Харитона, А.Ф.Беляева, К.К.Андреева, А.Я.Апина, В.К.Боболева по изучению механизма, критических условий возбуждения и распространения детонации смесевых ВВ.

Новый качественный скачок в развитии аммиачно-селитренных и некоторых других перспективных промышленных ВВ в нашей стране произошел в послевоенные годы. Он был связан с народнохозяйственными планами развития горнодобывающих и других отраслей промышленности и строительства, где используется энергия взрыва. Требовалось не только многократно увеличить объем производства промышленных ВВ, но и повысить их качество, создать широкий ассортимент, отвечающий различным условиям ведения взрывных работ, современной технике и технологии буровзрывных работ. К решению этих задач, был привлечен широкий круг организаций и специалистов химического и горного профиля. Основные разработки новых промышленных ВВ выполнялись

специализированными лабораториями, проведение испытаний и оценку эффективности выполняли ЦНИГРИ, НИГРИ, ИГД Минцветмета, ВНИИЦветмет и другие научно-исследовательские институты промышленности, производственно-экспериментальное управление треста «Союзвзрывпром»; оценку безопасности применения – МакНИИ, ВостНИИ, КНИУИ. Окончательные рекомендации на новые ВВ принимались Междуведомственной комиссией по взрывному делу, в которой участвовали крупнейшие специалисты по взрывному делу Н.В.Мельников и Э.О.Миндели.

Большой вклад в развитие теории ВВ внесли ученые: Н.Н.Семенов, Ю.Б.Харитон, Н.В.Мельников, Е.И.Щемякин, К.К.Андреев, А.Ф.Беляев, Г.П.Демидюк, Е.Г.Баранов, Д.Е.Власов, Л.Н.Марченко, В.М.Мосенец, Б.Н.Кутозов, Н.Ф.Кусов, Г.И.Покровский, А.Н.Ханукаев, В.Р.Рахимов, Н.И.Кучерский, В.Н.Сытенков, О.Н.Мальгин, П.А.Шеметов и другие ученые успешно ведут теоретические и экспериментальные исследования в области механизма разрушения горных пород под действием энергии взрыва и разработку новых методов управления взрывом.

## 1.2. Цель и основные задачи предмета

Учитывая вышеизложенное, **целью предмета** является - изучение основных свойств, составов промышленных ВВ и технологии производства взрывных работ на открытых горных работах.

Для решения поставленной цели, необходимо решать следующие основные задачи:

- изучение истории развития промышленных ВВ;
- изучение физических, механических и горно-технологических свойств горных пород;
- ознакомление о способах разрушения горных пород и техника бурения шпуров и скважин;
- изучение основных технологических требований к качеству взрывного рыхления горных пород и методы ведения взрывных работ;
- изучения теории детонации промышленных ВВ. Классификация промышленных взрывов;
  - общие положения о работе и балансе энергии при взрывах;
  - изучение классификации промышленных ВВ;
  - изучение свойства и состав ВВ для открытых горных работ;
  - изучение свойства и состав ВВ для открытых и подземных горных работ кроме шахт, опасных по газовой пыли;
  - методы испытания промышленных ВВ;
  - изучение средства и способов инициирования зарядов промышленных ВВ;
  - изучение хранения и классификации складов ВМ;
  - ознакомление транспортировкой и способов уничтожения ВМ;

- изучение действия взрыва в различных средах;
- основные понятия и техника короткозамедленного взрывания;
- общие сведения о технологии ведения взрывных работ;
- изучение взрывов на выброс и сброс;
- организация взрывных работ на карьерах;
- общие сведения по технике безопасности и охране труда при ведении БВР на карьерах.

### 1.3. Основные сведения о физических, механических и горно-технологических свойствах горных пород

При ведении буровзрывных работ (БВР) на горных предприятиях, выбор их основных параметров и методов управления взрывом, в значительной степени, зависит от свойств горных пород, трещиноватости массива и структурных особенностей его залегания. При составлении расчетов используются физические, механические, горно-технологические свойства горных пород.

**Физические свойства горных пород.** Физические свойства характеризуются плотностью, пористостью и пластичностью горных пород.

**Плотность пород** – физическая величина, равная отношению массы породы к их объему определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{m}{V}, \quad (\text{г/см}^3) \quad (1)$$

где  $m$  – масса породы, г;  
 $V$  – объем породы,  $\text{см}^3$ ;

**Пористость породы** – физическая величина, равная отношению всех пустот к общему объему породы в сухом состоянии определяется по формуле:

$$П = \frac{V_n}{V}. \quad (2)$$

где  $V_n$  – объем всех пустот;

Пористость породы характеризуется коэффициентом пористости.

$$\varepsilon = \frac{П}{1-П} 100, \% \quad (3)$$

Коэффициенты пористости некоторых типов горных пород:

Гранит, габбро, кварцит	0,8-1,2
Известняк, мрамор, доломит	0,5-13,4
Песчаник, глинистый сланец,	4-28,3
Глина, суглинок, почва	44-65

**Пластичность горных пород** - физические свойства горной породы сохраняют остаточную деформацию после прекращения действия внешних сил.

**Влажность горных пород** – характеризуют содержание воды в породе. Коэффициент влажности (относительная влажность) определяется по формуле:

$$K_\omega = \omega \gamma / П, \quad (4)$$

где  $\omega$  - влажность приходящейся на 1г абсолютно сухой породы.

**Механические свойства горных пород.** К механическим свойствам горных пород, относятся предел прочности горных пород одноосному сжатию, растяжению, модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона.

**Предел прочности горных пород одноосному сжатию** – отношение максимальной разрушающей силы при одноосном раздавливании на начальную площадь поперечного сечения образца и определяется по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P_{сж.мах}}{F_0}. \quad (5)$$

где  $P_{сж.мах}$  - максимальная сжимающая, разрушающая сила, в кг;  
 $F_0$  - площадь поперечного сечения образца породы, см<sup>2</sup>;

**Предел прочности горных пород одноосному растяжению** – отношение максимальной разрушающей силы при одноосном растяжении на начальную площадь поперечного сечения образца и определяется по формуле:

$$\sigma_p = \frac{P_{p.мах}}{F_0}. \quad (6)$$

где  $P_{p.мах}$  - максимальная растягивающая разрушающая сила, в кг;

**Модуль Юнга (модуль упругости)** - называется коэффициент пропорциональности между нормальным напряжением и деформацией, который определяется по формуле:

$$E = \frac{\sigma}{\nu}, \quad (7)$$

где  $\sigma$  - нормальное напряжение, кгс/см<sup>2</sup>;  
 $\nu$  - относительная деформация.

**Модуль сдвига** – называется коэффициент пропорциональности между касательным напряжением и деформацией, который определяется по формуле:

$$G = \frac{\tau}{\nu}, \quad (8)$$

где  $\tau$  - касательное напряжение, кгс/см<sup>2</sup>.

**Коэффициент Пуассона** – называют коэффициентом пропорциональности относительных продольных и поперечных деформаций.

**К горно-технологическим характеристикам и классификациям горных пород** относятся: крепость, твердость, абразивность, буримость, взрываемость и трещиноватость.

**Крепость горных пород** – оценивается по шкале проф.М.М.Протодяконова, которая равна отношению временного сопротивления горных пород одноосного сжатия на 100 и определяется по формуле:

$$f = \frac{\sigma_{сж.}}{100}. \quad (9)$$

**Твердость горных пород** – это способность породы оказывать сопротивление проникновению в него твердого тела. Степень твердости для сопротивления породы при бурении определяют по методу Л.А.Шрейнера.

**Абразивность горных пород** – это способность породы изнашивать контактирующей с ней поверхностью горных машин или горного оборудования в процессе их работы. Характеристикой абразивности горных пород оценивается по шкале Л.И.Барона и А.В.Кузнецова.

**Буримость горных пород** – это способность породы сопротивляться проникновению в нее бурового инструмента. Буримость породы характеризуется скоростью бурения – м/час.

**Взрываемость горных пород** – это сопротивляемость горной породы разрушению действием взрыва. Взрываемость характеризуется классификацией пород по взрываемости.

**Трещиноватость горных пород и массивов** – это совокупность трещин определенных размеров, частоты их расположения и ориентации в массиве горных пород.

Трещиноватость определяется по классификации массивов горных пород по степени их трещиноватости, которые определяются планиметрическим, фотопланиметрическим, керновым, сейсмическим и экспресс методами.

## Резюме

В общем технологическом комплексе по добыче и переработке полезных ископаемых БВР, определяют эффективность погрузочно-транспортных работ на карьерах, а также качества дробления и измельчения руд на обогатительных фабриках. Поэтому от качества буровзрывных работ зависит качество добываемой продукции.

При ведении БВР на горных предприятиях, выбор их основных параметров и методов управления взрывом, в значительной степени, зависит от физических, механических и горно-технологических свойств горного массива, а также структурных особенностей его залегания.

## *Вопросы для повторения*

1. Что Вы знаете о значении БВР?
2. Что Вы знаете об истории развития промышленных ВВ?
3. Расскажите, пожалуйста, начало применения пороха в горном деле.
4. Кем разработана взрывчатая смесь на основе хлората калия?
5. Кем и когда был синтезирован тринитрофенол являющийся мощным бризантным ВВ?
6. Кто изобрел капсюль-детонатор и его назначения?
7. Кто разработал динамит - первое смесовое бризантное ВВ, получившее широкое применение в горной промышленности?

8. Какие ученые внесли большой вклад в теорию развития промышленных ВВ?
9. Какие свойства горных пород относятся к физическим?
10. Какие свойства горных пород относятся к механическим?
11. Какие свойства горных пород относятся к горно-технологическим?
12. Расскажите о классификации горных пород по взрываемости.
13. Расскажите о классификации горных пород по трещиноватости.
14. Расскажите о классификации горных пород по образивности.
15. Напишите формулу проф. М.М. Протодяконова по определению крепости горных пород.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Специфика буровзрывных работ как науки.
2. Краткая история развития промышленных ВВ.
3. Проблемы создания новых промышленных ВВ и основные пути их решения.
4. Трещиноватости массива горных пород и современные методы их определения.

# **СПОСОБЫ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ ШПУРОВ И СКВАЖИН**

## **План лекции**

- 2.1. Цель и основные задачи буровых работ.
- 2.2. Назначение буровых работ.
- 2.3. Классификация способов разрушения горных пород, бурение шпуров и скважин.

## 2.1. Цель и основные задачи

**2.1. Цель и основные задачи буровых работ** - изучение классификации и физических основ процесса разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- назначение буровых работ;
- классификация способов разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин;
- изучение общей характеристики способов разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин;
- изучение вращательного способа бурения и область его применения;
- изучение ударного способа бурения и область его применения;
- изучение ударно-вращательного способа бурения и область его применения;
- огневой способ бурения и область его применения;
- изучение взрывного способа бурения и область его применения.

## 2.2. Назначение буровых работ

Процесс искусственного образования цилиндрической полости в горных породах или полезных ископаемых называют - бурением.

Бурение производится для создания в породах углублений и полостей, в которых размещают ВВ, а также используемых для разведки полезных ископаемых, водоснабжения промышленных объектов, городов и других целей.

**Шпуром** – называется пробуренная в породе цилиндрическая полость глубиной до 5 метров и диаметром до 75 мм. Шпуры бурят для добычи блоков, разрушения негабаритных кусков горных пород, выравнивания подошвы уступа, при строительстве автомобильных и карьерных дорог глубиной выемки до 5 м., проходке горизонтальных и вертикальных горных выработок, а также на очистных работах.

Бурение шпуров эффективно использовать при добыче штучного камня, при создании гладкого не разрушенного откоса, при проходке каналов и траншей методом контурного взрывания. Широко используется бурение шпуров при взрывных работах не горного характера - рыхление мерзлых грунтов, корчевке пней, валке деревьев, обрушение зданий и сооружений, а также других целей.

**Скважиной** - называется горная выработка цилиндрической формы глубиной свыше 5 м и диаметром более 75 мм.

Скважину бурят при добыче всех видов полезных ископаемых на карьерах. Скважины применяют при откачке воды, нефти и газа, а также в подземных выщелачиваниях урана. Скважины применяют при строительстве ирригационных сооружений – каналов, коллекторов, котлованов, а также при строительстве автомобильных и железных дорог, глубина выемки которых составляет более 5 м.

По направлению бурения, скважины бывают вертикальными, горизонтальными и наклонными.

### 2.3. Классификация способов разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин.

По характеру разрушения горных пород - бурения шпуров и скважины делятся на механические, физические и комбинированные способы.

Механические разделяют на ударный, вращательный, вращательно-ударный и ударно-вращательный способы бурения шпуров и скважин.

При ударном бурении, разрушение горных пород происходит в результате последовательных ударов по забою инструментом. Ударное разрушение горных пород осуществляется отбойными молотками которые применяются при дроблении негабаритных кусков горных пород.

Принцип действия бурильных перфораторов, тоже относят к ударному действию. Разрушение горных пород происходит в результате ударов по забою шпуров, совершающего вращательно-поступательное движение. Перед каждым последующим ударом инструмент поворачивается на некоторый угол, обеспечивая тем самым, разрушения по всей площади забоя. Бурильными перфораторами осуществляются бурения шпуров и скважин диаметром 32-85 мм. Марки бурильных молотков ПР-19, ПР-20Н, ПР-22, ПР-24МВ, ПР-25Л, ПП-36, ПП-54.

**При вращательном** способе, бурения разрушения горных пород осуществляются за счет осевых давлений инструмента и резца. Разрушенная горная порода - буровая мелочь, выдаётся на земную поверхность спиральными шнековыми штангами. Вращательный способ бурения применяется для бурения скважин в породах мягких и ниже средней крепости VII категории по СНиП и менее при разработке карьеров строительных материалов и строительстве ирригационных объектов. Основным недостатком данного способа является относительно невысокий уровень механизации вспомогательных операций.

Наибольшее распространение в мелиоративном строительстве получили станки вращательного бурения СВБ-2М, 1 СБР-125, СБР-160, УГБ-50М, УГБ-1ВС и другие станки.

**При ударно-вращательном** способе бурения, разрушения происходят вследствие ударов и результате вращательного движения инструмента. Ударно-вращательный способ бурения применяется в скальных горных породах VI-XI группы по классификации СНиП.

Достоинства станков ударно-вращательного бурения:

- для бурения не требуется больших усилий подачи и момента на инструмент;
- возможность бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин;
- скорость бурения мало зависит от глубины и направления скважин;
- искривление скважин по сравнению с другими способами бурения минимальны.

В настоящее время промышленностью выпускаются следующие марки станки ударно-вращательного бурения СБУ-100Н, СБУ-100П, СБУ-100Г, СБУ-125 и другие.

**При вращательно – ударном** способе бурения разрушения горных пород осуществляются по непрерывно вращающимся под большим осевым давлением инструмента. Разрушение происходит как вследствие ударов, так и в результате вращательного движения инструмента. Вращательно-ударный способ бурения использован при буровых установках марки НКР-100, которые до настоящего времени, широко используются при отбойке полезных ископаемых подземным способом.

**К комбинированному** способу относится шарошечное бурение. Бурение шарошечными долотами относятся к ударному при долотах чистого качения и к вращательно-ударному при долотах, в которых зубы наряду с перекатыванием, срезают породу скользящим движением по забою. При вращательном бурении, инструмент вращается вокруг оси и одновременно даёт усилие на забой, величина усилия которой, превышает предел прочности породы на выдавливании в месте контакта режущих лезвий инструмента с породой. Продуктов разрушения из забоя удаляет прямой очисткой забоя воздухом. Шарошечные бурения скважин, которые успешно применяются в породах VIII-X категории по СНиП. В настоящее время промышленностью выпускаются следующие шарошечные станки 2СБШ-200, 2СБШ-200Н, БАШ-250, БАШ-320, СБШ-250МН, СБШ-320 и БТС-150. Использование шарошечного бурения на открытых горных работах позволило существенно повысить показатели буровзрывных работ.

**При огневом бурении**, скважины пород, разрушаются в результате интенсивного воздействия на них высокотемпературной газовой струи, вылетающей из сопла со сверх звуковой скоростью.

При мгновенном нагреве породы, в ней образуется поле термических напряжений, вызывающее разрушение поверхностного слоя, на глубине до 3-5 мм на отдельные медные частицы.

Бурение скважин осуществляют самоходными огнеструйными буровыми станками, имеющими термобур с горелкой. Вращения термобура достигают периодического нагревания отдельных участков забоя. Технологические операции выполняют в следующей последовательности: сжигание горелки, бурение, расширение скважины в нижней части и отчистка.

Огневое бурение следует применять в окисленных и неокисленных железных рудах, так как в них, разрушение происходит путем шелушения с образованием мелкой крошки, т.е. без плавления. В породах, где скорость бурения и плавления низкая, данный способ неэффективен.

Тепловые потоки создают горелками ракетного типа, которые работают на смеси керосина и кислорода, либо бензина со сжатым воздухом. Для интенсивного разрушения породы оптимальными считаются 5500-6000°C и скорость истечения газов 2000 м/с.

Скважины диаметром 160-225 мм. на карьерах бурят с помощью станков марки СБО-1, СБО-2, СБО-4, СБО-5, СБО-160/20, которые способны расширять нижнюю часть скважины до 500 мм.

**Взрывной** способ бурения скважин, основан на последовательном многократном взрывании, непосредственно на забое заряда ВВ для разрушения крепких и весьма крепких горных пород.

Эффективность разрушения породы при взрывном бурении, зависит от бризантности заряда, плотности, скорость детонации и удельной теплоты взрыва. В качестве ВВ используется гексоген и тротил.

При взрывном бурении, по трубам, вместе с промывочной жидкостью, с большой частотой подаются пластинатковые ампулы 50-граммовые с компонентами жидкой воды. При взрыве заряда ампулы, под воздействием продуктов детонации и гидравлического удара жидкости, горная порода разрушается, образуя скважинные полости.

Взрывное бурение с продувкой скважин сжатым воздухом, характеризуется следующими параметрами:

- средняя проходка за один взрыв 40-80 мм;
- скорость бурения 30-40 м/ч;
- диаметр бурения скважин 250 мм;
- величина заряда ВВ 300 г.

## Резюме

Вращательное бурение для скважин, имеет широкое распространение на карьерах по добыче угля, гипса, слабых известняков и других полезных ископаемых, при котором создаётся возможность бурить скважины с любым углом наклона с более высокой производительностью, чем при других способах бурения. Главным достоинством, вращательного способа бурения, является высокая скорость бурения; не требуется промывка и продувка скважины; не большая масса и не высокая стоимость оборудования и инструмента; низкая стоимость буровых работ.

Станки шарошечного бурения, широко применяются на карьерах. Достоинствами станков шарошечного бурения являются:

- возможность бурить скважины в породах любой крепости и любых физико-механических свойств;
- высокая скорость и эффективность бурения;
- высокий уровень механизации всех процессов бурения и высокая культура производства.

Буровые станки с пневмоударниками получают все большее распространение на карьерах для бурения взрывных скважин в породах с крепостью 10÷18 на карьерах, строительных материалов, а также для вспомогательных работ на рудных карьерах, которые имеет следующие достоинства: бурение скважин без значительных искривлений; прост и надежен в работе ударного механизма; станки конструктивно просты и надежны.

Огневой способ бурения применяется для бурения взрывных скважин на открытых горных работах. Этим способом эффективно разрушаются в основном кварцсодержащие породы. При другом химическом составе пород их буримость снижается и иногда становится невыгодной по технико-экономическим

показателям, так как наблюдается плавление породы, что снижает эффективность бурения.

### ***Вопросы для повторения***

1. Что такое бурение?
2. Что такое шпур и скважина. Область их применения?
3. Назовите классификацию способов бурения.
4. Методы разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин.
5. Назовите вращательный способ бурения и область его применения.
6. Назовите ударный способ бурения и область его применения.
7. Ударно-вращательный способ бурения и область его применения.
8. Вращательно-ударный способ бурения и область его применения.
9. Взрывной способ бурения и область его применения.
10. Комбинированный способ бурения и область его применения.
11. Назначение и область применения буровых станков СБУ-100 Г и СБУ-100П.
12. Назначение и область применения буровых станков 2 СБШ-200, 2СБШ-200Н, СБШ-250, СБШ-250 МН и СБШ –320.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Конструктивные особенности и режим работы буровых станков огневого бурения взрывных скважин.
2. Конструктивные особенности и режим работы буровых станков взрывного бурения скважин на открытых горных работах.
3. Изучение разрушения горных пород электротермическими методами.
4. Изучение разрушения горных пород с использованием плазменной струи на открытых горных работах.

# **ОБЩИЕ ВОПРОСЫ И МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

## **План лекции**

- 3.1. Цель и задачи вопросов ведения буровзрывных работ.
- 3.2. Основные технологические требования к буровзрывным работам.
- 3.3. Технология ведения взрывных работ шпуровыми зарядами.
- 3.4. Технология ведения взрывных работ скважинными зарядами.
- 3.5. Технология ведения взрывных работ траншейными зарядами.
- 3.6. Технология ведения взрывных работ котловыми зарядами.

### 3.1. Цель и основные задачи

**Цель и основные задачи** вопросов ведения БВР – изучение технологических требований и методов ведения БВР на открытых горных работах.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение основных технологических требований к буровзрывным работам;
- изучение технологии ведения взрывных работ шпуровыми зарядами;
- изучение технологии ведения взрывных работ скважинными зарядами;
- изучение технологии ведения взрывных работ траншейными зарядами;
- изучение методов котловых зарядов.

Взрывные работы производятся в тех случаях, когда непосредственная выемка пород невозможна или затруднена без предварительного их отделения от массива. В настоящее время, горная порода, относящаяся к VI и более группы по СНиПу подлежат к взрыванию.

От качества дробления горных пород, в значительной степени, зависит производительность погрузочного и транспортного оборудования и затраты на их разработку.

### 3.2. Основные технологические требования к буровзрывным работам

К взрывным работам на карьерах, предъявляются следующие основные требования:

1. Взрывание горного массива должно обеспечивать требуемую степень дробления. Максимальный допустимый размер кусков горной массы (м)  $l_k$  может быть ограничен вместимостью  $E$  ковша (м<sup>3</sup>) экскаватора

$$l_k \leq (0,7 \div 0,8) \sqrt[3]{E}, \quad (1)$$

вместимостью  $V_T$  транспортного сосуда (м<sup>3</sup>)

$$l_k \leq 0,5 \sqrt[3]{V_T} \quad (2)$$

меньшим размером (м) приемного отверстия  $A_d$  бункера или дробильной установки

$$l_k \leq (0,75 \div 0,85) A_d, \quad (3)$$

шириной  $B_k$  ленты (м) конвейера

$$l_k \leq 0,5 B_k - 0,1 \quad (4)$$

Куски взорванной горной породы, не удовлетворяющие приведенным выше ограничениям, называются негабаритными.

2. Количество негабаритных кусков горной массы должно быть минимальным, а дробление – равномерным.

3. Развал взорванной горной массы должен быть кучным, а его размеры и форма должны соответствовать параметрам применяемого погрузочного и транспортного оборудования.

4. Площадки и откосы уступов должны иметь заданные отметки и форму.

5. Объем взорванной горной массы, должен быть достаточным для бесперебойной работы погрузочных машин при обеспечении их безопасности и высоких технико-экономических показателей.

Выполнение выше перечисленных требований, достигается правильным выбором методов ведения и параметров взрывных работ, а также рациональной их организацией.

В настоящее время различают следующие основные методы ведения взрывных работ, к ним относятся: метод шпуровых и скважинных зарядов, метод траншейных и котловых зарядов ВВ.

### 3.3. Технология ведения взрывных работ шпуровыми зарядами

**Технология ведения взрывных работ шпуровыми зарядами**, технология производства которых заключается в следующем: бурение шпуров, зарядка шпура ВВ, забойка шпура, оцепление границы опасной зоны взрыва шпуровых зарядов и взрывания.

Метод шпуровых зарядов на открытых горных работах применяется как вспомогательный, при взрывании негабаритных кусков горных пород, при разрушении порогов в подошве уступа, и в других случаях. Шпуровой метод также применяется при добыче строительных материалов с высотой уступа до 5 м. Метод шпуровых зарядов эффективно применяется при проходке траншей, ирригационных каналов, коллекторов и других сооружений, с целью создания не нарушенных откосов при контурном взрывании. Шпуровые заряды, также применяются при строительстве автомобильных и железных дорог, глубина выемки которых, не превышает 5 м.

Следует отметить, что шпуровой метод является самым дорогостоящим из всех методов, при которых заряд ВВ размещает внутри разрушаемого массива. Этот метод требует высокого удельного расхода ВВ и больших трудовых затрат на бурение шпуров.

### 3.4. Технология ведения взрывных работ скважинными зарядами ВВ

**Технология ведения взрывных работ скважинными зарядами ВВ**, технология формирования которых заключается в следующем: бурение скважин, размещение промежуточного детонатора для усиления малочувствительных зарядов ВВ с детонирующим шнуром, зарядка скважин рассыпчатым взрывчатым веществом, забойка скважины, оцепление границы опасной зоны взрыва и производства взрывания. Метод скважинных зарядов ВВ, в настоящее время, широко применяются на открытых горных работах, при разработке

месторождения полезных ископаемых, не рудных строительных материалов, при строительстве ирригационных сооружений различного рода назначения, в строительстве автомобильных и железных дорог, глубина выемки которых превышает более 5 м и т.д.

Метод скважинных зарядов по сравнению со шпуровыми, имеет следующие достоинства:

- в 4-5 раз повышается производительность труда рабочих по циклу БВР;
- на 20-40% уменьшается удельный расход ВВ;
- создаётся одновременно взрывать неограниченное количество горной массы, позволяющее применять современные горные машины и механизмы;
- имеется возможность регулирования степени дробления горных пород взрывом современными различными методами.

При данном методе скважины, в массиве можно располагать вертикально, наклонно и горизонтально к плоскости горизонта. Наиболее широко применяются вертикальные скважинные заряды. Наклонные заряды имеют ряд достоинств по сравнению с вертикальными. Горизонтальные скважины на открытых разработках применяются редко.

Наибольшее применение на карьерах получили вертикальные скважины, при бурении которых обеспечиваются высокая производительность буровых станков и хорошие условия для механизированного заряжения скважин. Наклонные скважины бурятся под углом  $\beta_c = 60 \div 85^\circ$ . При  $\beta_c = \alpha$  (где  $\alpha$  - угол откоса уступа) сопротивление породы взрыванию постоянно по высоте уступа, что обеспечивает высокую степень дробления и хорошую проработку подошвы уступа. Горизонтальные скважины ( $\beta_c = 0$ ) применяются в комбинации с вертикальными, при взрывании высоких уступов, в основании которых залегают породы небольшой крепости.

При вертикальном расположении скважинных зарядов ВВ основными параметрами БВР являются: диаметр скважины, высота уступа, расстояние между зарядами, расстояние между рядами, длина перебура, длина забойки, масса заряда и линия наименьшего сопротивления.

В практике ведения взрывных работ, некоторые параметры буровзрывных работ определяются по формулам:

диаметр скважин:  $d = H / 60, \text{ мм}$

величина перебура скважин:  $l_{nep} = (5 \div 10)d, \text{ м}$  или  $l_{nep} = (0,1 \div 0,3)H, \text{ м}$

длина забойки:  $L_{заб} = 20d, \text{ м}$

### 3.5. Технология ведения взрывных работ траншейными зарядами ВВ

Метод технологии заключается следующим образом: проходка траншеи глубиной равной глубины выемки, укладка детонирующего шнура не менее двух ниток вдоль траншеи с установкой промежуточного детонатора, в качестве чего используют мешки из аммонита 6ЖВ массой равной 40 кг для усиления

чувствительности основного заряда ВВ, зарядка траншеи рассыпчатым ВВ, забойка, обваловка траншейных зарядов грунтом, который вынимают из контура профильного сечения выемки, оцепление границы опасной зоны массового взрыва и взрывание. В настоящее время, метод траншейных зарядов ВВ, широко применяется при строительстве ирригационных сооружений различного рода назначения, и при вскрытии месторождений полезных ископаемых в различных грунтах, крепости I-IV по СНиПу.

### 3.6. Технология ведения взрывных работ котловыми зарядами

Технология ведения взрывных работ котловыми зарядами, метод заключается в следующем: размещении сосредоточенных зарядов ВВ массой 400-2000 кг в котлах, образуемых при бурении скважин, с помощью специальных буровых расширителей и последовательных взрывов небольших зарядов. Этот метод применяется при невозможности размещения в скважинах заряда ВВ, наличии трудновзрываемых пород (особенно в нижней части уступа), обрушении высоких уступов полускальных пород и при проведении полутраншей на косогоре.

#### Резюме

Выполнение вышеперечисленных основных технологических требований, достигается правильным выбором методов ведения и параметров взрывных работ, а также рациональной их организацией.

Метод шпуровых зарядов, широко применяется на открытых и подземных горных работах: при дроблении негабаритных кусков горных пород, разрушении порогов в подошве уступа и при проходке подземных горных выработок. Шпуровой метод является самым дорогостоящим из всех методов, при которых заряд ВВ помещают внутри разрушаемого объекта. Этот метод требует высокого удельного расхода ВВ и больших трудовых затрат на бурение шпуров.

Метод скважинных зарядов, по сравнению со шпуровым, имеет следующее достоинство: в 4-5 раз повышается производительность труда рабочих по циклу буровзрывных работ; на 20-40% уменьшается расход ВВ на единицу отбиваемой массы; создаётся возможность одновременно взрывать неограниченное количество горной массы, позволяющий применять современные машины и механизмы; имеется возможность регулирования степени дробления горных пород взрывом.

Метод траншейных зарядов ВВ, широко применяют для строительства гидротехнических сооружений в различных грунтах. Главным достоинством, этого метода, следует считать: быстроту подготовки и сжатые сроки выполнения, высокую производительность и возможность применения в районах, лишенных источников энергоснабжения. Основным недостатком является: высокая себестоимость в 1,5-2,0 раза, превышающая себестоимость выемки экскаватором.

Метод котловых зарядов в настоящее время, применяется редко. Достоинства метода: он позволяет намного сократить буровые работы и повысить

эффективность взрывных работ. Недостатки: неравномерность дробления из-за сосредоточенности ВВ в отдельных участках массива и образование заколов на уступе.

### ***Вопросы для повторения***

1. По какой формуле определяется допустимый размер куска взорванной горной массы?
2. Какие взорванные горные массы являются негабаритами?
3. Какие методы взрывных работ Вы знаете?
4. Расскажите о методе скважинных зарядов и области их применения.
5. Расскажите о методе котловых зарядов и области их применения;
6. Расскажите о методе шпуровых зарядов и области их применения;
7. Какие технологические требования предъявляются на карьерах к взрывным работам?
8. Область применения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважинных зарядов.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Образования удлиненных выемок взрывами траншейных зарядов выброса в сухих грунтах.
2. Образования удлиненных выемок взрывами траншейных зарядов выброса в водонасыщенных грунтах.
3. Образования удлиненных выемок взрывами траншейных зарядов выброса в оплывающих песчаных грунтах.
4. Разработка новой конструкции скважинного заряда ВВ при подготовке горной массы к выемке на открытых горных работах.
5. Совершенствование параметров буровзрывных работ с использованием расходящихся пучков, параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ, на открытых горных работах.
6. Совершенствование параметров буровзрывных работ с использованием нисходящих пучков, параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ, на открытых горных работах.

# **КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

## **План лекции**

4.1. Цель и основные задачи промышленных ВВ.

4.2. Классификация промышленных ВВ.

4.3. Основные требования, предъявляемые к промышленным  
ВВ.

## 4.1. Цель и основные задачи

**Цель и основные задачи** промышленных ВВ - изучение классификации промышленных ВВ.

Для решения поставленной цели, необходимо изучить следующие основные задачи:

- изучение классификации промышленных ВВ по характеру воздействия на окружающую среду;
- классификация промышленных ВВ по их физическому состоянию;
- изучение классификации и промышленных ВВ по химическому составу;
- классификация промышленных ВВ по условиям хранения и опасности перевозки;
- изучение классификации промышленных ВВ по условиям применения.

В горном деле применяли большое число различных видов промышленных ВВ. Для правильной сравнительной оценки, при выборе и использовании ВВ делятся на отдельные группы по общим признакам: по характеру воздействия на окружающую среду, их физическому состоянию, химическому составу, структурному состоянию, условиям хранения и опасности перевозки, по условиям применения.

## 4.2. Классификация промышленных ВВ

**По характеру воздействия на окружающую среду**, промышленные ВВ классифицируются следующим образом:

- высокобризантные ВВ, со скоростью детонации 4500-7000 м/с;
- бризантные ВВ, со скоростью детонации 3000-4500 м/с;
- низкобризантные ВВ, со скоростью детонации 2000-3000 м/с;
- метательные ВВ, со скоростью взрывного горения 100-400 м/с.

**По физическому состоянию**, промышленные ВВ классифицируются следующим образом:

- порошкообразные;
- гранулированные;
- прессованные;
- литые;
- водонаполненные.

**По химическому составу**, промышленные ВВ классифицируются следующим образом:

- аммиачно-селитренные;
- нитропроизводные и их сплавы;
- промышленные ВВ на основе жидких эфиров;

- хлоратные и перхлоратиновые промышленные ВВ;
- пороха.

**По структурному состоянию**, промышленные ВВ классифицируются следующим образом:

- порошкообразные;
- крупнодисперсные;
- прессованные;
- пластичные;
- водонаполненные.

**По условиям хранения и опасности перевозки**, промышленные ВВ классифицируются на:

1 класс – промышленные ВВ с содержанием жидких нитроэфиров составляют более 15%. К ним относятся - нефлегматизированный гексоген и тетрил;

2 класс – аммиачно-селитренные промышленные ВВ, тротил и его сплавы с другими нитросоединениями, нитроглицериновые ВВ с содержанием жидких нитроэфиров до 15%. А также детонирующие шнуры и флегматизированный гексоген;

3 класс - пороха дымные и бездымные.

4 класс – электродетонаторы (ЭД), капсуль-детонаторы (КД), пиротехнические замедлители;

5 класс - перфораторные снаряды с установленными в них взрывателями.

**По условиям применения**, промышленные ВВ подразделяются на два класса: непригодные и пригодные.

**I класс - непригодные** промышленные ВВ, используются для ведения взрывных работ, только на открытых горных работах. Отличительная полоса – белого цвета. I класс подразделяется на следующие группы:

1 группа – гранулированные водоустойчивые ВВ для производства взрывов в крепких и весьма крепких обводненных горных породах. К ним относятся – Алюмотол, Гранулотол, Грамманиты 50/50-В, 30/70-В.

2 группа – водонаполненные ВВ для производства взрывов в крепких, весьма крепких, сухих и обводненных горных породах. К ним относятся – Акватолы 65/35 С, М-15, АВ, АВМ, МГ; Ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80; Карбатолы Т-15, ГЛ-10В; Эмульсионные ВВ Нобелит 30/70, Нобелан 20/70, Гранэмиты 30/70, 70/30, 50/50, Эмулиты 80/20, 75/25, Порэмит.

3 группа – кумулятивные наружные заряды для вторичного дробления негабарита в карьерах. К ним относятся заряды – ЗКП и ЗКН.

4 группа – промежуточные детонаторы для инициирования зарядов малочувствительных ВВ. К ним относятся шашки – Т-400, Ш-400, ТГ-500.

**II класс - непридохранительные** промышленные ВВ, используются для ведения взрывных работ только на открытых и подземных горных работах, кроме шахт, опасных по газу и пыли. Отличительная полоса – красного цвета. II класс подразделяется на следующие группы:

1 группа – гранулированные ВВ, которые подразделяются на следующие подгруппы:

а) водоустойчивые ВВ для производства взрывов в породах средней крепости и крепких в обводненных условиях. К ним относятся – Гранулиты АС-4В, АС-8В;

б) неводоустойчивые ВВ, для производства взрывов в породах средней крепости и крепких в сухих и влажных условиях. К ним относятся – Гранулиты АС-4, АС-8, С-2, М; Грамманиты 79/21, 80/20, 82/18; Игдонит А-6; МАНФО-4, МАНФО-8.

2 группа – прессованные высокомошные водоустойчивые ВВ в патронах, для производства взрывов сухих и обводненных условиях. К ним относится Аммонит скальный № 1.

3 группа – водоустойчивые порошкообразные ВВ, которые подразделяются на следующие подгруппы:

а) водоустойчивые ВВ повышенной мощности в патронах стандартных диаметров, предназначены для производства взрывов в крепких породах, сухих и обводненных условиях. К ним относятся Аммонит скальный № 3;

б) водоустойчивые ВВ средней мощности в патронах стандартных диаметров и россыпью, предназначены для производства взрывов в породах средней крепости, при сухих и обводненных условиях. К ним относятся Аммонит № 6ЖВ, Динафталит;

в) нитроглицериновые водоустойчивые мощные ВВ патронов стандартного и малых диаметров, предназначены для производства взрывов крепких пород при сухих и обводненных условиях. К ним относятся Дентониты М и 10А.

4 группа – водонаполненные пластинчатые ВВ, предназначены для производства взрывов в крепких горных породах, сухих и обводненных условиях. К ним относятся Акваниты ЗЛ, № 16, АРЗ, Акванал № 1.

**III класс - предохранительные** промышленные ВВ, используются для ведения взрывных работ по породе в забоях, подземных условиях, шахтах, опасных по газу и пыли, а также специального назначения. III класс подразделяется на следующие группы:

1 группа – водоустойчивые промышленные ВВ, используются для производства взрывов чистопородных забоев в подземных условиях. К ним относятся: Аммонит АП-5ЖВ, Победит ВП-4;

2 группа – промышленные ВВ, используются для производства взрывов в серных шахтах подземных условиях. К ним относятся Серный аммонит № 1ЖВ;

3 группа – промышленные ВВ, используются для производства взрывов в подземных условиях, шахтах, опасных по тяжелым углеводородам. К ним относится - Нефтяной аммонит №3ЖВ.

**IV класс - предохранительные** промышленные ВВ, используются для ведения взрывных работ в подземных условиях: по углю и породе или горючим сланцем, опасных по взрыву угольной или сланцевой пыли при отсутствии метана; или углю и породе в забоях, проводимых по угольному пласту, в которых имеются выделения метана, кроме забоев, отнесенных к особо опасным по метану при взрывных работах, или для сотрясательного взрывания в забоях подземных выработок. К ним относятся: Аммонит ПЖВ-20, Аммонит Т-19.

**V класс - предохранительные** промышленные ВВ, используются для ведения взрывных работ в подземных условиях по углю и по породе, в особо опасных местах по метану, по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метановоздушной смесью, находящийся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива. К ним относятся Нитроглицериновые ВВ (Углинит Э-6, угленит № 5) и ВВ в растворах, наполненных полиэтиленовых оболочках (Патроны ПВП-1-У, ПВП-1-А).

**VI класс - предохранительные** промышленные ВВ, используются для ведения взрывных работ в подземных условиях: по углю и породе в особо опасных местах по метану, в забоях подземных выработок, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метановоздушной смесью, находящийся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива, либо в выработке: или в угольных и смешанных забоях восстающих выработок с углом более  $10^\circ$ , в которых выделяется метан, при длине выработок более 20 м и проведении без предварительно пробуренных скважин, обеспечивающих проветривание за счет общешахтной депрессии. К ним относятся ВВ в растворонаполненных полиэтиленовых оболочках (патроны СП-1)

**VII класс - предохранительные** промышленные ВВ IV-VII классов для ведения специальных взрывных работ в подземных условиях, в которых можно образование взрывообразной концентрации метана и угольной пыли.

**VIII класс - неприохранительные и предохранительные** промышленные ВВ, предназначенные для специальных взрывных работ, кроме забоев подземных выработок, в которых можно образование взрывоопасной концентрации метана и угольной пыли.

### 4.3. Основные требования, предъявляемые к промышленным ВВ

Основными требованиями, предъявляемыми к промышленным ВВ, являются:

1. Уменьшение применения ВВ с отрицательным кислородным балансом;
2. Взрывчатые вещества должны обладать хорошей сыпучестью, минимальной слеживаемостью при хранении, минимальным пылением при пересыпке, и мало

чувствительными к механическим воздействиям, что позволит применение механизации взрывных работ и увеличит производительность труда;

3. Основная масса промышленных ВВ может иметь относительно невысокую теплоту взрыва до 4000 кДж/кг, которая обеспечивает в большинстве случаев дробление породы при относительно невысокой стоимости самих ВВ (>250мм);

4. Значительная часть, равной 50% россыпных промышленных ВВ должны быть водоустойчивыми и иметь плотность 1 г/м<sup>3</sup> и более, чтобы при зарядании обводненных скважин ВВ хорошо тонуло в воде, смесь промышленных ВВ, которых в обводненных условиях устойчиво детонирует;

5. Применение на крупных карьерах водосодержащих ВВ местного приготовления с плотностью 1,3-1,5 г/м<sup>3</sup>;

6. На карьерах небольшой производственной мощности с потреблением промышленных ВВ, равной 100-1000 т/год, проще применять промышленные ВВ, только заводского изготовления.

### **Резюме**

В горном деле применяют большое число разных видов промышленных ВВ. Для правильной сравнительной оценки, при выборе и использовании промышленных ВВ, их делят на отдельные группы по общим признакам, основными из которых являются: условия применения, характер действия, физическое состояние, химический состав и свойства.

ВВ, которые служат для изготовления средств инициирования капсюлей-детонаторов, ЭД и детонирующего шнура (ДШ), обычно выделяют в самостоятельную группу – инициирующего ВВ.

Непредохранительные ВВ, содержащие аммиачно-селитренные, тротиловые и металлические добавки, применяют для ведения взрывных работ в открытых и подземных горных работах, кроме шахт опасных по газу и пыли.

Предохранительные ВВ, содержащие пламегасящие добавки или упакованные в предохранительные оболочки, применяют для ведения взрывных работ в подземных условиях в шахтах, опасных по газу и пыли.

### ***Вопросы для повторения.***

1. Назовите классификацию промышленных ВВ по их характеру воздействия на окружающую среду.
2. Назовите классификацию промышленных ВВ по их физическому состоянию.
3. Назовите классификацию промышленных ВВ по их химическому составу.
4. Назовите классификацию промышленных ВВ по условиям их хранения и опасности перевозки.
5. Назовите классификацию промышленных ВВ по условиям их применения.
6. Назовите виды и область применения ВВ, относящихся к I классу по условиям применения промышленных ВВ.

7. Назовите виды и область применения ВВ, относящихся ко II классу по условиям применения промышленных ВВ.
8. Назовите основные требования, предъявляемые к промышленным ВВ.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Совершенствование технологий приготовления простейшего смесового ВВ, при подготовке горной массы к выемке на открытых горных работах.
2. Изучение приготовления промышленных ВВ на основе аммиачной селитры, выпускаемой на ОАО «Навоиазот» и на карьере «Мурунтау».
3. Изучение энергетических показателей и основных химических свойств нитроглицериновых промышленных ВВ.
4. Изучение энергетических показателей и основных химических свойств предохранительных промышленных ВВ, применяемых на подземных горных работах в шахтах, опасных по газу и пыли.

## *ЛЕКЦИЯ 5*

# **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

### **План лекции**

- 5.1. Цель работы и основные задачи.
- 5.2. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения Гранулотола, Алюматолола, Грамманиты 50/50В и 30/70В.
- 5.3. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения водонаполненных ВВ: Акватола 65/35 С, М-15, АВ, АВМ-МГ; Ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80; Карбатолы Т-15, ГЛ-10 В.
- 5.4. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения эмульсионных ВВ: Нобелит 20/30, Гранэммит 30/70, Гранэммит 50/50, Порэммит.
- 5.5. Изучение основных характеристик и область применения кумулятивных наружных зарядов, для вторичного дробления негабарита.
- 5.6. Изучение основных характеристик и область применения промежуточных детонаторов, для инициирования малочувствительных ВВ.

## 5.1. Цель работы

**Целью работы** является изучение составов, основных энергетических показателей и область применения промышленных ВВ, применяемых на открытых горных работах.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение состава основных энергетических показателей и область применения Гранулотол, Алюмотол, Грамманиты 50/50 В и 30/70 В;
- изучение состава, основных энергетических показателей и область применения водонаполненных ВВ: Акватолы 65/35 С, М-15, АВ, АВМ-МГ; Ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80; Карбатолы Т-15, ГЛ-10 В;
- изучение состава, основных энергетических показателей и область применения эмульсионных ВВ: Нобелит 20/30, Гранэммит 30/70, Гранэммит 50/50, Порэммит;
- изучение основных характеристик и область применения кумулятивных наружных зарядов для вторичного дробления негабарита;
- изучение основных характеристик и область применения промежуточных детонаторов для инициирования малочувствительных ВВ.

Промышленные ВВ для открытых горных работ подразделяются на четыре группы, отличительная полоса которых является белого цвета.

## 5.2. 1 группа - водоустойчивые гранулированные ВВ

К водоустойчивым ВВ относятся гранулотол, алюмотол, граммонит 50/50 и граммонит 30/70, которые применяются в крепких и весьма крепких горных породах, а также в обводненных условиях при производстве взрывов.

Гранулотол - это высокомогущное промышленное ВВ, состоящее из гранулированного тротила размерами гранул 3-5 мм., плотностью 1,35-1,40 г/см<sup>3</sup>.

Алюмотол представляет собой смесь гранулированного тротила с 15% алюминиевого порошка, благодаря которому, алюмотол имеет большую работоспособность (440 см<sup>3</sup>), чем гранулотол (290 см<sup>3</sup>). Благодаря крупному размеру, гладкой поверхности и относительно высокой плотности, гранулотол и алюмотол хорошо тонут в воде, а также более плотных жидкостях и шламах. Они имеют практически неограниченную водоустойчивость, заряды ВВ, которых могут долгое время находиться в воде, в том числе и проточной, без потери или снижении взрывчатых характеристик. Они пригодны для подводного взрывания на больших глубинах.

Грамманиты 50/50 В и 30/70 В, предназначены для взрывания пород средней крепости и крепких в обводненных условиях. Они представляют собой сыпучие гранулированные аммиачно-селитренные ВВ, гранулы селитры в них покрыты сплошным защитным слоем застывшего расплавленного тротила, благодаря чему эти ВВ менее гигроскопичны и водоустойчивы. Граммонит 30/70 В более устойчив, чем граммонит 50/50В, и может применяться в забоях, сильно

обводненных непроточной воде. Его заряды выдерживают пребывание в воде скважины свыше трех суток. Граммонит 50/50В пригоден для обводненных скважин с непроточной водой, нахождение зарядов в которых ограничивается одними сутками.

Основные характеристики водоустойчивых ВВ приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1.

### Основные характеристики водоустойчивых ВВ

Характеристики	Гранулотол	Алюмотол	Граммониты	
			50/50-В	30/70-В
Кислородный баланс, %	-74	-76,25	-27,15	-45,9
Объем газов, л/кг	750**	875	810	800
Температура взрыва, °С	3400	4510	3000	3150
Полная идеальная работа взрыва, ккал/кг	710	1020	-	-
Химический состав:				
Тротил, %	100	85	50	70
Алюминиевая пудра, %	-	15	-	-
Аммиачная селитра, %	-	-	50	30
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,95-1,0	0,95-1,0	0,85-0,90	0,85-0,90
Теплота взрыва, ккал/кг	810-995	1340	980	990
Работоспособность, см <sup>3</sup>	285-295	420-440	340-350	330-340
Бризантность, мм:				
в сухом состоянии	24-26	28-30	23-25	24-27
Скорость детонации, км/с.				
в сухом состоянии	4,5-5,0	4,3-4,8	3,6-4,2	3,8-4,5
Критический диаметр, мм:				
в сухом состоянии	60-80	70-80	40-50	40-60
Минимальная масса промежуточного детонатора, г.	30-50	25-30	30	30

### 5.3. 2 группа - водонаполненные ВВ

Отличительной особенностью водонаполненных ВВ, является наличие воды в их составе (6-15%) в виде концентрированного раствора аммиачной селитры, который превращает смесь в высокоплотную суспензию, сравнительно безопасную в применении.

К водонаполненным ВВ относятся: акватола, ифзаниты и карбатолы. Акватола марок 65/35 С и М-15 (металлизированный) предназначены для взрывания крепких и весьма крепких горных пород, а также в обводненных условиях. Они выпускаются в виде безводных сыпучих смесей для заполнения их на месте применения, а также гелеобразные готовые к употреблению акватола марок АВ, АВМ и МГ. Два последних акватола являются металлизированными.

Гелеобразные акватола АВ, МГ, АВМ, представляющие собой высоковязкие суспензии, для дальних транспортировок потребителям, расфасовывают массой по  $17 \pm 0,25$  кг в полиэтиленовые оболочки, диаметром 180-190 мм с толщиной стенок 150 мкм, длина патрона 430-485 мм. По два таких

патрона, при поставке с гарантийным сроком хранения 6 месяцев, упаковывают в картонные ящики или многослойные бумажные мешки с полиэтиленовым вкладышем.

Основные характеристики водонаполненных ВВ приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

### Основные характеристики водонаполненных ВВ

Характеристики	Акватол 65/35	Акватол М-15	Акватол АВ
Кислородный баланс, %	-12,5	-21,0	-25
Объем газов, л/кг	925	990	-
Полная идеальная работа взрыва, ккал/кг	775	1120	-
Химический состав, %			
Аммиачная селитра	53,5-63,7	50-60,8	50-55
Тротил	22-29	16,3-21,2	26-30
Порошок алюминиевый	-	9,8-12,8	-
Загуститель	2-2,5	0,8-1,0	1,5-2,5
Антифриз	-	-	2-6
Вода	12,5-15	12,3-15	12-16
Масло минеральное	-	0,7-1,0	-
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,85-0,9	0,9-0,95	0,9-0,95
Работоспособность, см <sup>3</sup>	330-360	465-480	330-350
Теплота взрыва, ккал/кг	910	1398	-
Бризантность, мм:	20-23	21-23	25-30
Скорость детонации, км/с.	3,2-3,5	3,0-3,5	3,0-3,5
Критический диаметр заряда, мм:			
в сухом состоянии	50-70	60-70	-
Минимальная масса промежуточного детонатора, г.	15-20	20-25	20-25

### Водонаполненные ВВ, изготавливаемые потребителями на месте применения

Водонаполненным ВВ относятся: ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80, карбатылы Т-15, ГЛ-10В, которые относятся высокомоощным ВВ с повышенной объемной энергией, и, предназначенной, для производства взрывов в крепких и весьма крепких горных породах, а также в сухих и обводненных условиях диаметром 100 мм и более. Они способны полностью заполнять зарядную полость и обеспечивать высокие концентрации энергии взрыва в заряде.

Ифзаниты группы растворонаполненных ВВ, представляют собой плотные суспензии, твердой фазой у которых, является супесь гранулированной аммиачной селитры с гранулированным или чешуйчатым тротилом, а жидкий насыщенный раствор этой же селитры, полностью заполняющий пространства между гранулами в заряде ВВ.

Ифзанит изготавливают путем смешивания горячего раствора аммиачной селитры с сухими компонентами в передвижных смесительно-зарядных агрегатах. Раствор изготавливается в специальной установке, смещение с гранулотолом

выполняется в зарядной машине, которая по шлангу подаёт взрывчатую смесь на дно скважины. Охлаждаясь в скважине, взрывчатая смесь затвердевает, приобретая следующие параметры: Содержание раствора не менее 40%, соотношения компонентов: аммиачной селитры 60-70%, тротила 20-25 %; воды 6-10%; температура готовой смеси – не менее 55-65 °С; плотность смеси – 1,6 г/см<sup>3</sup>.

Основные характеристики ифзанитов приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3.

### Основные характеристики ифзанитов

Характеристики	T-20	T-60	T-80
Технический состав по весу, %			
Аммиачная селитра	40	40	40
Тротил	20	20	20
Раствор аммиачной селитры (загуститель и структураобразователь)	40	40	40
Концентрация раствора, %	64	80	86
Температура раствора, °С	20	60	80
Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	1,3	1,4	1,4
Химический состав, %			
Аммиачная селитра	66	72	74
Тротил	20	20	20
Вода	14	8	6
Кислородный баланс, %	-1,6	-0,4	-0
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,34-1,38	1,48-1,52	1,52-1,56
Теплота взрыва, ккал/кг	794	905	930
Полная идеальная работа взрыва, ккал/кг	675	760	780
Объем газов, л/кг	937	920	913
Скорость детонации, км/с.	4,2-4,5	4,5-5,0	4,5-5,0
Критический диаметр, мм.	100-120	100-110	90-100
Минимальная масса промежуточного детонатора, г.	40-60	30-50	30-50

### Эмульсионные ВВ

Одним из перспективных видов эмульсионных ВВ являются: Эмуланы (Швеция, Югаславия), Гранэмиты (Россия), Нобеланы и Нобелиты (Германия), Эмулиты (Узбекистан) и др., представляющие собой смесь состава аммиачной селитры и дизельного топлива с эмульсией, предназначенной для взрывания крепких и весьма крепких горных пород, а также в обводненных условиях. В настоящее время, горной промышленностью Республики Узбекистан, выпускаются следующие эмульсионные ВВ: Нобелит 20/30, Гранэмиты 30/70 и 50/50, которые весьма успешно используются для производства взрывных работ в крепких горных породах, а также сложных гидрогеологических условиях.

Основные характеристики эмульсионных ВВ, выпускающие горной промышленностью Республики Узбекистан приведены в табл. 5.4.

### Основные характеристики эмульсионных ВВ

Характеристики	Нобелит 20/30	Гранэмнты	
		30/70	50/50
Кислородный баланс, %	-2,1	-1,1	-0,3
Химический состав, %			
Аммиачная селитра	30	30	50
Дизельное топливо	70	70	50
Теплота взрыва, ккал/кг	693	763	779
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,28	1,30	1,40
Скорость детонации, км/с.	4,5	4,8-5,2	4,2-5,0

### 3 группа - кумулятивные наружные заряды для вторичного взрывания негабарита

К кумулятивным зарядам относятся: ЗКП (заряд кумулятивный поверхностный) и ЗКН (заряд кумулятивный наружный), которые применяются для вторичного дробления негабаритных кусков горных пород на открытых горных работах.

Основные технические характеристики кумулятивных зарядов приведены в табл. 5.5.

### Основные характеристики кумулятивных наружных зарядов

Показатели	Марка кумулятивного заряда										
	ЭКП-200	ЭКП-400	ЭКП-1000	ЭКП-2000	ЭКП-4000	ЭКН-180	ЭКН-260	ЭКН-500	ЭКН-1000	ЭКН-2000	ЭКН-4000
Общая масса ВВ, г	245	475	1275	2179	4000	180	260	500	1000	2000	4000
Основные размеры, мм:											
длина	100	125	175	200	250	90	100	130	150	190	230
высота	41	57	72	82	105	35	40	50	75	90	115
Предельная толщина дробимого куска, м	1,2	2,0	1,4	2,2	2,8	-	-	-	-	-	-
Объем куска, м <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	0,75	0,9	1,6	2,0	3,1	7,0

### 5.4. 4- группа промежуточные детонаторы для инициирования малочувствительных ВВ

К промежуточным детонаторам относятся: тротиловые шашки Т-400, Ш-400, ТГ-500, Тет-150, ПТ-150, ПТ-300, которые используются для надежного инициирования детонации зарядов малочувствительных ВВ.

Тротиловые шашки рекомендуются для инициирования сухих и влажных скважинных и камерных зарядов игданита, гранулитов, граммонитов и других ВВ. Шашки с большей инициирующей способностью (ТГ-500, Тет-150, ПТ-150, ПТ-300) предназначены для инициирования обводненных зарядов гранулотола, алюмотола, граммонитов и водонаполненных акватолов.

Основные технические характеристики промежуточных детонаторов для инициирования малочувствительных ВВ приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6.

**Основные характеристики промежуточных детонаторов  
для инициирования малочувствительных ВВ**

Показатели	Т-400 (тротил)	Т-400 (тротил)	ТГ-50 (тротил, гексоген)	Тет-150 (тетрил)	ПТ-150 (пентолит)	ПТ-300 (пентолит)
Масса шашки, г	400±20		500±30	150±7		300±7
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,5-1,59		1,58-1,64	1,53-1,62	1,58-1,64	1,64-1,68
Удельная энергия, ккал/кг	1030	1028	1200	1090	1280	-
Скорость детонации, км/с	6,4-7	6,2-6,8	7,2-7,8	7,0-7,5	7,8-8,2	
Давление детонационной волны, кгс/см <sup>2</sup> *10 <sup>3</sup>	159-199	143-189	209-225	192-231	230-243	220-240
Номинальный размер шашки, мм:						
диаметр	70	51	70	50	50	60
высота	70	101	83	50	50	65
Диаметр отверстия, мм	14,5±0,5	7,8±8,2*	14,5-0,5	6-6,1	6-6,1	6-6,1

### Резюме

К водостойчивым ВВ относятся гранулотол, алюмотол, граммонит 50/50 и граммонит 30/70, которые применяются в крепких и весьма крепких горных породах, а также в обводненных условиях при производстве взрывов. Отличительной полосой, вышеперечисленных ВВ, является белый цвет.

Отличительной особенностью водонаполненных ВВ является наличие воды в их составе (6-15%) в виде концентрированного раствора аммиачной селитры, который превращает смесь в высокоплотную суспензию, сравнительно безопасную в применении. К водонаполненным ВВ относятся: акватолы, ифзаниты и карбатолы. Акватолы марок 65/35 С и М-15 (металлизированный) предназначены для взрывания крепких и весьма крепких горных пород, а также в обводненных условиях.

В настоящее время, горной промышленностью Республики Узбекистан, выпускаются следующие эмульсионные ВВ: Нобелит 20/30, Гранэмиты 30/70 и 50/50, которые весьма успешно используются для производства взрывных работ крепких и весьма крепких горных пород, а также сложных гидрогеологических условиях.

К кумулятивным зарядам относятся: ЗКП (заряд кумулятивный поверхностный) и ЗКН (заряд кумулятивный наружный), которые применяются

для вторичного дробления негабаритных кусков горных пород на открытых горных работах.

К промежуточным детонаторам относятся: тротиловые шашки Т-400, Ш-400, ТГ-500, Тет-150, ПТ-150, ПТ-300, которые используются для надежного инициирования детонации зарядов малочувствительных ВВ.

### ***Вопросы для повторения***

1. Назовите цвет отличительной полосы промышленных ВВ, применяемых для открытых горных работах.

2. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Гранулотола, Алюмотола.

3. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Грамманиты 50/50 В и 30/70 В.

4. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Акватолы 65/35 С М-15, АВ, АВМ-МГ.

5. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80.

6. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Карбатолы Т-15, ГЛ-10 В.

7. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения эмульсионных ВВ Нобелит 20/30, Гранэмит 30/70.

8. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения эмульсионных ВВ Гранэмит 50/50, Порэмит.

9. Назовите основные характеристики и область применения кумулятивных наружных зарядов для вторичного дробления негабарита.

10. Назовите основные характеристики и область применения промежуточных детонаторов для инициирования малочувствительных ВВ.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Опыт и перспективы применения на карьерах Навоийского горно-металлургического комбината метода взрывания простейшими и эмульсионными взрывчатыми составами собственного изготовления.

2. Разработка эффективных параметров взрывных работ при взрывании высоких уступов на карьере Мурунтау с применением эмульсионных ВВ.

3. Опыт применения метода взрывания с применением Гранулотола на карьерах АО «Гранит» ГАЖДК «Ўзбекистон темир йўллари».

4. Опыт применения метода взрывания с применением Алюмотола на объектах СПМК-5 ГО «Средазспецстрой».

5. Опыт применения метода взрывания с применением Грамманитов 50/50 и 30/70 на объектах СПМК-5 ГО «Средазспецстрой».

6. Изучение методов заряжания обводненных скважин промышленными ВВ типа ифзанит.

## **ЛЕКЦИЯ 6**

# **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ, КРОМЕ ШАХТ ОПАСНЫХ ПО ГАЗУ И ПЫЛИ**

### **План лекции**

- 6.1. Цель работы и основные задачи.
- 6.2. Изучение состава основных энергетических показателей и область применения гранулированных водоустойчивых ВВ Граммонит 79/21 В, Грануллиты АС-4 В и АС-8 В.
- 6.3. Изучение состава основных энергетических показателей и область применения гранулированных неводоустойчивых ВВ Грамманиты 79/21 и 82/18; Грануллиты АС-4, АС-8, С-2, М; Игданит.
- 6.4. Изучение состава основных энергетических показателей и область применения прессованных высокомошных водоустойчивых ВВ в патронах Аммонит скальный № 1.
- 6.5. Изучение состава основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водоустойчивых ВВ повышенной мощности в патронах Аммонит скальный № 3 и Аммонал.
- 6.6. Изучение состава основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водоустойчивых ВВ средней мощности в патронах и россыпью Аммонит № 6ЖВ и Динафталит.
- 6.7. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных высокомошных нитроглицериновых ВВ в патронах Детонит М и 10-А.
- 6.8. Изучение основных характеристик и область применения водонаполненных пластичных ВВ Акваниты 3Л, №16, АРЗ; Акванал №1.

## 6.1. Цель работы

**Цель работы** - изучение составов, основных энергетических показателей и область применения промышленных ВВ, применяемых на открытых и подземных горных работах кроме шахт, опасных по газу и пыли.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение состава, основных энергетических показателей и область применения гранулированных водоустойчивых ВВ: Граммонит 79/21 В, Грануллиты АС-4 В и АС-8 В;
- изучение состава, основных энергетических показателей и область применения гранулированных неводоустойчивых ВВ: Грамманиты 79/21 и 82/18; Гранулиты АС-4, АС-8, С-2, М; Игданит;
- изучение состава основных энергетических показателей и область применения прессованных высокомошных водоустойчивых ВВ в патронах: Аммонит скальный № 1;
- изучение состава основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водоустойчивых ВВ повышенной мощности в патронах: Аммонит скальный № 3 и Аммонал;
- изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водоустойчивых ВВ средней мощности в патронах и россыпью: Аммонит № 6ЖВ и Динафталит;
- изучение состава основных энергетических показателей и область применения порошкообразных высокомошных нетроглицириновых ВВ в патронах: Детонит М и 10-А;
- изучение основных характеристик и область применения водонаполненных пластичных ВВ: Акваниты ЗЛ, №16, АРЗ; Акванал №1.

Промышленные ВВ для открытых и подземных горных работах, кроме шахт, опасных по газу и пыли, подразделяются на четыре группы, отличительная полоса которых является красного цвета.

Гранулированные ВВ подразделяется на две подгруппы:

- а) гранулированные водоустойчивые ВВ;
- б) гранулированные неводоустойчивые ВВ

## 6.2. Изучение состава основных энергетических показателей и область применения гранулированных водоустойчивых ВВ

### Граммонит 79/21 В, Грануллиты АС-4 В и АС-8 В

Основные энергетические показатели в области применения гранулированных водоустойчивых ВВ предназначены для взрывания горных пород средней крепости и крепких в обводненных условиях. К ним относятся: Грамманиты 79/21 В и 82/18 В; Гранулиты АС-4В и АС-8 В.

Основные характеристики гранулированных водоустойчивых ВВ, приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1.

**Основные характеристики гранулированных водоустойчивых ВВ**

Показатели	Граммониты		Гранулиты	
	82/18 В	79/21 В	АС-4В	АС-8В
Кислородный баланс, %	-0,24	+0,02	+0,35	-3,3
Теплота взрыва, ккал/кг	1285	1030	1080	1250
Объем газов, л/кг	860	895	907	850
Полная идеальная работа взрыва, ккал/кг	1060	850	870	954
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,85-0,9	0,85-0,9	0,8-0,85	0,8-0,85
Работоспособность, – см <sup>3</sup>	420-440	360-380	390-410	400-420
Бризантность, мм в стальном кольце	26-30	22-26	22-24	22-26
Скорость детонации, км/с.	3,8-4,0	3,8-4,2	2,8-3,5	3,0-3,6
Критический диаметр, мм. в стальной оболочке	13-15	10-15	15-20	20-25
Минимальная масса промежуточного детонатора, г.	5-10	5-10	5-10	5-10

### 6.3. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения гранулированные неводоустойчивые ВВ Граммониты 79/21 и 82/18; Гранулиты АС-4, АС-8, С-2, М; Игданит.

Основные энергетические показатели в области применения гранулированных неводоустойчивых ВВ предназначены для взрывания горных пород средней крепости и крепких в сухих и влажных условиях. К ним относятся: Граммониты 79/21 и 82/18; Гранулиты АС-4, АС-8, С-2 и Игданиты; Эмульсионные ВВ: Нобелан 20/70, Гранэммит 70/30; Эмулиты 80/20, 75/25; МАНФО-4.

Основные характеристики гранулированных и эмульсионных неводоустойчивых ВВ, приведены в табл. 6.2. и 6.3.

Таблица 6.2.

**Основные характеристики гранулированных неводоустойчивых ВВ**

Показатели	Граммонит 79/21-В	Гранулиты				Игданит
		АС-8	АС-4	С-2	М	
Кислородный баланс, %	0,02	0,34	0,41	0,06	0,14	0,12
Теплота взрыва, ккал/кг	1030	1248	1080	917	920	920
Объем газов, л/кг	895	847	907	935	980	980
Полная идеальная работа взрыва, ккал/кг	850	955	870	755	755	755
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,8-0,85	0,85-0,9	0,85-0,9	0,8-0,85	0,8-0,82	0,8-0,9
Работоспособность, см <sup>3</sup>	360-370	410-430	390-410	320-330	320-330	320-330
Бризантность заряда, мм в стальном кольце	20-25	22-28	22-26	15-22	18-22	15-20
Скорость детонации, км/с	3,2-4,0	0,3-3,6	2,6-3,5	2,4-3,0	2,5-3,6	2,2-2,8
Критический диаметр, мм: в стальной оболочке	15-20	18-25	20-25	25-30	15-20	25-30
Минимальная масса промежуточного детонатора, г.	2-3	5-10	5-10	20-30	10-15	20-30

Таблица 6.3.

**Основные энергетические показатели эмульсионных неводоустойчивых ВВ**

Показатели	Нобелан 20-70	Гранэми т 30/70	Эмультивы		МАНФО-4
			80/20	75/25	
Состав, %					
Аммиачная селитра	70	70	80	75	92
Дизельная топливо	30	30	20	25	4
Алюминиевая пудра	-	-	-	-	4
Теплота взрыва, ккал/кг	836	844	701	904	1060
Плотность заряжания, г/см <sup>3</sup>	1,2	1,15	1,23	1,26	0,92
Скорость детонации, км/с.	4,0	3,5-4,2	4,3	4,7	3,9
Кислородный баланс, %	-1,7	-1,4	-3,9	-4,5	-0,92

#### 6.4. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения прессованных высокомоощных водоустойчивых ВВ в патронах Аммонит скальный № 1;

К прессованным высокомоощным водоустойчивым ВВ относится Аммонит скальный № 1, который выпускается в патронах и рекомендован для производства взрывов для скальных горных пород в сухих и обводненных условиях.

Основные характеристики прессованных высокомоощных водоустойчивых ВВ, приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4.

Показатели	Аммонит скальный № 1	Аммонит скальный № 3
Кислородный баланс, %	-0,79	-0,78
Теплота взрыва, ккал/кг	1292	1360
Объем газов, л/кг	830	810
Температура взрыва, °С	3520	3640
Полная идеальная работа взрыва, ккал/кг	1055	1060
Работоспособность, см <sup>3</sup>	450-480	450-470
Бризантность, мм	18,5-22,5	18-20
Передачи детонации, с. между патронами диаметром:		
24 мм	4-6	3-5
28 мм	6-10	6-9
32 мм	10-14	8-12
36 мм	15-18	10-14
Скорость детонации, км/с	4,8-5,3	4,0-4,5
Критический диаметр детонации, мм	5-6	8-10

## 6.5. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водостойчивых ВВ повышенной мощности в патронах Аммонит скальный № 3 и Аммонал.

К ним относятся Аммонал, Аммонал скальный № 3, которые заводом-изготовителем выпускаются в патронах и предназначены для производства взрывов в крепких горных породах в сухих и обводненных условиях.

Основные характеристики порошкообразных водостойчивых ВВ повышенной мощности, приведены в табл. 6.4.

## 6.6. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водостойчивых ВВ средней мощности в патронах и россыпью Аммонит № 6ЖВ и Динафталит.

К ним относятся Аммонит № 6ЖВ и Динафталит, которые заводом-изготовителем выпускаются в патронах и россыпью, они предназначены для производства взрывов в породах средней крепости в сухих и обводненных условиях.

Основные характеристики порошкообразных водостойчивых ВВ средней мощности, приведены в табл. 6.5

Таблица 6.5.

Характеристики	Аммонит № 6ЖВ	Динафталит	Аммонал водостойчивый
Кислородный баланс, %	-0,53	+0,3	+0,18
Теплота взрыва, ккал/кг	1030	945	1180
Объем газов, л/кг	895	920	845
Температура взрыва, °С	2960	2780	3210
Полная идеальная работа взрыва, ккал/кг	850	790	940
Насыпная плотность с утряской, г/см <sup>3</sup>	0,85-0,9	0,9-0,95	0,9-0,95
Работоспособность, см <sup>3</sup>	360-380	320-350	410-430
Бризантность, мм	15-18	15-16	16,4-19,5
Передача детонации (см) между патронами диаметром, мм:			
32	6-9(3-6)*	4-7 (2-5)	5-8 (4-5)
36	8-12 (5-10)	4-9 (3-6)	8-12 (8-12)
Водостойчивость по гидроприбору, см вод.ст.	50-80	50-90	40-70
Скорость детонации, км/с	3,6-4,8	3,5-4,6	4,0-4,5
Критический диаметр детонации мм:			
открытого заряда	10-13	13-14	12-14
в прочной оболочке	4-6	5-6	-
Критическая плотность, г/см <sup>3</sup>	1,45-1,55	1,35-1,45	-
Чувствительность:			
к удару	16-32	12-24	24-36
к трению, кгс/см <sup>2</sup>	2335	3000	2400
Нижний предел чувствительности к удару, мм	220	400	200

### 6.7. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных высокомоощных нитроглицириовых ВВ в патронах Детонит М и 10-А;

К ним относятся Детонит М и Детонит 10-А, которые заводом-изготовителем выпускаются в патронах стандартного и малых диаметров, они предназначены для производства взрывов в крепких и весьма крепких горных породах в сухих и обводненных условиях.

Основные характеристики порошкообразных водоустойчивых нитроглицириновых мощных ВВ, приведены в табл. 6.6

Таблица 6.6.

#### Основные характеристики порошкообразных водоустойчивых нитроглицириновых мощных ВВ

Характеристики	Детонит 10 А	Детонит М
Кислородный баланс, %	+0,51	+0,18
Теплота взрыва, ккал/кг	1200	1382
Объем газов, л/кг	828	832
Температура взрыва, °С	3280	3400
Плотность патронов, г/см <sup>3</sup>	1,15-1,25	1,1-1,3
Работоспособность, см <sup>3</sup>	430-450	460-500
Бризантность, мм	17-20	18-22
Передача детонации (см) между патронами диаметром (мм)		
24	6-10	6-12
28	10-17	10-16
32	12-20	16-22
36	18-25	20-22
Скорость детонации (км/с)	6-8	8-10

### 6.8. Изучение основных характеристик и область применения водонаполненных пластичных ВВ Акваниты ЗЛ, №16, АРЗ; Акванал №1.

К водонаполненным пластичным ВВ относятся: Акваниты ЗЛ, № 16, АРЗ и Акванал № 1, которые рекомендованы для производства взрывов крепких горных пород в сухих и обводненных условиях.

Основные характеристики водонаполненных пластичных ВВ, приведены в табл. 6.7

Таблица 6.7.

**Основные характеристики водонаполненных пластичных ВВ**

Характеристики	Акванит ЗЛ	Акванит № 16	Акванит № 2	Акванал № 1
Кислородный баланс, %	-0,47	-7,5	-2,7	-2,0
Теплота взрыва, ккал/кг				
Весовая	935	1067	1095	-
объемная	1590	1410	1600	-
Объем газов, л/кг	680	-	-	-
Температура замерзания, °С	-15-20	-15	-	-15
Плотность ВВ в патроне, г/см <sup>3</sup>	1,45-1,5	1,3-1,35	1,45-1,5	1,3-1,35
Работоспособность, см <sup>3</sup>	335-385	310-350	380-410	400-410
Бризантность при плотности 1,5 г/см <sup>3</sup> , мм	18-20	18-19	20-22	15-19
Скорость детонации, км/с	4,5-5,5	4,7-5,4	5,5-6,3	4,7-5
Критический диаметр, мм:				
открытого заряда	40-45	22-28	14-16	24-28
в прочной оболочке	22-25	20-22	-	18-20
Чувствительность:				
к удару, %	0	0	25-30	4-12
к трению, кгс/см <sup>2</sup>	>3000	>3000	>2200	>3000
Нижний предел чувствительности, мм	>500	-	-	-
Минимальный инициальный импульс	10-20 г тротила	КД № 8	КД №8	КД № 8

**Резюме**

К водоустойчивым ВВ, относятся Грамманиты 79/21 В и 82/18 В; Гранулиты АС-4В и АС-8 В, которые предназначены для взрывания горных пород средней крепости и крепких в обводненных условиях. Отличительной полосой, вышеперечисленных ВВ, является красный цвет.

К неводоустойчивым ВВ, относятся Грамманиты 79/21 и 82/18; Гранулиты АС-4, АС-8, С-2 и Игданиты; Эмульсионные ВВ: Нобелан 20/70, Гранэмит 70/30; Эмулиты 80/20, 75/25; МАНФО-4, которые предназначены для взрывания горных пород средней крепости и крепких в сухих и влажных условиях.

К прессованным высокомоощным водоустойчивым ВВ, относятся Аммонит скальный № 1, который выпускается в патронах и рекомендован для производства взрывов для скальных горных пород в сухих и обводненных условиях.

Аммонал, Аммонал скальный № 3, является порошкообразным водоустойчивым ВВ повышенной мощности, который заводом-изготовителем выпускаются в патронах и предназначены для производства взрывов в крепких горных породах в сухих и обводненных условиях.

Аммонит № 6ЖВ и Динафталит, являются порошкообразными водоустойчивыми ВВ средней мощности в патронах и россыпью, которые заводом-изготовителем выпускаются в патронах и россыпью, они предназначены для производства взрывов в породах средней крепости в сухих и обводненных условиях.

Детонит М и Детонит 10-А, являются порошкообразными водоустойчивыми нитроглицериновыми мощными ВВ, которые заводом-изготовителем выпускаются в патронах стандартных и малых диаметров, они предназначены для производства взрывов в крепких и весьма крепких горных породах в сухих и обводненных условиях.

Акваниты ЗЛ, № 16, АРЗ и Акванал № 1, являются водонаполненными пластичными ВВ, которые рекомендованы для производства взрывов в крепких горных породах, в сухих и обводненных условиях.

### ***Вопросы для повторения:***

1. Назовите цвет отличительной полосы промышленных ВВ, применяемых для открытых и подземных горных работ, кроме шахт, опасных по газу и пыли.

2. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Граммониты 79/21 В, 82/18 В и Гранулиты АС-4В, АС-8В.

3. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Граммониты 79/21, 82/18.

4. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Гранулиты АС-4, АС-8, С-2, М, Игданит.

5. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Амонит скальный № 1.

6. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Аммонал, Аммонал скальный № 3.

7. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Аммонит № 6ЖВ и Динафталит.

8. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Детонит М и Детонит 10А.

9. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Акванит ЗЛ, Акванит № 16 и Акванит АРЗ.

10. Назовите состав основных энергетических показателей и область применения Акванал № 1.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Опыт применения метода взрывания с применением Граммониты 79/21 В, 82/18 В и Гранулиты АС-4В, АС-8В на карьерах АО «Гранит» ГАЖДК «Ўзбекистон темир йўллари».

2. Опыт применения метода взрывания с применением Гранулиты АС-4, АС-8, С-2, М, Игданит на объектах СПМК-5 ГО «Средазспецстрой».

3. Опыт применения метода взрывания с применением Аммонит № 6ЖВ и Динафталит 50/50 и 30/70 на объектах СПМК-5 ГО «Средазспецстрой».

## ***ЛЕКЦИЯ 7***

# **ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЕТОНАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ**

### **План лекции**

- 7.1. Цель работы и основные задачи.
- 7.2. Понятие о физической сущности детонации промышленных ВВ.
- 7.3. Изучение методов измерения скорости детонационной волны.
- 7.4. Изучение факторов, влияющие на скорость детонации зарядов ВВ. Понятие о теплоте и температуре взрыва промышленных ВВ.
- 7.5. Изучение свойств ядовитых газов содержащихся в продуктах взрыва промышленных ВВ.
- 7.6. Определение объема и давления газов при взрыве промышленных ВВ.
- 7.7. Изучение кислородного баланса промышленных ВВ.

## 7.1. Цель работы

**Цель работы** изучение физической сущности и определения параметров детонации промышленных ВВ.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- понятие о физической сущности детонации промышленных ВВ;
- изучение методов измерения скорости детонационной волны;
- изучение факторов, влияющих на скорость детонации зарядов ВВ;
- понятие о теплоте и температуре взрыва промышленных ВВ;
- изучение свойств ядовитых газов содержащихся в продуктах взрыва промышленных ВВ;
- определение объема и давления газов при взрыве промышленных ВВ;
- изучение кислородного баланса промышленных ВВ.

## 7.2. Понятие о физической сущности детонации промышленных ВВ

Детонация, представляет собой самоподдерживающийся процесс перемещения по ВВ со сверхзвуковой скоростью ударного фронта (скачка давления), сопровождающийся химическим превращением веществ. Химическая реакция возникает в результате адиабатического сжатия и разогрева вещества в ударном фронте. Комплекс из ударного фронта и зоны химической реакции называется детонационной волной. Давление на ударном фронте имеет порядок от десятков атмосфер (газы) до сотен тысяч атмосфер (мощные бризантные ВВ). Установившаяся (стационарная) детонационная волна распространяется по ВВ с постоянной скоростью (1-10 км/с). Постоянство параметров детонационной волны объясняется тем, что потери энергии, связанные со сжатием и вовлечением в движение вещества, компенсируются теплом, выделяющимся в ударно-сжатом ВВ при его химическом превращении.

Первую математическую модель детонационной волны в газах, опирающуюся на теорию ударных волн, в виде гидродинамической теории детонации разработали одновременно несколько ученых – В.А.Михельсон в России, Д.Л.Чепмен в Англии, Е.Жуге во Франции. Эта модель не рассматривает кинетики химической реакции в детонационной волне, а представляет ударный фронт в ней формально в виде поверхности разрыва, отделяющей исходное вещество от продуктов его химического превращения. В подвижной системе координат, процесс представляется таким образом, что в ударный фронт втекает вещество в исходном состоянии, и вытекает из него в виде продуктов своего химического превращения. В этом случае, как и в теории ударных волн, но с учетом энерговыделения при детонации, основные соотношения между начальными и конечными параметрами состояния вещества, а также кинематическими параметрами детонации – скоростью детонации  $D$  и массовой

скоростью движения продуктов превращения за фронтам  $u$  находится из законов сохранения массы, количество импульса и энергии в волне.

Развитие этой теории получило в работах Я.Б.Зельдовича, Д.Неймана, В.Дёринга, независимо предложивших модель детонационной волны, учитывающую физическую зону превращения исходного ВВ в конечные продукты. Основные представления об этой модели дают рис. 7.1. и 7.2.

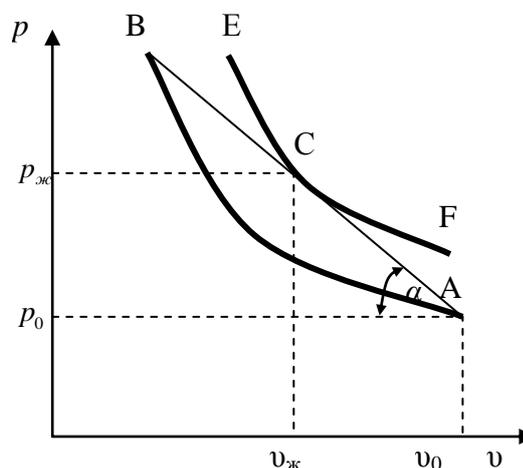
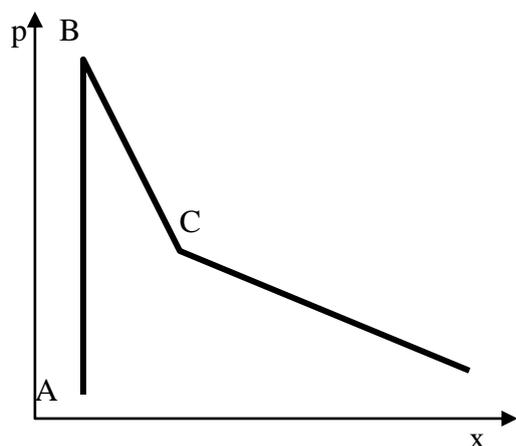


Рис.7.1. Профиль детонационной модели

Рис. 7.2. p-v-диаграмма детонационной волны

Согласно данной модели, исходное вещество с начальными параметрами  $p_0 v_0$  на точке А, которая приведена на рис. 7.2., сжимается в ударном фронте до состояния отвечающего точке В. В этом состоянии в результате адиабатического сжатия и разогрева, в веществе возникает экзотермическая реакция взрывчатого превращения, заканчивающаяся в точке С, называемой точкой Жуге или Чепмена – Жуге и лежащей на адиабате продуктов детонации. Процесс превращения сопровождается расширением нагретых газообразных продуктов детонации, поэтому давления продуктов детонации в точке Жуге –  $p_{ж}$  примерно в два раза ниже, чем в точке В. За точкой Жуге происходит дальнейший спад давления в продукты детонации вследствие их расширения. Прямую АВ, являющуюся касательной к адиабате Гюгонио в точке Жуге, называют прямой Михельсона.

На рис. 7.1 адиабатическому сжатию вещества отвечает прямая АВ с очень малым наклоном относительно оси абсцисс, что свидетельствуют о крайне малом времени сжатия и малой толщине сжатого слоя. Зоне химика отвечает участок ВС на кривой спада давления, точка излома С отвечает точке Жуге, участок за этой точкой характеризует спад давления в расширяющийся продукты детонации.

Зона сжатия ВВ в ударной волне очень мала, которая составляет до 0,1 мкм, зона химических реакций зависит от физических и химических свойств ВВ и имеет протяженность для азида свинца и тротила, соответственно 0,5 мм и 10 мм. Продолжительность химической реакции в детонационной волне составляет 0,1÷1,0 мкс.

Параметры детонационной волны – давление, объем, температура в точке, скорость детонации и скорость распространения продуктов взрыва за фронтом детонации – рассчитывают путем решения системы уравнений, основных законов сохранения массы, количества движения, энергии состояния продуктов детонации и так называемого правила отбора скорости детонации Чепмена – Жуге, согласно которому в точке Жуге скорость детонации определяют по формуле:

$$v_d = \omega + c$$

где,  $\omega$  – скорость движения продуктов взрыва, м/с;

$c$  – скорость звука в продуктах взрыва, м/с.

Давление в плоскости Чепмена-Жуге рассчитывают с учетом основных законов сохранения и приведенных выше уравнений:

$$p_{жс} = \frac{\rho_0 v_d^2}{n+1} \approx \frac{\rho_0 v_d^2}{4}$$

где,  $\rho_0$  – начальная плотность ВВ, кг/м<sup>3</sup>;

$v_d$  – скорость детонации, м/с;

$n$  – показатель политропы, равный 3 для ВВ плотностью 1-1,2 г/см<sup>3</sup>.

Плотность продуктов детонации определяют по формуле:

$$\rho = \frac{4}{3} \rho_0$$

Скорость движения продукта взрыва за плоскостью Чепмена-Жуге определяют по формуле:

$$\omega = \frac{v_d}{n+1} \approx \frac{v_d}{4}$$

Давление, скорость детонации и скорость движения продуктов взрыва связаны зависимостью:

$$p_{жс} = \rho_0 v_d \omega$$

Скорость детонации находится по теплоте взрыва и показателю политропы продуктов взрыва из выражения:

$$v_d = 31,6 \sqrt{2(n^2 - 1)Q}$$

где,  $Q$  – теплота взрыва, КДж/кг.

Из всех перечисленных параметров ВВ одним из наиболее важных является скорость детонации, которая в частности, определяет давление в детонационной волне.

### 7.3. Изучение методов измерения скорости детонационной ВОЛНЫ

В настоящее время для измерения скорости детонации используются современная фотографическая электронно-оптическая аппаратура, позволяющая с высокой точностью измерять скорость детонации на сравнительно небольших зарядах.

Измерение скорости детонации фотографическим методом, основана на регистрации светящегося фронта детонационной волны, распространяющейся по заряду ВВ. Для этой цели применяют фоторегистраторы или фотохронографы. В

настоящее время, широко распространены фоторегистраторы с зеркальной разверткой, Марки СФР, ЖФР, ЖЛВ и т.п., позволяющие производить съёмку как в режиме непрерывной развертки светящегося изображения, так и в режиме по кадровой съёмке.

При определении скорости детонации промышленных ВВ, в настоящее время, широко применяется метод Дотрища, методика которого приведена ниже.

#### 7.4. Факторы, влияющие на скорость детонации зарядов ВВ.

Специфика промышленных ВВ, состоящая из физически и химически неоднородных систем, которые объясняют особенностью их детонации.

На детонационную способность промышленных ВВ, существенно влияет равномерность смешивания компонентов, диаметр заряда, плотность и дисперсность ВВ.

При увеличении заряда скорость детонации растет и приближается к максимальному значению, зависимость которых приведена на рис.7.3. Начиная с некоторого предельного диаметра скорость детонации близка к предельной. При критическом диаметре, детонация, вообще не может распространяться по заряду, а ниже критического - становится неустойчивой и затухает. Критический диаметр – это значение диаметра, ниже которого детонация невозможна. Чем меньше критический диаметр, тем больше детонационная способность ВВ.

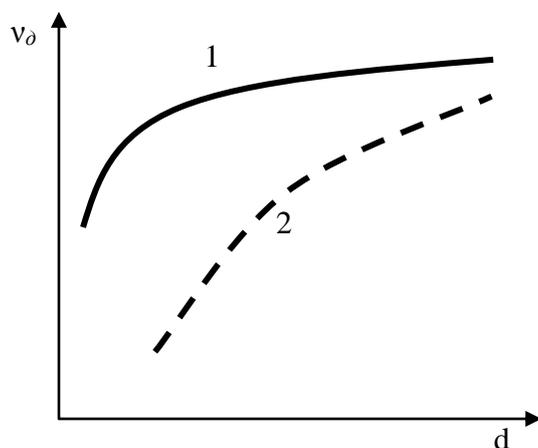


Рис.7.3. Зависимость скорости детонации открытого заряда ВВ (1) и оболочки (2) от их диаметра.

Большое влияние на величину критического диаметра оказывает прочность оболочки. У промышленных ВВ критический диаметр открытого заряда составляет от 4 мм до 120 мм. При увеличении прочности оболочки критический диаметр резко уменьшается. Критический диаметр детонации заряда гранулированных ВВ в бумажной оболочке, составляет 60-120 мм, а в металлической трубке – 10-30 мм.

Плотность ВВ существенно влияет на устойчивость и скорость детонации. Для индивидуальных ВВ (тротил, гексоген, ТЭН) с увеличением плотностей ширина зоны реакции в детонационной волне сокращается, и соответственно уменьшаются предельный и критический диаметр заряда.

Для смесовых ВВ (граммониты, аммониты) с увеличением плотности в начале, предельный и критический диаметры уменьшаются, а затем увеличиваются. У механических смесей с повышением плотности скорость детонации возрастает до максимального значения, соответствующего критической плотности, а далее детонация затухает.

Критическая плотность смесовых ВВ – это значение плотности, выше которого детонация становится неустойчивой и затухает. Для увеличения критической плотности в состав ВВ вводят сенсibiliзаторы (тротил, гексоген, ТЭН).

На детонационную способность ВВ, большое влияние оказывает, его дисперсность. Так, сокращение размеров частиц приводит к уменьшению критического диаметра зарядов. Гранулированные и грубодисперсные ВВ имеют больший критического диаметра по сравнению с порошкообразными того же состава. Например, тротил с частицами размером 0,01 мм, имеет критический диаметр 9 мм. Увеличения частиц до 0,5 мм, сопровождаются увеличением критического диаметра до 28 мм.

Критический диаметр для смесовых ВВ зависит от процентного соотношения компонентов. Так с уменьшением содержания тротила в аммонитах с 21% до 5% критический диаметр увеличивается от 12 мм до 25 мм.

## 7.5. Теплота и температура взрыва промышленных ВВ.

**Теплота взрыва**, является одной из основных характеристик при оценке эффективности промышленных ВВ в процессе разрушения горных пород взрывом, которым называют количество тепла, при взрыве 1 кг ВВ. Единицы измерения ккал/моль или ккал/кг, по международной системе единиц измерения - в джоулях, 1 ккал равен 4186,8 Дж на моль или кг.

Теплоту взрыва определяют теоретически или экспериментально. В качестве стандартных условий применяют температуры 0–18 °С, а давление равной 10 Па. Чем больше теплота взрыва, тем выше работоспособность ВВ. Поэтому по величине теплоты взрыва оценивают эффективность ВВ. Теплоту взрыва определяют по формуле:

$$Q_B = Q_{П.В.} + Q_{ВВ}$$

где,  $Q_{П.В.}$  – теплота образованная продуктами взрыва, Дж/моль;

$Q_{ВВ}$  – теплота образованная исходными ВВ или их компонентами.

Теплоту взрыва 1 кг ВВ рассчитывают по формулу:

$$Q_1 = \frac{Q_B \cdot 1000}{M_{ВВ}}$$

где,  $M_{\text{ВВ}}$  – молекулярная масса ВВ.

При взрыве 1 кг промышленного ВВ выделяется от 3,3 до 4,9 МДж тепла.

Теплоту взрыва определяют в специальной калориметрической бомбе, в которой, при помощи электрической спирали взрывают заряды массой 1-2 кг. В промышленных условиях применяют бомбы, в которых заряды массой 50-100 г взрывают электродетонатором.

**Температура взрыва** – максимальная температура, до которой нагреваются продукты взрыва, за счет выделяющегося тепла в момент взрывчатого превращения ВВ, которая вычисляется по формуле:

$$T = \frac{Q_{\text{В}}}{C_{\text{V}}}$$

где,  $T$  – искомая температура взрыва;

$Q_{\text{В}}$  – теплота взрыва ВВ, кДж/моль;

$C_{\text{V}} = a + bT$  – средняя теплоемкость всех продуктов взрыва при постоянном объеме, также зависящая от температуры ( $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты).

Поставив значение  $C_{\text{V}}$ , и решив уравнение относительно  $T$ , находим:

$$T = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4bQ_{\text{В}}}}{2b}$$

Знание температуры взрыва дает возможность правильно выбрать сорт ВВ при взрывании в шахтах, опасных по скоплению газа и пыли. Температура взрыва колеблется от 1800 (для предохранительных ВВ) до 4500<sup>0</sup>С (для гексогена и ТЭНа). При этом максимальная температура, до которой могут нагреваться продукты взрыва. Температура увеличивается при добавке алюминиевой пудры и уменьшается при введении в состав ВВ инертных солей.

Температуру взрыва определяют экспериментально с использованием дистанционного оптического метода, основанного на построении кривой распределения тепловой энергии взрыва в видимой части спектра, путем фотометрирования спектрограмм на спектрографе. Ошибка измерения при этом методе, составляет около 10%.

Температура взрыва предохранительных промышленных ВВ находится в пределах 2800-4200<sup>0</sup>С, а предохранительных промышленных ВВ, содержащих теплопоглощающие инертные соли в пределах 900-2500<sup>0</sup>С.

## 7.6. Свойства ядовитых газов, содержащихся в продуктах взрыва промышленных ВВ.

Взрывные работы сопровождаются выделением значительного количества ядовитых газов. К ним относятся:

**Оксид углерода** – бесцветный газ, со слабым запахом, плотность его по отношению к воздуху составляет 0,967. Растворяется в воде при температуре 15<sup>0</sup>С. Смесь воздуха с оксидом углерода (12,5-74,2) имеет взрывчатые свойства.

При небольших концентрациях оксид углерода вызывает сильные головные боли, а при больших – наступает острое отравление, выражающееся в потере

сознания, судорогах, одышке и головокружении. При отравлении окисью углерода, пострадавшего необходимо немедленно вынести на свежий воздух, дать кислород для дыхания, а при остановке дыхания, сделать искусственное дыхание.

Предельно допустимое содержание окиси углерода в рудничной атмосфере при длительном пребывании людей, не должно превышать 0,02 мг/л (0,0016% к объему). При содержании окиси углерода в атмосфере, в количестве 0,017% по объему, после нескольких часов воздействия на организм человека, появляются слабые симптомы отравления. Содержание в атмосфере 0,05% окиси углерода по объему, при выдыхании 1 с., оказывает уже заметное влияние, но серьезных расстройств в организме людей не вызывает. Содержание окиси углерода в атмосфере, в количестве 0,13% по объему, оказывает опасное влияние на организм человека при выдыхании ее в течение 0,5-1 ч., а содержание окиси углерода в количестве 0,42% по объему смертельно, даже очень непродолжительном выдыхании.

**Окислы азота** – газы еще более опасные, чем окись углерода. Они имеют резкий характерный запах, цвет желто-бурый. При взрывных работах окислы азота образуются в виде окиси азота NO, которая, соединяясь с кислородом воздуха, переходит в более устойчивые двуокись азота NO<sub>2</sub> или в четырёхокись азота N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. При наличии влаги в воздухе, на почве и стенках выработки, окислы азота соединяются с влагой, образуя азотную и азотистую кислоты.

Содержание окислов азота в атмосфере всего лишь 0,02% смертельно для человека даже при кратковременном выдыхании. Предельно допустимая концентрация окислов азота – 0,005 мг/л или 0,0001% по объему.

**Сернистый ангидрид** – бесцветный газ, с острым раздражающим запахом и кислым вкусом, сильно ядовит, не горит и не поддерживает горения. При соединении с влагой образует сернистую кислоту. Содержание в атмосфере 0,03% сернистого ангидрида опасно для жизни. Предельно допустима концентрация в атмосфере – 0,0007% по объему.

**Сероводород** – газ без цвета с характерным запахом тухлых яиц и сладковатым вкусом, очень ядовит, в смеси с воздухом при температуре около 600°C воспламеняется, а при содержании от 4,6 до 46% образует с воздухом взрывчатую смесь. Содержание сероводорода в атмосфере в количестве 0,05% опасно для жизни. Предельно допустимая концентрация сероводорода – 0,00066% по объему.

**Пары ртути** – без цвета, запаха и вкуса, они не горят и не поддерживают горения. Отравление выражается в хроническом заболевании центральной нервной системы и почек. Предельно допустимая концентрация паров ртути в атмосфере – 0,00001 мг/л.

**Углекислый газ** – CO<sub>2</sub> не является ядовитым газом, но вредно действует на работающих под землей. Большая концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе нарушает ритм дыхания, вызывает головную боль и шум в ушах.

## 7.7. Определение объема и давления газов при взрыве промышленных ВВ.

**Объем газов взрыва** согласно закону Авогадро равен объему, который занимает 1 моль различных газов при нулевой температуре и давлении 0,1 МПа, и составляет  $22,42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Объем газов, образующихся при взрыве 1 кг ВВ,

$$V_0 = \frac{22,42(n_1 + n_2 + \dots + n_k)}{m_1 M_1 + m_2 M_2 + \dots + m_n M_n}$$

где,  $n$  – число молей газообразных продуктов взрыва;  $m$  – число молей составных частей, ВВ;  $M$  – относительная молекулярная масса составных частей ВВ.

При постоянном давлении и любой температуре газов, объем газов взрыва определяют по формуле:

$$V_1 = v_0 \left( 1 + \frac{T_{\Gamma}}{273} \right), \text{ м}^3/\text{кг}$$

где  $T_{\Gamma}$  – температура газов взрыва,  $^{\circ}\text{C}$ .

При взрыве заряда выделяются газы, оказывающие огромное давление на окружающую среду. Оно зависит от удельного объема газов, температуры взрыва, плотности заряда и других факторов.

Объем газообразных продуктов взрыва промышленных ВВ можно определить экспериментально, путем взрывания заряда ВВ в стальной бомбе Долгова емкостью 50 л.

Бомба Долгова представляет собой толстостенный стальной цилиндр с массивной герметически закрывающейся крышкой, снабженной вентилями для откачки воздуха из бомбы и замера давления газов после взрыва, а также для вывода наружу концов электродетонатора. С нижней стороны крышки имеется крючок для подвески заряда в вертикальном положении в центре бомбы. Заряд представляет собой 100 – граммовый патрон ВВ в бумажной парафинированной оболочке диаметром 32 или 36 мм, в котором утоплен электродетонатор. В бомбе имеется прилив с гнездом для термометра, предназначенного для замера температуры тела бомбы в момент измерения давления. Бомба после взрыва выдерживается в течение 30 мин для охлаждения и выравнивания температуры её стенок с окружающей температурой. Затем измеряется давление внутри бомбы. Объем сухих газов, приведенный к нормальным условиям при давлении 760 мм.рт.ст. и температурой равной 273 К вычисляют по формуле:

$$V_{с.г} = \frac{V_6(P - W)273 \cdot 1000}{760Tq}, \text{ л/кг}$$

где  $V_6$  – объем бомбы, л;

$P$  – давление в бомбе после взрыва, мм.рт.ст.;

$W$  – упругость водяных паров, насыщающих газы в бомбе при температуре  $T$ , мм.рт.ст.;

$T$  – температура тела бомбы в момент измерения давления,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$q$  – масса заряда ВВ, г.

Затем устанавливают объем сконденсировавшейся воды (бомбу продувают сухим воздухом, который затем проходит через сосуды с хлористым кальцием и

отдает последнему воду, вынесенную из бомбы), который прибавляют к вычисленному значению объема сухих газов, т.е. суммарно объем газообразных продуктов взрыва промышленных ВВ, который определяют по формуле:

$$V_0 = V_{с.г.} + V_{в}, \text{ л/кг}$$

**Давления газов** взрыва в зарядной камере определяют по выражению:

$$p = \frac{p_0 V_0 T}{273V}$$

где  $p_0$  и  $V_0$  - при нулевой температуре соответственно атмосферное давление, равное 0,1 МПа, и объем газов ВВ ( $\text{м}^3$ ) при этом давлении;  $T$  - температура взрыва, считая от абсолютного нуля, К;  $V$  - объем зарядной камеры,  $\text{м}^3$ ;  $T = T_c + 273$  К ( $T_c$  - температура газов взрыва по Цельсию). Данная формула действительна для идеальных газов.

При плотности заряжения ВВ, равной 0,5-1,0  $\text{т/м}^3$ , большую роль играет коэффциент  $\alpha$ , учитывающий собственный объем молекул. Таким образом, формула принимает следующий вид:

$$p = \frac{p_0 V_0 T}{273(V - \alpha)}$$

Объем зарядной камеры заменим плотностью заряжения ВВ ( $\Delta = M/V$ ), тогда при  $M=1$  (единичная масса), получим уравнение для расчета давления газов взрыва:

$$p = \frac{p_0 V_0 T}{273\left(\frac{1}{\Delta} - \alpha\right)} = \frac{p_0 V_0 T \Delta}{273(V - \alpha \Delta)}$$

Например, требуется определить давление газов при взрыве заряда тротила, имеющего плотность заряжения 0,9  $\text{кг/дм}^3$ , температуру взрыва 2950  $^{\circ}\text{C}$  и удельный объем газов взрыва 750 л/кг. Для этого находим температуру взрыва:

$$T = T_c + 273 = 2950 + 273 = 3223 \text{ К}$$

Затем определяем расчетное давление газов при взрыве 1 кг заряда тротила:

$$p = \frac{1,03 \cdot 750 \cdot 3223 \cdot 0,9}{273(1 - 0,001 \cdot 750 \cdot 0,9)} = 2,6 \cdot 10^9 \text{ Па}$$

## 7.8. Кислородный баланс промышленных ВВ.

При взрыве, большое значение имеет относительное содержание кислорода в ВВ. Поэтому вводится понятие кислородного баланса ВВ. **Кислородный баланс** выражает (в %) недостаток или избыток кислорода, в составе ВВ против того количества, которое необходимо для полного окисления всех горючих элементов, входящих в состав ВВ. Если в составе ВВ имеется избыток кислорода, то кислородный баланс считается положительным, если недостаток - отрицательным.

При отрицательном кислородном балансе, увеличивается образование окиси углерода СО (угарного газа), а при положительном - окислов азота. Образование

ядовитых газов зависит также от полноты детонации заряда, что, в свою очередь, определяется правильностью заряжания и выбранными размерами заряда.

При взрыве ВВ с нулевым кислородным балансом образуется минимальное количество ядовитых газов и выделяется максимальное количество энергии. Кислородный баланс некоторых ВВ:

Тротил	-74	Гранулиты АС-8	+0,3
Гексоген	-22	Гранулит АС-4	+0,4
Тэн	-10	Гранулит М	+0,1
Тетрил	-47,4	Акватол 65/35	-12,5
Гранулотол	-47	Акватол М-15	-21,0
Алюмотол	-76,2	Аммонал скальный № 3	-0,8
Граммонит 30/70	-45,9	Аммонит скальный № 1	-0,8
Граммонит 50/50	-27,5	Граммонал А8	-0,2
Граммонит 79/21	-0	Игданит	+1,4

В смесевых ВВ компонент, имеющий избыток кислорода (положительный кислородный баланс), называют окислителем, а компонент с недостатком кислорода (отрицательный кислородный баланс) – горючим. Соотношение этих компонентов, уравнивающих кислородный баланс (до нулевого), принято называть стехиометрическим.

На карьерах разрешается применять ВВ с кислородным балансом, отличным от нулевого, однако при крупных массовых взрывах и при взрывании на глубоких горизонтах карьеров при определении опасной зоны, необходимо учитывать направление движения газового облака после взрыва, чтобы избежать случаев отравления рабочих. С увеличением глубины карьеров целесообразность применения ВВ с нулевым кислородным балансом, с точки зрения санитарно-гигиенических условий атмосферы, будет увеличиваться.

## Резюме

Детонация представляет собой самоподдерживающийся процесс перемещения по ВВ со сверхзвуковой скоростью ударного фронта, сопровождающийся химическим превращением веществ. В настоящее время для измерения скорости детонации, используется современная фотографическая электронно-оптическая аппаратура, позволяющая с высокой точностью измерять скорость детонации на сравнительно небольших зарядах.

На детонационную способность промышленных ВВ, существенно влияет равномерность смешивания компонентов, диаметр заряда, плотность и дисперсность ВВ.

Теплота взрыва, является одной из основных характеристик при оценке эффективности промышленных ВВ, в процессе разрушения горных пород взрывом, называют количество тепла, которое выделяется при взрыве 1 кг ВВ.

Объем газов взрыва согласно закону Авогадро равен объему, который занимает 1 моль различных газов при нулевой температуре и давлении 0,1 МПа, и составляет  $22,42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Объем газов, образующихся при взрыве 1 кг ВВ.

Кислородный баланс выражает (в %) недостаток или избыток кислорода в составе ВВ против того количества, которое необходимо для полного окисления всех горючих элементов, входящих в состав ВВ. Если в составе ВВ имеется избыток кислорода, то кислородный баланс считается положительным, если недостаток – отрицательным.

### ***Вопросы для повторения:***

1. Расскажите о физической сущности детонации промышленных ВВ.
2. Какая волна называется детонационной волной промышленных ВВ?
3. В чем отличие между детонационной и ударной волнами?
4. Что относят к кинематическим параметрам и их формула расчета детонационной волны?
5. Какими методами определяются скорости детонации промышленных ВВ?
6. Какие основные факторы влияют на скорости распространения детонации взрыва промышленных ВВ?
7. Что такое теплота взрыва и формулы их расчета?
8. Что такое температура взрыва и формулы их расчета?
9. Расскажите об основных свойствах ядовитых газов, содержащихся в продуктах взрыва промышленных ВВ.
10. Какими методами определяются объем и давление газов при взрыве промышленных ВВ.
11. Расскажите о методике определения объемов газообразных продуктов по методу Долгова.
12. Что такое кислородный баланс промышленных ВВ?

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Изучение гидродинамической теории детонации зарядов промышленных ВВ.
2. Изучение факторов, влияющих на скорость детонации зарядов промышленных ВВ.
3. Изучение физико-химических характеристик промышленных ВВ.
4. Экспериментальные исследования объема газообразных продуктов взрыва промышленных ВВ в стальной бомбе Долгова.
5. Изучение токсичности ВВ и продуктов взрыва промышленных ВВ.

## ***ЛЕКЦИЯ 8***

# **КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ. ФОРМА ПРЕВРАЩЕНИЯ ВВ И РАБОТА ВЗРЫВА.**

### **План лекции**

8.1. Цель работы и основные задачи.

8.2. Изучение классификации промышленных взрывов.

8.3. Изучение формы взрывчатого превращения  
промышленных ВВ.

8.4. Изучение работы и баланса энергии при взрыве  
промышленных ВВ.

8.5. Начальный импульс и его виды.

## 8.1. Цель работы

**Цель работы** - изучение классификации промышленных взрывов, формы взрывчатого превращения ВВ, о работе и балансе энергии взрыва.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение классификации промышленных взрывов;
- изучение формы взрывчатого превращения промышленных ВВ;
- изучение о работе и балансе энергии при взрыве промышленных ВВ;
- Начальный импульс и его виды.

## 8.2. Изучение классификации промышленных взрывов.

Взрыв чрезвычайно быстрое физическое или химическое превращение вещества или смеси веществ из одного состояния в другое, с переходом потенциальной энергии в кинетическую энергию газообразных продуктов превращения.

Характерным признаком взрыва, является резкий скачок давления в окружающей среде, что служит причиной возникновения в ней ударной волны, а в плотных средах (горных породах) – и поля напряжений. Взрыв в твердой среде сопровождается ее разрушением и дроблением.

По виду взрывчатого превращения вещества, взрывы делятся на физические, химические и ядерные.

При физических взрывах, происходят только физические превращения веществ (переход перегретой жидкости в пар или аз, расширение сжатого воздуха), с сохранением постоянства их химического состава. Примером физических взрывов, могут служить взрывы баллонов, содержащих сжиженные или сильно сжатые газы паровых котлов, вследствие быстрого превращения перегретой воды в пар. Беспламенное взрывание с помощью жидкой углекислоты и сжатого воздуха, электрические разряды и т.д.

При химических взрывах, происходит быстрое химическое превращение вещества с образованием газов или паров и выделением тепла. Обычно это превращение протекает в виде реакций окисления горючих элементов, содержащихся внутри молекулы ВВ или в его составных частях.

Примером химического взрыва может быть взрыв любого ВВ, метана, угольной пыли. При взрывных работах на карьерах применяются химические взрывы ВВ, которые и рассмотрены в учебнике.

При ядерных взрывах происходят цепные реакции деления ядер с образованием новых элементов. При ядерном и термоядерном взрыве выделяется в миллионы раз больше тепла на единицу взрываемого вещества, чем при химическом:  $1,6 \cdot 10^{10}$  ккал/кг при ядерном и  $10^{11}$  ккал/кг при термоядерном, а при химических взрывах ВВ, выделяется в среднем  $10^3$  ккал/кг.

### 8.3. Изучение формы взрывчатого превращения промышленных ВВ

**Изучение формы взрывчатого превращения промышленных ВВ** – существуют три наиболее характерные формы взрывчатого превращения ВВ: термический распад, горение, детонация.

**Термический распад** возникает при нагреве ВВ ниже температуры вспышки. Скорость его зависит от температуры нагрева ВВ.

Если приход тепла при термическом распаде больше, чем его отвод в окружающую среду, то температура вещества все время возрастает, что приводит к автоускорению реакции. Наступает так называемый тепловой взрыв, когда сразу с большой скоростью разлагаются большие массы ВВ. Способность ВВ к термическому распаду, должна приниматься во внимание при определении безопасных условий хранения и переработки ВВ.

**Горение** возникает при сильных местных нагревах ВВ выше температуры его вспышки (поджигании, разогреве трением и т.п.) и характеризуется сравнительно медленным (от миллиметров до сантиметров в секунду) распространением по веществу зоны реакции (пламени) в результате прогрева, впереди лежащих слоев вещества.

Скорость горения или распространения пламени по веществу, зависит от физико-химических свойств ВВ и внешних условий (давления, температуры).

**Детонация** – процесс взрывчатого превращения, вызываемый скачком давления, т.е. прохождением по веществу ударной волны, распространяющейся с постоянной для данного физического состояния вещества сверхзвуковой скоростью. Детонация не отличается по характеру и сущности явления от взрыва, но представляет собой его стационарную форму. В отличие от горения, детонация мало зависит от внешнего давления и температуры. Разогрев, необходимый для возбуждения химической реакции при детонации, достигается в результате адиабатического сжатия вещества в ударной волне. Детонация является наивыгоднейшей и наиболее распространенной формой взрывчатого превращения современных промышленных ВВ для дробления и выброса горных пород (за исключением дымного пороха).

Промежуточным режимом между горением и детонацией является **взрывное горение**, которое отличается от описанных основных форм непостоянством скорости, достигающей десятков или сотен метров в секунду. В определенных условиях, различные формы взрывчатого превращения, могут переходить одна в другую, например, горение в детонацию, а детонация в горение.

Полная работа взрыва (сумма всех форм механической работы), не равна потенциальной энергии ВВ. Это объясняется термодинамическими и химическими потерями энергии взрыва.

Термодинамические потери вызваны тем, что продукты взрыва после совершения работы, все еще нагреты до сравнительно высокой температуры, т.е.

содержат остаточную энергию. Кроме того, значительная доля энергии, расходуется на теплообмен с окружающей средой.

Химические потери обусловлены не плотностью взрывчатого разложения ВВ.

Обычно коэффициент преобразования тепловой энергии взрыва в механическую работу, не превышает 40-60%, а на полезные формы работы расходуется, и, того меньше – не более 15% энергии взрыва.

Лишь при взрыве в воздухе, когда требуется формирование воздушной ударной волны в энергию волны, переходит около 85% энергии взрыва.

#### 8.4. Изучение работы и баланса энергии при взрыве промышленных ВВ.

При взрыве промежуточного детонатора, исполняющего роль начального импульса в заряде ВВ, формируется ударная волна, имеющего скорость распространяющегося выше скорости звука в данной среде на фронте волны, происходят скачкообразные изменения давления плотности и температуры среды. В результате действия ударной волны на её фронте, образуется чрезвычайно быстропротекающая химическая реакция с выделением огромного количество тепла и газов, создающая **потенциальную энергию взрыва**, которая учитывается по схеме баланса энергии при взрыве, разработанная профессором А.Ф.Беляевым, которая приведена на рис. 8.1.

**Полной фактической тепловой энергией взрыва**, называют потенциальную энергию ВВ, за вычетом химических потерь.

**Полной фактической работой взрыва**, называют полную фактическую тепловую энергию, за вычетом идеально тепловых потерь и потерь тепла на нагревание окружающей среды.

**Полезной формой механической работы взрыва**, называют полную фактическую работу взрыва, за вычетом бесполезных форм механической работы взрыва.

**Понятие о химических потерях.** После взрыва промежуточного детонатора в заряде, формируется ударная волна, распространяющаяся выше скорости звука равной 2800-5000 м/с. в зависимости от типа промышленных ВВ. Но верхняя часть заряда ВВ, не успевает полностью детонироваться, под воздействием которых, через забоечное пространство, выбрасывается на открытую поверхность, которая называется химическими потерями.

Промышленными взрывами установлено, что объём химических потерь, зависит от формы зарядов (открытый, наружный), скорости детонации промышленных ВВ, диаметра заряда и т.д.

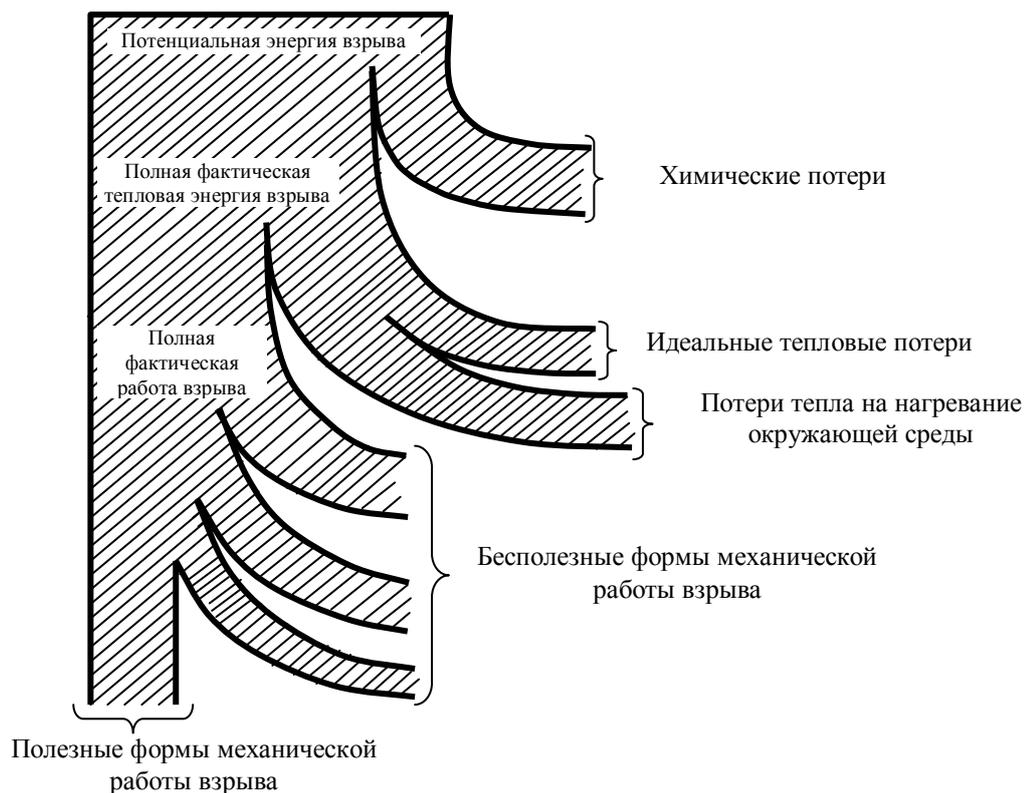


Рис.8.1. Схема баланса энергии при взрыве, по схеме проф. А.Ф.Беляева.

**Понятие об идеально-тепловых потерях и потери тепла при нагревании окружающей среды.** Исследованиями установлено, что при детонации промышленных ВВ вокруг заряда, выделяется огромное количество тепловой энергии, равной  $2800 - 4200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Часть энергии тепла уходит вглубь массива, а другая часть, уходит через забойку в окружающую среду, которую называют идеальными тепловыми потерями и потери тепла при нагревании окружающей среды.

Основные производственные мероприятия по снижению химических, идеально тепловых потерь и потерь тепла при нагревании окружающей среды:

- а) изменения конструкции забойки шпуровых и скважинных зарядов;
- б) применение грунтовой обваловки зарядов ВВ.

**Понятия о бесплезных формах механической работы взрыва.** Исследованиями установлено, что при массовом взрыве зарядов ВВ, в глубине горного массива, образуются следующие зоны:

- а) зона заколов - распространяющихся от нижней части забойки, до свободной поверхности уступа;
- б) зона макротрещин - распространяющихся от центра заряда ВВ, до свободной поверхности уступа;
- в) зона микротрещин - распространяющихся от нижней части торца заряда ВВ, до свободной поверхности уступа.

Размеры зоны зависят от диаметра, типа, массы заряда ВВ, высоты уступа, числа взрывааемых зарядов, прочностных свойств горного массива, типа забойки и т.д.

Образования выше перечисленных зон, отрицательно сказываются на устойчивости бортов карьеров, бурении скважин и шпуров на этих зонах.

Также установлено, что при массовых взрывах на дальних зонах взрыва, горный массив подвергается сейсмическому колебанию, а также другим вредным воздействиям на окружающую среду.

**Основные производственные мероприятия, по снижению механической работы взрыва:**

- а) применения новых типов забойки;
- б) способ производства взрывов с предварительным щелеобразованием;
- в) использование скважинных зарядов ВВ малого диаметра.

Энергия, затраченная при взрыве на разрушение, перемещение горной массы, образование сейсмических и воздушных волн, нагревание породы и воздуха, характеризуют полную работу взрыва.

Работа взрыва совершается за счет теплоты, выделившейся при взрыве; поэтому общая энергия при взрыве равна:

$$E = E_y \cdot Q, \quad (1)$$

Где:  $E_y$  – удельная теплота взрыва, кДж/кг

$Q$  – масса заряда, кг

Работу, произведенную взрывом по разрушению и перемещению массива породы, называют полезной работой взрыва  $A_n$ . Полезная работа взрыва  $A_n$  составляет часть полной энергии взрыва:

$$A_n = E \cdot \eta_n, \quad (2)$$

где,  $\eta_n$  – КПД взрыва.

Коэффициент полезного действия энергии взрыва на рыхление и на выброс соответственно, составляет равной 10-20% и 3-6% .

## 8.5. Начальный импульс и его виды

Для возбуждения детонации ВВ, необходимо приложить к заряду определенное количество энергии, которое по сравнению с энергией, выделяемой взрывом возбуждаемого ВВ, ничтожно и имеет своей целью, вывести из состояния равновесия, небольшую часть молекул ВВ. Дальнейшее распространение взрывчатого разложения по всей массе ВВ, происходит непрерывно за счет энергии, выделяющейся при взрывчатом превращении каждого предыдущего слоя ВВ.

Внешнее воздействие на заряд, необходимое и достаточное для возбуждения взрывчатого разложения ВВ, называют **начальным импульсом**. Процесс возбуждения детонации ВВ, приложением начального импульса к заряду, называют **иницированием**.

Величина начального импульса, необходимого для взрывчатого разложения, различна не только для разных ВВ, но и для одного и того же ВВ при его различном физическом состоянии, и, зависит от чувствительности данного ВВ к внешним воздействиям. Чувствительность к инициированию принято оценивать массой инициирующего ВВ, вызывающей детонацию в возбуждаемом ВВ. Эту величину называют **минимальным инициирующим импульсом** и выражают в граммах инициирующего ВВ. Минимальный инициирующий импульс для ряда ВВ при насыпной плотности  $1 \text{ г/см}^3$  имеет следующие значения (в г гремучей ртути):

Таблица 1

Тротил	0,25-0,26	Аммонал ВА-4	0,25
Тетрил	0,15	Аммонит № 6 ЖВ	0,17
Гексоген	0,14	Гранулотол	30-50
ТЭН	0,15	Алюмотол	25-30
Скальный аммонит № 1	0,19		

Таблица 2

ВВ	Минимальная масса детонатора, г при скорости детонации, км/с		
	4	5	7
Граммониты	30	-	-
Гранулиты, игданиты	1000	550	330
Акваниты, акватолы, водонаполненные гранулотол и алюмотол	Не возбуждает	300	150

Некоторые современные промышленные ВВ, гранулированные и водонаполненные, не детонируют от взрыва капсюля-детонатора № 8, содержащего 0,5 г инициирующего ВВ и 1 г тетрила или другого мощного вторичного ВВ. Для них требуется более сильный начальный импульс в виде взрыва промежуточного детонатора, требуемая масса которого, зависит от параметров его детонации. Характеристики промежуточных детонаторов для промышленных ВВ пониженной возбудимости приведены в табл.2.

Из данных, приведенных в табл. 2 видно, что в водонаполненных ВВ детонация возбуждается при скорости детонации детонатора более 4000 м/с. Поэтому, в этих ВВ для промежуточных детонаторов, нельзя применять порошкообразные (патронированные) ВВ типа аммонита № 6 ЖВ. В этом случае требуются более мощные ВВ, прессованные шашки – детонаторы из тротила, скального аммонита № 1 и других ВВ, а из порошкообразных ВВ, можно применять детониты и скальный аммонал № 3.

### Резюме

Взрыв - чрезвычайно быстрое физическое или химическое превращение вещества или смеси веществ из одного состояния в другое, с переходом потенциальной энергии в кинетическую энергию газообразных продуктов превращения. Взрывы делятся на физические, химические и ядерные.

Баланс энергии при взрыве оценивается по схеме, разработанной профессором А.Ф.Беляевым. Коэффициент полезного действия энергии взрыва на рыхление и на выброс, соответственно, составляет 10-20% и 3-6%.

Внешнее воздействие на заряд, необходимое и достаточное для возбуждения взрывчатого разложения ВВ, называют начальным импульсом. Процесс возбуждения детонации ВВ, приложением начального импульса к заряду, называют иницированием.

### ***Вопросы для повторения:***

1. Что такое взрыв промышленных ВВ?
2. Какие взрывы называют физическими?
3. Какие взрывы называют химическими?
4. Какие взрывы называют ядерными?
5. Что Вы знаете о формах взрывчатого превращения ВВ?
6. Что такое – потенциальная энергия взрыва?
7. Что Вы знаете о фактических тепловых энергиях взрыва?
8. Что Вы знаете о химических потерях при взрыве?
9. Что такое - полезная механическая работа взрыва?
10. Что вы знаете об основных производственных мероприятиях по снижению химических, идеально-тепловых потерях и потерях тепла при нагревании окружающей среды?
11. Чему равен КПД взрыва на рыхление и на выброс?
12. Что называют начальным импульсом?
13. От каких параметров зависит чувствительность к иницированию промышленных ВВ?
14. Что называется минимальным иницирующим импульсом?

### ***Темы для семинарских докладов***

1. Изучение особенности детонации смесевых промышленных ВВ.
2. Исследование дефлаграции промышленных ВВ.
3. Изучение чувствительности промышленных ВВ к механическим воздействиям.
4. Критические условия распространения детонации заряда промышленных ВВ.

## ***ЛЕКЦИЯ 9***

# **МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ**

### **План лекции**

- 9.1. Цель работы и основные задачи.
- 9.2. Сроки испытания.
- 9.3. Изучение испытания промышленных ВВ.
- 9.4. Изучение определения скорости детонации промышленных ВВ, по методу Дотриша и осцилографирования.
- 9.5. Изучение определения бризантности и работоспособности промышленных ВВ.
- 9.6. Изучение испытания электродетонаторов.
- 9.7. Испытания детонирующих шнуров.
- 9.8. Испытания огнепроводных шнуров.

## 9.1. Цель работы

**Цель работы** - изучение различных методов испытания промышленных ВМ для определения их пригодности к применению на взрывных работах или дальнейшего хранения.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- сроки испытания;
- изучение испытания промышленных ВВ:
  - наружный осмотр ВВ;
  - изучение передачи детонации промышленных ВВ на расстоянии;
  - определение влажности промышленных ВВ.
- изучение по определению скорости детонации промышленных ВВ, по методу Дотриша и осцилографирования;
- изучение определения бризантности и работоспособности промышленных ВВ;
- изучение испытания электродетонаторов:
  - наружный осмотр;
  - определение сопротивления ЭД;
  - испытание ЭД на групповой подрыв.
- испытание детонирующих шнуров:
  - наружный осмотр;
  - испытание ДШ на безотказность взрывания;
  - испытание ДШ на водонепроницаемость;
  - испытание ДШ при высоких температурах;
  - испытание ДШ при низких температурах;
  - испытание ДШ на маслостойкость.
- испытание огнепроводных шнуров:
  - наружный осмотр;
  - испытание ОШ на скорость горения;
  - испытание ОШ на водонепроницаемость.

## 9.2. Периодическое испытание ВМ

**Периодическое испытание ВМ производится в следующие сроки:**

1. ВВ, содержащие жидкие нитроэферы более 15 % и предохранительные ВВ, относящиеся к III, IV, V, VI классы по условиям применения – в конце гарантийного срока хранения и каждый месяц после истечения гарантийного срока.

2. ВВ, содержащие жидкие нитроэферы менее 15 % и не предохранительные ВВ, относящиеся к I и II классы по условиям применения – в конце гарантийного срока хранения и каждый три месяца после истечения гарантийного срока.

3. Средства взрывания, КЗДШ – в конце гарантийного срока хранения и в течение года после истечения гарантийного срока.

4. Все ВМ, независимо от срока хранения, если возникают сомнения в отношении их доброкачественности, а также отказов при производстве взрывных работ.

Испытание ВВ. Взрывание должно производиться на расстоянии не менее 200 м от склада ВМ, на специально отведенном месте. Люди, занятые испытанием ВМ, на время взрывания, должны удаляться на расстояние не менее 50 м. от места взрывания.

### 9.3. Изучение испытания промышленных ВВ.

**Наружный осмотр** является общим испытанием для всех ВВ. Наружному осмотру подвергаются все ящики с ВВ для установления наличия повреждения тары и четких трафаретов, целостности обвязки и пломбировки. Ящики с дефектами, отсортировываются в отдельную партию, при этом составив акт. В поврежденных ящиках, проверяется целостность внутренней упаковки. При наличии дефектов в упаковке внутри ящиков, проверяется соответствие фактической массы или количества содержимого в ящике, указанного в маркировке или в других документах. При несоответствии массы или количества, составляют рекламационный акт, который направляют заводу-изготовителю и районной инспекции Госгортехнадзора, для принятия мер к устранению обнаруженных недостатков при дальнейшем выпуске и поставке ВВ.

**Испытание на передаче детонации** основано на возбуждении детонации двух патронов ВВ взрывом третьего патрона, все патроны находятся на одинаковом расстоянии друг от друга. Для проведения испытаний, три патрона ВВ укладывают на одинаковом расстоянии друг от друга, на ровной поверхности грунта (песка) так, что ось каждого следующего патрона, являлась продолжением оси предыдущего. В один из крайних патронов (боевик), вставляют капсюль-детонатор с огнепроводным шнуром или ЭД, причем последний должен быть помещен в патрон на всю длину с внешней стороны.

О передаче детонации, судят по наличию углублений в грунте после взрыва патрона-боевика и по отсутствию остатков невзорвавшегося ВВ. Если на месте расположения патронов, в грунте образовались три углубления, и длина каждого из них не менее длины патрона, то детонация передается, и патроны полностью взрываются.

ВВ считается выдержавшим испытание, если при двух опытах, детонация от взрыва патрона-боевика передается к остальным патронам, а также, если все три патрона полностью взрываются. При наличии, хотя бы одного отказавшегося патрона при расстоянии между патронами, соответствующего требованиям ГОСТа или ТУ, выполняют повторное испытание с удвоенным числом опытов. Если при повторном испытании не происходит полной передачи детонации, хотя бы в одном из четырех опытов, от ВВ бракуется и не допускается для ведения взрывных работ. Испытание на передачу детонации водостойчивых ВВ,

проводят после выдержки патронов в воде, на глубине 1 м от нижнего торца в вертикальном положении в течение 1 ч.

Патроны помещают в специальные футляры с отверстиями. При испытании, патроны укладывают на грунт так, чтобы нижние (при том расположении патронов, как они замачивались) концы патронов, были обращены, соответственно, к верхним концам последующих патронов. Далее испытание проводят по обычной методике. Слежавшиеся патроны ВВ при испытаниях не разминаются, кроме торца, в который вставляется детонатор. Испытанию на передачу детонации подвергаются только патронированные и прессованные ВВ.

**Определение содержания влаги во ВВ.** Содержание влаги определяется по разности в массе ВВ, до и после просушивания навески испытуемого ВВ. Из пяти патронов, взятых из пяти пачек, после тщательного перемешивания ВВ, берут две навески ВВ, массой по 10 г, помещают их в стаканчиках в электрический сушильный шкаф и высушивают в течение 4-6 ч при температуре 60-70<sup>0</sup> С до получения пробы постоянной массы. При высушивании навесок, стаканчики должны быть открыты, а во время взвешивания – плотно закрыты притертыми крышками. Перед каждым взвешиванием, стаканчики с навесками ВВ, с закрытыми крышками охлаждаются до комнатной температуры в специальном сосуде (эксикаторе) с хлористым кальцием.

Содержание влаги определяется по формуле

$$B = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_3} 100\%,$$

где  $Q_1$  – масса навески ВВ со стаканчиком до сушки, г;

$Q_2$  – масса навески ВВ со стаканчиком после сушки, г;

$Q_3$  – масса навески ВВ без стаканчика до сушки, г.

Проводят два параллельных определения и вычисляют среднюю величину, результат округляют до 0,01%.

Влажность ВВ должна соответствовать требованиям ГОСТа или техническим условиям на данное ВВ.

## 9.4. Определение скорости детонации промышленных ВВ.

### Метод Дотриша.

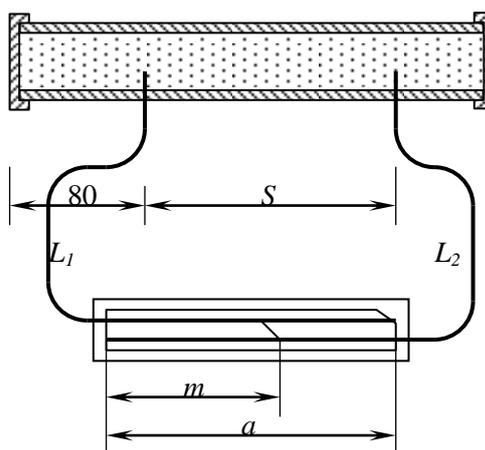
Наиболее простой метод основан на сравнении известной скорости детонации ДШ со скоростью детонации испытываемого заряда.

На боковой поверхности, на оси заряда диаметром 31±1 мм и длиной 300 мм, делаются два отверстия на расстоянии 200 мм, в которые вставляются концы отрезков ДШ (рис. 1.1). Расстояние от отверстия до капсюля-детонатора должно быть 80-100 мм.

Два других конца шнура прикрепляются изоляционной лентой к жестяной пластинке толщиной 0,3-0,5 мм, с прокладкой толщиной 10 мм. Уголок одного конца пластинки отрезается для установления после взрыва ее первоначального положения.

При взрыве, детонация распространяется по заряду и по обеим ветвям ДШ. Длина отрезков шнура (обычно 0,6 и 1,1 м) рассчитывается так, чтобы встреча волн детонации произошла в пределах жестяной пластинки, на которой в этом месте остается диагональная вмятина.

Скорость детонации (м/с) рассчитывают, исходя из равенства времени распространения детонационных волн по отрезку ДШ  $L_1$ , заряду ВВ и отрезку шнура  $L_2$ .



Определение скорости детонации ВВ методом Дотриша

$$\frac{L_1 - a - m}{v_{\text{ДШ}}} = \frac{S}{v_{\text{ВВ}}} + \frac{L_2 - m}{v_{\text{ДШ}}}$$

отсюда,

$$v_{\text{ВВ}} = \frac{S \cdot v_{\text{ДШ}}}{L_1 - L_2 - a - 2 \cdot m}$$

Скорость детонации зависит от плотности ВВ, поэтому желательно при испытаниях обеспечить такую плотность, какую имеет ВВ в промышленных условиях.

В зависимости от цели испытаний, заряд ВВ может быть в порошкообразном, прессованном или другом виде, в бумажной, металлической или другой оболочке.

Точность определения скорости детонации по приведенной пробе, находится в пределах  $\pm 3\%$ .

**Осциллографический метод.** В патроне ВВ на расстояниях 80 и 20 мм от торцов прокалываются отверстия, через которые пропускаются две медные проволоочки. Расстояние между ними  $S$  является базой, на которой определяется

скорость детонации ВВ. Третья проволока располагается в непосредственной близости от ЭД и служит для запуска осциллографа.

Проволочка подсоединяется к запоминающему устройству по схеме. При распространении детонационной волны по патрону ВВ проволоки по очереди разрушаются и, в соответствии с этим, изменяется уровень электрических сигналов, подаваемых во вход осциллографа.

Зная базовое расстояние  $S$  и время  $t$  прохождения луча осциллографа между

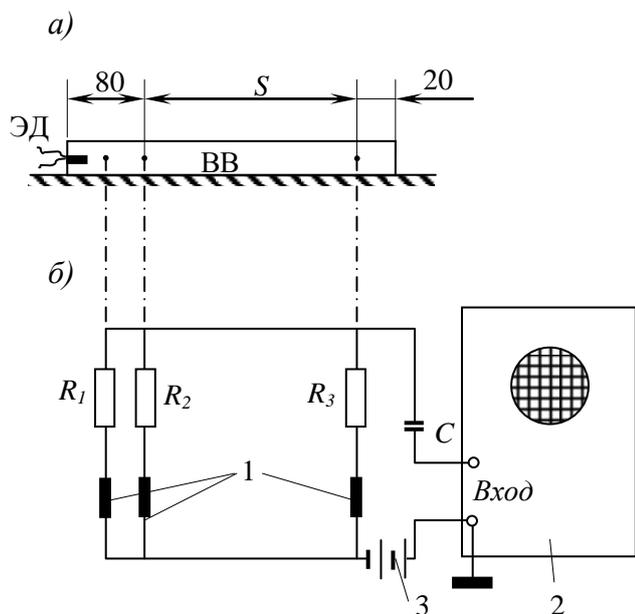
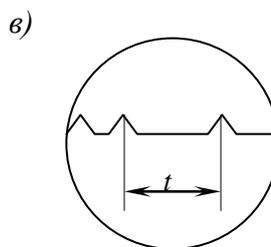


Схема замер скорости детонации с помощью осциллографа:

$a$  – схема опыта;  $b$  – электрическая схема;  $в$  – вид осциллографа; 1- проволоки; 2– осциллограф; 3 – источник тока;  $R_1, R_2, R_3$  – сопротивления;  $C$  – конденсатор.



двумя последними всплесками, определим скорость детонации ВВ (м/с):

$$v_{ВВ} = \frac{S}{t}$$

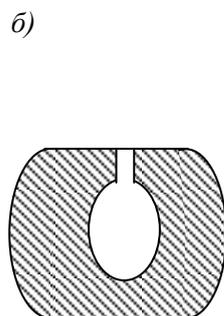
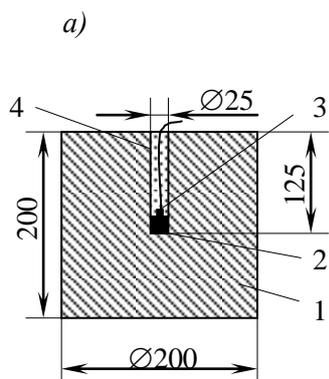
способы определения скорости детонации с помощью искровых хронографов, скоростной киносъемки свечения заряда, зеркальной фоторазвертки и т.п. сложны и применяются только при специальных исследованиях.

## 9.5. Определение работоспособности и бризантности промышленных ВВ.

Для определения работоспособности ВВ, применяют массивную цилиндрическую бомбу по методу Трауця с отверстием по оси, глубиной 125 мм и диаметром 25 мм, заряд ВВ массой 10 г и плотностью 1 г/см<sup>3</sup> помещают в цилиндрическую оболочку из тонкой бумаги. В патрон помещают капсульдетонатор или ЭД. Подготовленный, таким образом, патрон вводят в канал бомбы. Пространство над зарядом посыпают кварцевым песком, просеянным через сито, имеющее 144 отверстия на 1 см<sup>2</sup>.

После взрыва, замеряют объем образовавшейся грушевидной полости, заливая в нее измеренное количество воды. Из полученного объема полости, вычитают первоначальный объем канала в 61,5 см<sup>3</sup> и объем полости, который

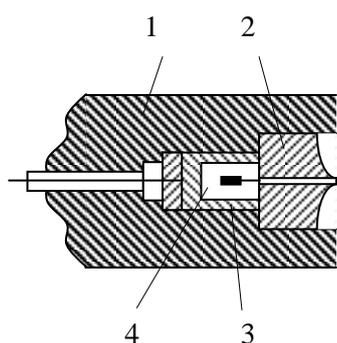
получается при взрыве одного капсуль-детонатора ( $28-30 \text{ см}^3$ ). Увеличение объема канала служит характеристикой работоспособности ВВ или его фугасности.



Определение работоспособности ВВ в свинцовой бомбе методом Трауцля:  
 а)- до взрыва; б)- после взрыва;  
 1-свинцовый столбик; 2- заряд ВВ; 3- ЭД; 4- забойка.

Для получения сравнимых результатов разработаны стандартные условия испытания ВВ и изготовление самих бомб. Каждую партию отлитых свинцовых бомб испытывают эталонным ВВ, в качестве которого применяют тротил. Температура, при которой выполняют испытания, также оказывает влияние на результаты. Если температура выше или ниже  $+15^\circ\text{C}$ , то в результаты вносят соответствующую поправку.

**Испытание в баллистическом маятнике.** Массивная стальная мортира массой 300 кг, подвешена на тягах длиной 3 м и может подобно маятнику, отклоняться под действием приложенных сил. Внутри мортиры вставляется вкладыш, из высококачественной стали, к которой имеется канал для размещения заряда ВВ массой до 10 г., дульная часть мортиры закрывается специальным снарядом. При взрыве, снаряд выбрасывается, а маятник отклоняется на определенный угол, величина которого фиксируется специальным движком.



Определение работоспособности ВВ в баллистическом маятнике:  
 1 – маятник-мортира; 2 – снаряд;

Если обозначить вес маятника через  $M$ , вес снаряда через  $m$ , длину маятника через  $l$  и угол отклонения через  $\alpha$ , можно вычислить работу продуктов взрыва следующим образом.

Работа отклонения маятника:

$$A_1 = M \cdot h = M \cdot l \cdot (1 - \cos \alpha),$$

так как величина поднятия центра тяжести:

$$h = l \cdot (1 - \cos\alpha).$$

Другая часть работы, затраченная на выброс снаряда:

$$A_2 = \frac{m \cdot v_c^2}{2 \cdot g},$$

где  $v_c$  – начальная скорость снаряда, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

Поскольку количество движения, получаемое маятником  $\frac{M \cdot v_M}{g}$  и снарядом  $\frac{m \cdot v_c}{g}$ , равно, то  $m \cdot v_c = M \cdot v_M$ , отсюда:

$$v_c = \frac{M}{m} \cdot v_M.$$

Скорость отклонения маятника  $v_M$  можно найти из следующего соотношения:

$$M \cdot l \cdot (1 - \cos\alpha) = \frac{M \cdot v_M^2}{2 \cdot g},$$

отсюда,

$$v_M^2 = 2 \cdot l \cdot (1 - \cos\alpha);$$

следовательно,

$$v_M^2 = \frac{M^2}{m^2} \cdot 2 \cdot l \cdot (1 - \cos\alpha),$$

а работа выброса снаряда

$$A_2 = \frac{m \cdot v_c^2}{2 \cdot g} = \frac{M}{m} \cdot l \cdot (1 - \cos\alpha).$$

Вся же работа взрыва

$$A = A_1 + A_2 = M \cdot l \cdot \left(1 + \frac{M}{m}\right) \cdot (1 - \cos\alpha).$$

Это наиболее распространенный за рубежом, особенно в США, метод испытаний ВВ. Испытуемое ВВ сравнивается со стандартным (обычно тротилом) при одинаковой величине отклонения маятника. При этом относительная величина работоспособности (%) определяется по формуле:

$$k = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100\%,$$

где  $Q_1$  – масса заряда испытываемого ВВ, дающая такое же отклонение маятника, как заряд стандартного ВВ  $Q_2$ .

Определение бризантности заряда, выполняется на свинцовых столбиках по методу Гесса. Навеску ВВ массой 50 г помещают в цилиндрический бумажный патрон диаметром 40 мм и подпрессовывают до плотности 1 г/см<sup>3</sup> с одновременным образованием гнезда, для детонатора в патрон вкладывают картонный кружок с отверстием для детонатора. Затем патрон устанавливают на круглую стальную пластинку толщиной 10 мм и диаметром 41 мм, расположенную на свинцовом столбике диаметром 40 мм и высотой 60 мм. Столбик с зарядом ВВ укрепляют на стальной плите толщиной не менее 20 мм. В гнездо заряда помещают детонатор, с помощью которого взрывают заряд. При

взрыве происходит уменьшение высоты свинцового столбика, который приобретает грибообразную форму. Измерение высоты столбика до и после взрыва в четырех точках по окружности, дает возможность определить уменьшение высоты столбика в миллиметрах, которым и характеризуется бризантность ВВ.

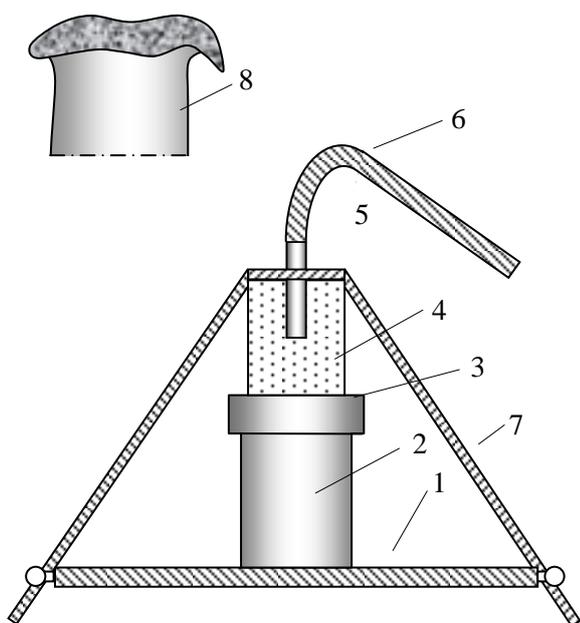


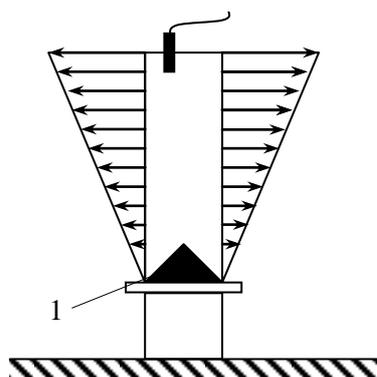
Схема определения бризантности ВВ методом Гесса:

- 1 – плита; 2 – свинцовый столбик;  
3 – стальная прокладка; 4 – заряд ВВ;  
5 – капсюль-детонатор; 6 – ОШ;

Бризантность заряда не может полностью характеризовать действие ВВ при отбойке породы, поскольку, как показывают исследования, бризантное действие происходит только за счет его головной (активной) части 1, за время действия которого, давление на фронте становится выше критического для данного материала. Бризантность заряда зависит от детонационного давления и удельного импульса. Удельный импульс может быть определен по формуле:

$$I = \frac{8}{27} \cdot m_a \cdot v,$$

где  $m_a$  – активная масса заряда, кг;  $v$  – скорость детонации, м/с.



Активная часть заряда при определении бризантности ВВ

## 9.6. Испытания электродетонаторов.

**Наружный осмотр.** От поступившей на базисный склад партии ЭД, их двух ящиков и не менее чем из 20 коробок, отбирают 200 ЭД, которые подвергают наружному осмотру.

Если ЭД снаряжены в металлические гильзы, то на гильзах не должно быть окисления, загрязнений, трещин, помятостей или раковин. У ЭД, снаряженных в бумажные гильзы, не должно быть отслаивания бумаги в местах склеивания, а также разломачивания бумажных гильз и сколов тетрила у дна гильзы ЭД. Не допускается слабая обжимка детонатора, нарушение изоляции проводов, загрязнение и окисление защитных концов проводов.

В случае обнаружения дефектов при осмотре отобранных ЭД составляют рекламационный акт, который направляют заводу-изготовителю, вышестоящей хозяйственной организации и ведомственному институту по безопасности работ для принятия соответствующих мер. При этом всю партию бракуют. Вопрос о возможности дальнейшего её использования решает комиссия с участием представителей завода-изготовителя. Забракованные ЭД следует уничтожать в установленном порядке.

**Определение сопротивления ЭД.** При проверке на расходных складах электрического сопротивления ЭД помещают в специальное предохранительное (защитное) устройство, для того, чтобы в случае взрыва ЭД, осколки не могли травмировать проверяющего. Сопротивление ЭД должно соответствовать сопротивлению, указанному на этикетках коробок. При отклонении сопротивлений от указанных на этикетках ЭД бракуют, не допускают к применению и составляют рекламационный акт, экземпляры которого высылают заводу-изготовителю, вышестоящей хозяйственной организации, ведомственному институту по безопасности работ, а также ведомству-изготовителю ВМ.

**Испытание ЭД на групповой подрыв.** Для испытания на групповой подрыв, от каждой партии берется 60 ЭД, который располагают на грунте на расстоянии 0,3-0,5 м один от другого и соединяются последовательно в три группы по 20 шт, в каждой.

Затем металлическим шилом против каждого ЭД в грунте делаются углубления, в которые помещаются ЭД на всю длину гильзы. В зимнее время ЭД на время можно помещать в специальные металлические стаканы (отрезки металлических труб диаметром не менее 10 см).

Сопротивление каждой группы ЭД с безопасного места определяется при помощи омметра Р-353. На расстоянии не менее 50 м производится взрывание каждой группы ЭД током не более 2А.

При включении источника тока, вся группа ЭД должна взорваться. О полноте их взрыва судят по воронкам в грунте, где они были вставлены и взорваны, или по отсутствию остатков в металлических станках.

## 9.7. Испытания ДШ.

**Наружный осмотр.** От каждой партии, поступившей на склад, вскрывают один ящик, в котором все бухты ДШ подвергают наружному осмотру. При этом устанавливают наличие или отсутствие дефектов, как, например, нарушение целостности оболочки, переломы, утончение и утолщение. Если число бухт с дефектами превышает 10% общего числа, подвергающихся осмотру бухт, всю партию ДШ бракуют.

**Испытание ДШ на безотказность взрывания.** Для испытания берутся три бухты и от каждой из них отрезаются пять отрезков по 1 м, а оставшиеся 95 м служат в качестве магистральных линий. К каждой из трех магистральных линий присоединяются отрезки ДШ, располагаемые в направлении по ходу детонации. При всех соединениях применяется тип сростка, принятый на данных работах, но не отличающийся от схем, указанных в ГОСТе на ДШ.

Шнур, давший при взрыве в трех схемах более одного отказа на магистрали или более двух отказов в детонации в подсоединенных пяти отрезках, бракуется.

**Испытание ДШ на водонепроницаемость.** Если предприятие предполагает применять ДШ в сырых или мокрых забоях от испытания выполняются после замачивания бухт в воде на глубине 1 м. При этом концы бухты заделываются водостойкой мастикой. Если шнур предназначен для сырых работ, замачивание ведется в течение 1 ч, для работ в воде в течение 4 ч. Если образцы шнура не выдерживают испытания на водостойкость, они могут быть испытаны без замачивания, но тогда данная партия шнура может быть допущена только к применению в сухих забоях.

**Испытание ДШ при высоких температурах.** Если ДШ применяется при высоких температурах (до 60<sup>0</sup> С), то его испытывают после предварительного нагревания образцов в термостате или в естественных условиях при температуре, при которой он будет применяться, но не выше 60<sup>0</sup> С. Нагревание выполняется в течение 4 ч. Шнур, не выдержавший испытания на высокую температуру, следует защищать от влияния такой температуры при его использовании. При невозможности выполнения этого требования, его нельзя применять в данных условиях.

**Испытание ДШ при низких температурах.** Шнур, предназначенный для взрывных работ при температуре ниже -15<sup>0</sup>С, должен быть испытан на безотказность взрывания схем, смонтированных после выдержки шнура, в течение 2 ч при температуре его применения. Шнур, не детонирующий в этих условиях, не следует применять при пониженных температурах.

**Испытание ДШ на маслостойкость.** В связи с расширением объемов использования игданитов и простейших ВВ заводского изготовления с жидкими горючими добавками (соляровым маслом) необходим ДШ, предназначенный для их инициирования, испытывать на маслостойкость.

Испытания проводятся в цилиндрическом сосуде с соляровым маслом на глубине не менее 1 м. Шнур опускается в сосуде в виде петли со связанными узлами в соответствии с условиями его применения в зарядах.

Шнур (три отрезка) выдерживается в сосуде столько, сколько времени он находится в заряде до взрыва в реальных условиях, после чего он извлекается из сосуда, подвергаясь наружному осмотру, выполняется его инициирование.

Шнур считается выдержавшим испытание на маслостойкость, если происходит полная детонация всех отрезков. Если оплетка оказалась разрушенной или произошел отказ одного из отрезков, проводятся повторные испытания с удвоенным числом отрезков. Если при повторных испытаниях установлены отмеченные выше дефекты, ДШ данной партии для инициирования ВВ с добавками солярового масла применять не разрешается.

## 9.8. Испытания огнепроводных шнуров.

**Наружный осмотр.** От каждой поступившей партии вскрывают не менее одного ящика, в котором все бухты ОШ подвергают наружному осмотру. Наружным осмотром устанавливают наличие или отсутствие следующих дефектов: переломы, трещины в оболочке, разлохмачивание концов, следы подмочки и прочее. В случае обнаружения указанных дефектов всю партию бракуют, составляют рекламационный акт, экземпляры которого высылают заводу-изготовителю, ведомственному институту по безопасности работ и ведомству-изготовителю ВМ. Все бухты шнура, имеющие дефекты, бракуются и подлежат уничтожению. После наружного осмотра отбирают 2% бухт, которые подвергают другим видам испытаний.

**Испытания огнепроводного шнура на скорость, полноту и равномерность горения.** Отобранные для испытания бухты ОШ, разматываются до каждой бухты, с одного конца отрезается по 5 см шнура, которые уничтожаются. Затем от каждой бухты отрезается по одному отрезку длиной по 60 см. Подготовленные, таким образом, отрезки сжигаются, а время горения каждого отрезка отмечается по секундомеру.

Оставшиеся от испытаний куски бухт, раскладываются на площадке и поджигаются, причем время их горения отмечается по секундомеру. Отмечаются затухания, проскоки пламени, воспламенения оболочки и другие случаи отклонения от нормального режима горения.

Шнур, давший при испытании хотя бы одно затухание, не выдержавший испытания на водостойкость или показавший время горения для нормального горящего шнура менее 60 с или более 70 с на 60 см, бракуется. Эта партия подвергается повторному испытанию с удвоенным количеством шнура. При обнаружении указанных дефектов вся партия бракуется.

**Испытание огнепроводного шнура на водостойчивость.** Шнур марки ОША испытывается после выдерживания их в воде в течение 1 ч, а марки ОШДА и ОШП – в течение 4 ч. Выдерживание производится на глубине 1 м, причем концы бухт заделываются водостойчивой мастикой.

Шнур, давший хотя бы одно затухание после замачивания, может допускаться только для работ в сухих забоях.

## Резюме

Испытания промышленных ВМ производят для определения их пригодности к применению на взрывных работах или дальнейшему хранению. К испытанию подвергаются ВВ, ЭД, КД, ДШ и ОШ.

Испытание ВМ производится на расстоянии не менее 200 м от склада ВМ на специально отведенном месте. Люди, занятые испытанием ВМ, на время взрывания должны удаляться на расстояние не менее 50 м от места взрывания.

### *Вопросы для повторения.*

1. Назовите сроки периодического испытания ВМ.
2. Как испытывают промышленные ВВ?
3. Как определяется скорость детонации промышленных ВВ по методу Дотриша?
4. Как определяется скорость детонации промышленных ВВ по методу осцилографирования?
5. Что такое бризантность и работоспособность промышленных ВВ?
6. Расскажите о методике испытания ЭД.
7. Что такое безопасный ток?
8. Расскажите о методике испытания ДШ.
9. Как испытывают ДШ на маслостойкость?
10. Расскажите о методике испытания ОШ.

### *Темы докладов для семинарских занятий*

1. Изучение распределения импульса воспламенения промышленных ЭД.
2. Исследование основных энергетических зависимостей в электро-воспламинителях промышленных ЭД.
3. Исследование состояния вопроса надежности взрывных работ с использованием ДШ.
4. Изучение способов повышения надежности взрывных работ с использованием ДШ.
5. Определение линейной плотности ВВ в ДШ методом математического моделирования.
6. Изучение скорости распространения детонации скважинных зарядов ВВ в промышленных условиях.

# **КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ВЗРЫВАНИЯ. ИНИЦИИРУЮЩИЕ ВВ И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

## **План лекции**

- 10.1. Цель работы и основные задачи.
- 10.2. Изучение классификации средств взрывания.
- 10.3. Ознакомление иницирующими ВВ и их основными энергетическими характеристиками.
- 10.4. Изучение схемы КД и область их применения.
- 10.5. Изучение схемы ОШ и средства их зажигания, а также область их применения.
- 10.6. Изучение схемы ЭД и область их применения.
- 10.7. Изучение схемы ДШ и область их применения.

## 10.1 Цель работы

**Цель работы** - изучение классификации средств взрывания и инициирующие ВВ, а также их область применения.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение классификации средств взрывания;
- ознакомление инициирующими ВВ и их основными энергетическими характеристиками;
- изучение схемы КД и область их применения;
- изучение схемы ОШ и средства их зажигания, а также область их применения;
- изучение схемы ЭД и область их применения;
- изучение схемы ДШ и область их применения.

В зависимости от источника передачи начального импульса к заряду промышленного ВВ средства взрывания разделяются на четыре группы.

**Средства огневого взрывания:** КД, ОШ, зажигательные патроны и средства зажигания ОШ.

**Средства электрического взрывания:** ЭД, соединительные провода, источники тока и контрольно-измерительная аппаратура.

**Средства электроогневого взрывания:** КД, ОШ и электрозажигатели.

**Средства взрывания с помощью ДШ:** ДШ и средства огневого, электрического или электроогневого взрывания.

Средствами взрывания характеризуют применяемый способ взрывания, поэтому они рассмотрены в параграфах этой главы, в которых изложены соответствующие способы взрывания зарядов. Приборы и принадлежности электрического взрывания рассмотрены в следующей главе.

### **Инициирующие ВВ.**

Для снаряжения КД и ЭД применяются первичные и вторичные инициирующие ВВ. К первичным инициирующим ВВ относятся гремучая ртуть, азид свинца и тринитрорезорцинат свинца (ТНРС). К вторичным ВВ относятся тетрил, гексоген и ТЭН.

Инициирующие ВВ являются высокочувствительными соединениями, в порошкообразном состоянии они особенно опасны в обращении и легко взрываются от слабого удара, трения, накола, тряски, луча огня или искры. Вследствие большой опасности перевозка первичных инициирующих ВВ в порошкообразном виде запрещена. В запрессованном виде опасность несколько снижается вследствие уменьшения их чувствительности. Первичные инициирующие составы негигроскопичны, но способны увлажняться. Характеристика первичных и вторичных инициирующих ВВ, применяемых в средствах взрывания, приведена в табл. 1.

**Первичные инициирующие ВВ** инициируют взрыв более мощных вторичных ВВ в КД. Взрыв КД вызывает взрыв основного заряда ВВ или шашки промежуточного детонатора.

**Гремучая ртуть** – кристаллический ядовитый порошок, белого или серого цвета. В сухом порошкообразном состоянии гремучая ртуть чрезвычайно чувствительна, даже к слабым механическим воздействиям. При содержании 10% влаги, гремучая ртуть, горит не детонируя, при содержании 30% влаги она даже не загорается. Прессованная гремучая ртуть менее чувствительна к внешним воздействиям, поэтому для изготовления детонаторов она применяется в прессованном виде.

Таблица 10.1

Показатели	Первичные инициирующие ВВ			Вторичные инициирующие ВВ		
	Гремучая ртуть	Азид свинца	ТНРС	Тетрил	ТЭН	Гексоген
Объем образующихся при взрыве газов, л/кг	316	308	448	412	780	890
Теплота взрыва, ккал/кг	405	381	418	1078	1410	1310
Температура взрыва, °С	4450	4300	3030	3810	4000	3850
Плотность монокристалла, г/см <sup>3</sup>	3,5	4,6	2,9	1,0	1,0	1,05
Кислородный баланс, %	-11,8	-	-56,0	-47,4	-10,1	-20,1
Скорость детонации*, км/с	5,4	5,3	5,2	7,2/1,63*	8,2/1,65	8,3
Работоспособность, см <sup>3</sup>	110	115	110	350	500	470
Температура вспышки, °С	165	327	270	195	220	203,5
Чувствительность к удару	2	4	11	30	30	30

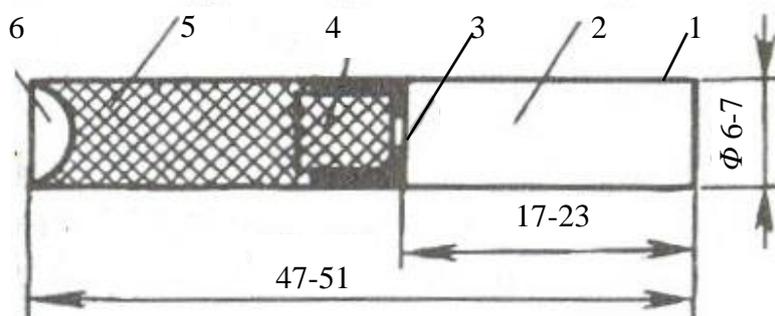
**Азид свинца** – белый мелкокристаллический порошок, негигроскопичен, не растворяется в воде и не теряет детонационной способности при увлажнении. Азид свинца – наиболее мощное первичное инициирующее ВВ, менее токсичное, чем гремучая ртуть, поэтому находит широкое применение при изготовлении детонаторов. Степень уплотнения и температура азид свинца не влияют на его чувствительность. Недостаточная чувствительность азид свинца к лучу огня приводит к тому, что его применяют в сочетании с более чувствительными инициирующими ВВ к воспламенению ТНРС.

**ТНРС** – золотисто-желтый кристаллический порошок. По чувствительности занимает промежуточное место между гремучей ртутью и азидом свинца.

**Вторичные инициирующие ВВ** – предназначены для увеличения энергии начального инициирующего импульса и передачи детонации основному заряду ВВ. Они менее чувствительны к внешнему воздействию, но имеют большую скорость детонации и теплоту взрыва.

**Тетрил** (тринитрофенилметилнитрамин) – кристаллический порошок бледно-желтого цвета. При воспламенении быстро горит и переходит в детонацию. Применяется в качестве вторичных ВВ в детонаторах.

**ТЭН** – кристаллический порошок белого цвета, неигроскопичен и нерастворим в воде. Относится к мощным вторичным инициирующим ВВ. Применяется для изготовления ДШ и в качестве вторичных инициирующих ВВ в некоторых типах ЭД.



**Рис.10.1. Капсюль-детонатор:**

1-гильза; 2-гнездо; 3-чашка; 4-первичное инициирующее ВВ;  
5-вторичное инициирующее ВВ; 6-кумулятивный проем;

## 10.2. Капсюль-детонатор

КД, схема которого приведена на рис.10.1. представляет собой цилиндрическую гильзу (медную, алюминиевую, латунную или бумажную) диаметром 6-7 и длиной 47-51 мм, снаряженную зарядами первичного и вторичного инициирующего ВВ. В гильзу детонатора запрессовывается сначала вторичное инициирующее ВВ (ТЭН, тетрил, гексоген), а затем вводится первичное инициирующее ВВ в металлической чашке с отверстием в центре диаметром 2-2,5 мм. Сквозь это отверстие к первичному инициирующему ВВ проникает пламя ОШ и вызывает детонацию ВВ. Для предотвращения высыпания ВВ - отверстие чашечки закрыто шелковой сеточкой.

В настоящее время промышленностью выпускаются КД, которые в зависимости от состава заряда ВВ делятся на гремухертутно-тетриловые и азидо-тетриловые. Состав и основные размеры КД приведены в табл.10.2.

Для усиления инициирующего действия, доньшко КД имеет кумулятивное углубление.

Заряд инициирующих ВВ занимает примерно две трети высоты гильзы. Верхняя, свободная часть гильзы, так называемое дельце, водного шнура или электровоспламенителя.

В наименование КД входят его номер и первые буквы названия материала гильзы (М-медь, Б-бумага, А-алюминий), а для азидо-тетриловых, кроме того, первой буквы названия инициирующих ВВ, например, № 8-А-ТАТ – азидо-тетриловый с добавкой ТНРС, детонатор № 8 в алюминиевой гильзе (ТАТ – ТНРС – азид - тетрил).

КД имеют высокую чувствительность к удару, трению, сжатию и огню. Поэтому при обращении с ними, нужно соблюдать максимальную осторожность: переносить их необходимо в специальных сумках; перед употреблением

тщательно осматривать, очищать от соринки только легким постукиванием о ноготь пальца.

Таблица 10.2

Капсюль-детонатор	Материал гильзы	Состав, г				Высота, мм	Внутренний диаметр, мм	Гарантийный срок хранения, лет
		Гремучая ртуть	Азид свинца	ТНРС	Тетрил			
Гремучертутно-тетриловый № 8М	Медь или латунь Бумага	0,5	-	-	1,0	50	6,3-6,5	10
Гремучертутно-тетриловый № 8Б		0,5	-	-	1,0	50	6,3-6,5	2
Гремучертутно-тетриловый № 8С	Биметалл, сталь Алюминиевый	0,5	-	-	1,0	50	6,3-6,5	2
Азидо-тетриловый № 8А		-	0,2	0,1	1,0	50	6,3-6,5	10

### 10.3. Огнепроводный шнур

ОШ служит для передачи луча огня к инициирующему ВВ в КД или воспламенения пороховых зарядов.

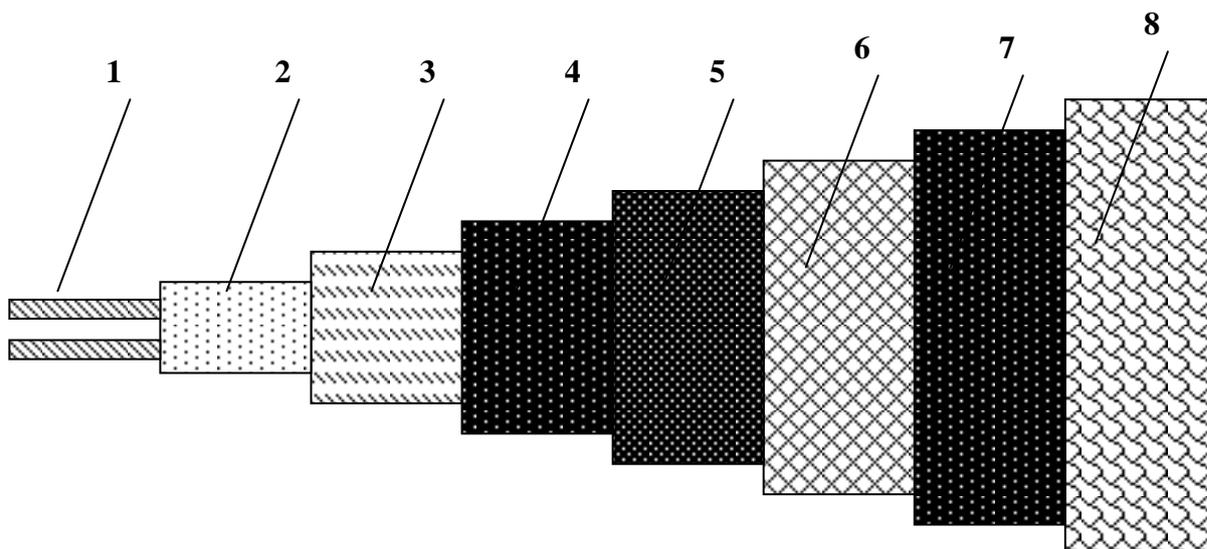
ОШ представляет собой спрессованную из дымного пороха (78% калиевой селитры, 12% угля, 10% серы) сердцевину с направляющими нитями, завернутую в нитяные оплетки с гидроизоляционными прослойками (рис.10.2).

В зависимости от гидроизоляции различают шнуры – асфальтированный, двойной асфальтированный и с пластиковым покрытием.

Характеристика ОШ приведена в табл.10.3.

Внешний диаметр шнура 5-6 мм, число оплеток 3, скорость горения 1-1,18 см/с. Правилами безопасности предусмотрено, что скорость горения для нормального горящего ОШ длиной 60 см., должна быть не менее 60 и не более 70 с.

Марка	Огнепроводный шнур	Диаметр, мм	Материал наружного покрытия	Применение в среде	Гарантийный срок годности, лет
ОША	Асфальтированный	4,8-5,8	Водоизолирующая мастика опудренная	Влажной и сухой	5
ОШДА	Двойной асфальтированный	5-6	То же	Обводненной влажной и сухой	1
ОШП	Пластиковый	5-6	Пластикатная масса	То же	5



**Рис.10.2. Огнестойкий шнур.**

1-направляющие нити; 2-пороховая мякоть; 3-двойная льняная оплетка; 4-смола; 5-асфальт; 6-оплетка; 7-смола; 8-наружная оболочка.

Огнестойкий шнур (ОША и ОШДА) может использоваться при температуре от  $+45^{\circ}$  до  $-25^{\circ}$ , а ОШП – при температуре от  $+50$  до  $-35^{\circ}\text{C}$ . Хранение ОШ, во избежание слипания наружных оболочек в бухтах – при температуре до  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Промышленность выпускает ОШ отрезками по 10 м. Эти отрезки свертывают в круги и по 25 штук укладывают в бухту, которую зарывают в бумагу. Каждые 8-12 бухт упаковывают в деревянные ящики. В ящики помещают от 2000 до 3000 м шнура.

## 10.4. Средства зажигания ОШ

Зажигание ОШ при взрывных работах может производиться при помощи электрозажигателя, электрозажигательного патрона, зажигательного патрона, тлеющего фитиля и отрезка ОШ. Зажигательные трубки одиночных зарядов можно зажигать спичкой.

**Тлеющий фитиль** представляет собой шнур с льняной или хлопчатобумажной сердцевиной, пропитанной раствором калиевой селитры. Снаружи шнур заключен в хлопчатобумажную оплетку из крученой пряжи, диаметр фитиля 6-8 мм, скорость тления 0,4-1,0 см/мин. Его зажигают спичкой и подносят к концу ОШ.

Фитиль следует хранить в сухом месте, так как при увлажнении он теряет способность тлеть. Фитиль сматывают в бухты по 50 м длиной, пакуют по пять бухт в пачки, обертывают бумагой и перевязывают шпагатом. Каждые восемь пачек упаковывают в деревянный ящик.

**Зажигательные патрончики** применяются для группового зажигания 10-40 отрезков ОШ и представляют собой бумажные гильзы, на дне которых

помещается в виде лепешки пороховый воспламенительный состав (85-86% дымного пороха, 9-9,5% канифоли и 4,5-4% парафина). Собранные в пучок ОШ вплотную помещают в гильзу к пороховой лепешке и плотно обвязывают шпагатом. Одновременно в патрон вводят короткий (15-30 см) воспламенительный отрезок шнура. Зажженный воспламенительный отрезок ОШ зажигает пороховую лепешку, от которой зажигаются все шнуры, находящиеся в патроне. Число зажигательных патронов, воспламеняемых за один прием, должно быть не более десяти на забой.

Патроны для группового зажигания могут воспламеняться также электрическим способом.

**Электрозажигательный патрон ЭЗП-Б** состоит из бумажной гильзы с зажигательным составом и электровоспламенителями. Предназначается для электрического зажигания пучка отрезков ОШ.

В электрозажигательных патронах зажигание пучка производится от электровоспламенителя. Зажигательные и электрозажигательные патроны изготовляют пять типов в зависимости от числа, поджигаемых ОШ.

Для зажигания отдельных отрезков ОШ, используется электрозажигатель ЭЗ-ОШ-Б, состоящий из бумажной гильзы, пластиковой пробки и воспламенительной головки. Электрозажигатель срабатывает от постоянного тока 1 А и переменного тока 2,5 А.

КД, соединенный с ОШ, называется зажигательной трубкой. Патрон ВВ, в который введена зажигательная трубка, называется патроном-боевиком. Патрон-боевик может быть, также оснащен ЭД или ДШ. Боевик служит для передачи детонации заряду ВВ.

## 10.5. Электродетонаторы

ЭД служит для создания начального импульса с целью взрыва промышленных ВВ и ДШ, который представляет собой соединение КД с электровоспламенителем в одной гильзе.

ЭД различаются:

- **по роду и количеству, находящегося в них заряда инициирующего ВВ** (гремучертутно-тетриловые и азидо-тетриловые);
- **по времени срабатывания** (мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия);
- **по конструктивному оформлению и назначению** (общего значения, для сейсморазведки, для торпедирования нефтяных скважин и др.);
- **по условиям применения** (в сухих или обводненных местах, в шахтах, опасных или неопасных по газу и пыли);
- **по мощности** - на ЭД нормальной и повышенной инициирующей способности.

**ЭД мгновенного действия.** Электровоспламенитель в них находится непосредственно у чашечки КД, который при включении тока взрывается мгновенно. В настоящее время промышленностью выпускается ЭД мгновенного

действия общего применения в неприехранительном и предохранительном исполнении.

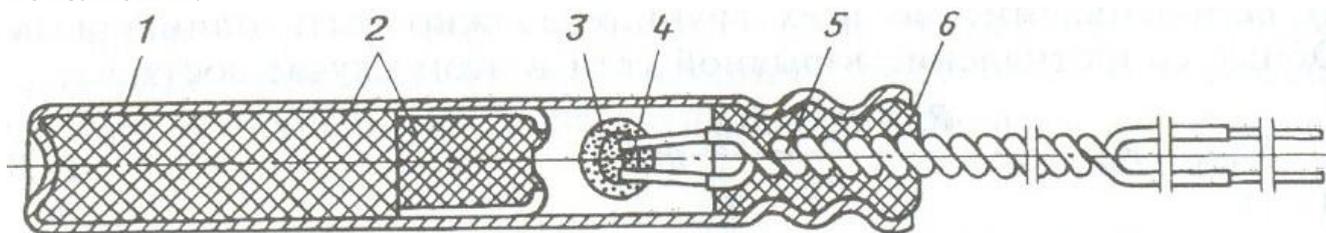


Рис.10.3. ЭД мгновенного действия ЭД – 8 – Ж: 1-гильза; 2-первичные и вторичные заряды детонатора; 3-двуслойная воспламенительная головка; 4-мостик; 5-выводные провода; 6-пластиковая пробка.

Неприехранительные ЭД предназначены для инициирования зарядов ВВ на открытых и подземных горных работах, кроме шахт, опасных по газу или пыли.

ЭД-8-Э и ЭД-8-Ж изготавливаются на базе стандартных гремучертутных КД со стальной гильзой. Их заряд состоит из 0,5 г гремучей ртути и 1,02 г гексогена или тетрила. Мостик — из нихромовой проволоки диаметром  $30 \pm 2$  мк, длиной от 2 до 5 мм. Крепление мостика в ЭД-8-Э эластичное, а в ЭД-8-Ж — жесткое. Воспламенительная головка твердая, двухслойная. В качестве выводных проводов применяется стальная или медная одножильная проволока диаметром 0,5 мм в полихлорвиниловой изоляции, длиной 2; 2,5; 3,5 и 4 м. Электровоспламенитель укреплен в гильзе путем обжимки ее по пластиковой пробке.

**Электродетонаторы короткозамедленного действия (ЭДКЗ)** применяют в тех случаях, когда взрывы отдельных зарядов или серий зарядов должны следовать один за другим в определенной последовательности через весьма малые промежутки времени. Интервалы между взрывами обычно выбираются такие, чтобы каждый последующий взрыв происходил в то время, когда горная масса находится в напряженном состоянии под действием предыдущего взрыва или при появлении дополнительной открытой поверхности.

ЭДКЗ состоят из электровоспламенителя, замедлителя и детонатора, смонтированных в общей гильзе. Используются быстросрабатывающие электровоспламенители, у которых воспламенительная головка сгорает без образования газов. Первый слой воспламенительной головки у ЭДКЗ обычно имеет такой же состав, как у ЭД мгновенного действия, второй же слой делается из смеси свинцового сурика ( $Pb_3O_4$ ) с силикокальцием ( $CaSi_2$ ), из смеси перекиси бария ( $BaO_2$ ) с ферросилицием (FSi), из пикромината свинца в смеси с перекисью свинца, силикокальцием, цирконием, алюминием и др.

Необходимая величина замедления достигается подбором состава замедлителя и высотой его столбика. Номинальное время срабатывания указывается на доньшке гильзы ЭД или на металлической бирке, прикрепленной к выводным проводам.

Замедляющий состав в ЭДКЗ, состоит из смеси свинцового сурика и кремния, которая цементируется нитролаком. Содержание сурика и кремния зависит от величины замедления, при этом для увеличения замедления

содержание кремния увеличивают. Время замедления регулируется также высотой столбиков замедляющего состава. Замедляющий состав в ЭДКЗ запрессован в стальной колпачок, в который запрессовывается также инициирующее ВВ детонаторов. У азидовых ЭД в колпачок запрессовывается и часть навески бризантного ВВ (ТЭН). Снаряженный колпачок, в свою очередь, запрессовывается в гильзу ЭД.

В настоящее время выпускаются ЭДКЗ следующих типов: ЭДКЗ-15; ЭДКЗ-25; ЭДКЗ-ПМ-15; ЭДКЗ-ПМ-25; ЭДБ-ПМ-КЗ-15; ЭДБ-ПМ-КЗ-25 и ЭДКЗ-15У. Электродетонаторы: ЭДБ-ПМ-КЗ-25 и ЭДКЗ-15У допущены к промышленным испытаниям, от результатов которых зависит возможность их постоянного применения.

Электродетонаторы ЭДКЗ-15 и ЭДКЗ-25 - водостойкие, непродохранительные, по мощности соответствующие КД № 8, предназначенные для открытых и подземных работ (кроме шахт, опасных по газу или пыли), для сухих и увлажненных забоев. Первые наиболее эффективны при взрывании горных пород средней крепости, вторые - для взрывания пород ниже средней крепости.

Электродетонаторы ЭДКЗ-15 и ЭДКЗ-25 имеют биметаллическую гильзу со стенками толщиной 0,3 мм. Первичный заряд — азид свинца (0,15 г), вторичный заряд - гексоген (1,1 г). Зажигательный и замедляющий составы, а также азид свинца и часть гексогена (0,3 г) запрессованы в стальной колпачок. Электровоспламенитель типовой, с жестким или эластичным креплением мостика, выводные провода - стальные или медные с пластмассовой изоляцией. К одному из них укреплен металлическая бирка-жетон, на котором указан номер серии замедления.

Электродетонаторы ЭДКЗ-15 изготавливаются с номинальными замедлениями: 15; 30; 45; 00; 75; 90; 105 и 120 мс. При этом фактические замедления (при воспламенении постоянным током 1 А могут отличаться от номинальных на  $\pm 7$  мс.

Электродетонаторы ЭДКЗ-25 выпускаются с номинальными замедлениями: 25, 50, 75, 100, 150 и 250 мс. Отклонения от номинальных замедлений при постоянном токе 1 А могут составлять; для первых двух серий  $\pm 10$  мс, для третьей - от -10 до +15 мс, для четвертой - от -5 до +30 мс, для пятой - от -15 до +45 мс и для шестой -  $\pm 50$  мс.

**Электродетонаторы замедленного действия (ЭДЗД)** отличаются от ЭД мгновенного действия тем, что между электровоспламенителем и первичным инициирующим ВВ помещен столбик замедляющего состава (смеси свинцового сурика и ферросилиция, хромата свинца и ферросилиция либо сурика и перманганата калия). Время замедления зависит от длины столбика замедлителя, его состава и плотности. О номинальном замедлении ЭДЗД можно судить по номеру ступени замедления, выбитому на металлической бирке, прикрепленной к выводным проводам. Отечественные заводы выпускают ЭДЗД девяти ступеней 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 4; 6; 8 и 10 с следующих номеров: № 7, № 8, № 9, № 10, № 11, № 12, № 13.

ЭДЗД изготавливаются двух типов: гремуче-ртутные и азидовые. Они имеют стальные гильзы, выводные провода (стальные или медные). При использовании стальных проводов мостик имеет жесткое крепление, а при использовании медных проводов — эластичное.

Замедляющий состав ЭД, принадлежащих к ступеням замедления № 7 и № 8, состоит из хромокислого свинца и ферросилиция, а у ЭД остальных ступеней замедления — из свинцового сурика, хромокислого свинца и ферросилиция. Навеска замедляющего состава увеличивается с повышением величины замедления.

Зажигательный состав у ЭДЗД всех ступеней замедления состоит из свинцового сурика и ферросилиция, замешанных на нитролаке. В ЭДЗД зажигательный и замедляющий составы и иницирующие ВВ запрессовываются в стальной колпачок. У азидовых ЭДЗД в колпачок запрессовывается также часть бризантного ВВ (ТЭНа). В ЭДЗД мостик и воспламенительная головка такие же, как у ЭДКЗ.

ЭД мгновенного действия укладывают в картонные коробки по 40-70 шт (в зависимости от длины проводов), ЭДКЗ и ЭДЗД - по 40-60 шт в картонные коробки рядами по 5-10 шт.

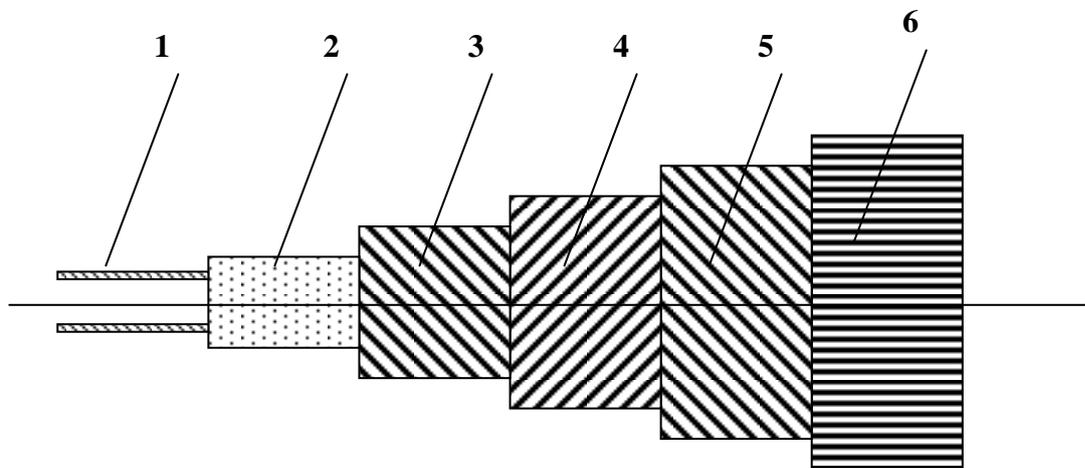
Для ведения взрывных работ в специальных условиях при высоких температурах, при использовании высоковольтных напряжений, для исследования сейсмических волн и других условиях, наша промышленность выпускает ряд специальных ЭД.

**Термостойкие** ЭД изготавливаются следующих типов: ТЭД-165-1к, ТЭД-165, ТЭД-200, ТЭД-260 и ТЭД-270. Они предназначены для ведения прострелочных и взрывных работ при высоких температурах в геологоразведочных, эксплуатационных скважинах и других условиях. Число, стоящее в марке ЭД, показывает предельно допустимую температуру окружающей среды. Термостойкий ЭД представляет собой алюминиевый колпачок с вмонтированным в него электроузлом. На нихромовый мостик напрессован воспламенительный состав с первичным зарядом ВВ (навеской азид свинца или азид серебра). Поверх первичного заряда в колпачок запрессована чашечка с вторичным ВВ. Стык колпачка с чашечкой, поверхность чашечки и стык колодочки с выводными проводами покрыт лаком. Размеры ТЭД-270: диаметр 9,1 мм, длина 18 мм; длина выводных проводов 200 мм.

**Высоковольтные** ЭД выпускаются двух типов — ЭДВ-1 и ЭДВ-2 (рис. 85). Они состоят из гильзы, в которую запрессованы навески вторичного ВВ. В дульце закреплен электровоспламенитель (путем обжимки по пластиковой пробке, напрессованной на медные выводные провода), представляющий собой металлический мостик малого сопротивления, который крепится к вилочкам штамповки или припаивается. Высоковольтные ЭД предназначены для одиночного взрывания. Их применяют при взрывных работах для технологических целей на машиностроительных и других заводах.

## 10.6. Детонирующий шнур

ДШ (рис. 10.4) предназначен для возбуждения и передачи детонации от КД или ЭД к заряду на большие расстояния с целью обеспечения полноты детонации зарядов промышленных ВВ.



**Рис.10.4. Детонирующий шнур:**

1-направляющие нити; 2-сердцевина шнура; 3,4,5-первая, вторая и третья специальные оплетки; 6-внешняя изолирующая оболочка.

Сердцевина ДШ состоит из высокобризантного ВВ (ТЭНа), которого оплетают три спиральные нитяные оплетки. Средняя и наружная оплетки покрыты изолирующим составом и лаком, предохраняющими взрывчатую сердцевину от увлажнения и механических повреждений. Наружная оплетка ДШ окрашивается в красный или белый цвет (с двумя красными нитями), что резко отличает его от ОШ.

ДШ взрывается от обычного КД или ЭД. Его можно легко и безопасно резать ножом на деревянной доске, однако не разрешается резать его после введения в боевик или заряд. Шнур не чувствителен также к удару, огню, искрам. Он загорается с трудом и горит спокойно, без вспышек, однако зажигать его с целью уничтожения в отрезках длиной более 10-12 см не разрешается. Парафиновая изоляция шнура обеспечивает водонепроницаемость в течение 12 ч и более, что позволяет применять его для взрывания в воде.

ДШ выпускается отрезками по 100 м, свернутыми в бухты и обернутыми плотной бумагой. Бухты по 10 шт укладывают в деревянные ящики длиной 712, шириной 550 и высотой 265 мм. Гарантийный срок хранения шнура 1,5 года. Характеристика ДШ, выпускаемых промышленностью, приведена в табл. 10.4.

Для проведения взрывных работ в нефтедобывающей промышленности, созданы термостойкие ДШ марки ДШТ-165, ДШТ-180 и ДШТ-200.

ДШТ-165 предназначен для использования при температуре до +165° С и представляет собой удлиненный заряд гексогена массой 14 г на 1 м, заключенный в оболочку из целлофановой ленты, в льняную и

хлопчатобумажную оплетку и имеющий герметизирующее покрытие из полиэтилена.

ДШТ-180 предназначен для использования при температуре до  $+180^{\circ}\text{C}$  и отличается от ДШТ-165 тем, что заряд гексогена заключен в оболочку из фторопластной ленты, в две оплетки из стеклонитей и оплетку из фторопластовой пленки. Он также имеет герметизирующее покрытие из полиэтилена.

Пиротехнические детонационные реле применяют при короткозамедленном взрывании зарядов ДШ и служат для создания замедлений на магистральных линиях ДШ между соседними скважинами (или сериями скважин), благодаря чему последние взрываются в определенной последовательности и через определенные интервалы времени.

На открытых разработках, широко применяют пиротехнические детонационные реле одностороннего действия КЗДШ-69 и двустороннего действия КЗДШ-62-2.

Пиротехническое детонационное реле КЗДШ-69 состоит из пластиковой или бумажной трубки, в которой находится замедляющий элемент (КД и пиротехнический замедлитель). Пиротехнический замедлитель представляет собой металлическую гильзу, заполненную смесью тонкоизмельченной окиси меди и алюминиевой пудры. При помощи фиксаторов по обеим сторонам трубки, закреплены два отрезка ДШ: один длиной 310 мм, а другой 210 мм. Срез короткого отрезка ДШ вставлен в КД. Замедляющий элемент закреплен в трубку фиксатором. Между длинным отрезком шнура и КД с замедлителем остается пространство длиной 100-115 мм.

На поверхности бумажной гильзы черной краской нанесены стрелка и цифры, указывающие направление детонации и время замедления в миллисекундах. Реле включают в разрыв сети ДШ в соответствии со стрелкой, указывающей направление детонации. Принцип действия реле основан на том, что ударная волна от взрыва ДШ, проходя через полую трубку, воспламеняет замедляющий элемент, который передает воспламеняющий импульс КД. Последний вызывает детонацию ДШ, передаваемую в заряд. Величина замедления определяется составом и длиной столбика замедляющего элемента, а также плотностью прессования ВВ в нем.

КЗДШ-69 выпускается под номерами 1-10 со следующими замедлениями:  $10\pm 4$ ;  $20\pm 6$ ;  $35\pm 7$ ;  $50\pm 7$ ; 75, 100, 125, 150; 175 и 200 мс.

При необходимости, путем последовательного соединения нескольких реле, могут быть получены и другие величины замедлений. Общее время замедления, в этом случае, равняется сумме величин замедлений соединенных реле.

Марка	Диаметр, мм	Масса ВВ на 1 м шнура, г	Скорость детонации, км/с	Покрытие наружной оплетки	Допускаемое время выдерживания в воде, ч
				Допустимая наружная температура, °С	
ДШ-А	4,8-5,8	12,0	5,6	Водоизолирующая мастика	12
				-28+50	
ДШ-Б	4,8-5,8	12,5	6,0	Водоизолирующая мастика	24
				-35+50	
ДШ-В	5,5-6,1	13,0	6,5	Полихлорвиниловый пластикат	24
				-35+55	
ДШЭ-12	4,8-5,2	12,0	7,2	Полихлорвиниловый пластикат	72
				-65+60	

### Резюме

Для снаряжения КД и ЭД, применяются первичные и вторичные инициирующие ВВ. К первичным инициирующим ВВ относятся гремучая ртуть, азид свинца и ТНРС. К вторичным ВВ относятся тетрил, гексоген и ТЭН.

ОШ служит для передачи луча огня к инициирующему ВВ в КД или воспламенения пороховых зарядов. ОШ представляет собой спрессованную из дымного пороха (78% калиевой селитры, 12% угля, 10% серы) сердцевину с направляющими нитями, завернутую в нитяные оплетки с гидроизоляционными прослойками.

ЭД служит для создания начального импульса, с целью взрыва промышленных ВВ и ДШ, который представляет собой соединение КД с электровоспламенителем в одной гильзе.

ДШ предназначен для возбуждения и передачи детонации от КД или ЭД к заряду на большие расстояния с целью обеспечения полноты детонации зарядов промышленных ВВ.

### *Вопросы для повторения.*

1. Назовите классификацию средств взрывания.
2. Назовите достоинства и недостаток, а также область применения средств взрывания.
3. Какие ВВ относятся к инициирующим?
4. Какие ВВ относятся к первичным инициирующим ВВ, назовите их основные характеристики?

5. Какие ВВ относятся к вторичным инициирующим ВВ, назовите их основные характеристики?
6. Назначение, схемы и область применения КД.
7. Назначение, схемы и область применения ОШ, назовите средства их зажигания.
8. Назначение, схемы и область применения ЭД.
9. Назовите классификацию ЭД по роду и количеству находящегося в них заряда ВВ, по времени срабатывания, по конструктивному оформлению и назначению, по условиям применения.
10. Назовите назначение, схемы и область применения ДШ

### *Темы докладов для семинарских занятий*

1. Изучение энергетических временных и функциональных параметров ЭД.
2. Изучение причин отказов ЭД.
3. Анализ причин отказов зарядов ВВ при взрывных работах с использованием ДШ.

# **ХРАНЕНИЕ, УЧЕТ И ВЫДАЧА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВМ**

## **План лекции**

11.1. Цель работы и основные задачи.

11.2. Классификация и назначение складов ВМ.

11.3. Изучение порядка учета ВМ.

11.4. Ответственность за нарушение порядка хранения,  
учета и использования ВМ.

## 11.1 Цель и основные задачи.

**Целью работы** является изучение, учет и порядок выдачи промышленных ВМ.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- классификация и назначение складов ВМ;
- изучение порядка учета ВМ;
- ответственность за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ;

## 11.2 Классификация и назначение складов ВМ

Под термином “Склад ВМ” понимается одно или несколько хранилищ ВМ с подсобными сооружениями, расположенными на общей огражденной территории.

В зависимости от срока службы склады ВМ классифицируются на:

- 1. постоянные склады ВМ** – со сроком службы более 3-х лет;
- 2. временные склады ВМ** – со сроком службы до 3-х лет;
- 3. кратковременные склады ВМ** – со сроком службы до 1-го года.

В зависимости расположения складов ВМ от уровня земли, классифицируется:

- 1. поверхностные склады ВМ** - основания хранилищ расположены на уровне поверхности земли;
- 2. полууглубленные склады ВМ** - здания хранилищ, углублены в землю не более чем по карниз здания;
- 3. углубленные склады ВМ** - толщина грунта над хранилищем составляет менее 15 м;
- 4. подземные склады ВМ** - толщина грунта над хранилищем превышает 15 м.

По назначению склады ВМ классифицируются на:

- 1. базисные склады ВМ;**
- 2. расходные склады ВМ.**

**Базисные склады** служат исключительно для снабжения ВМ расходных складов. В них запрещается распаковка ВМ для выдачи их взрывника. При необходимости производства массовых взрывов, разрешается персоналу расходного склада завозить ВМ с базисных складов, непосредственно на место работ, минуя расходные склады с последующим оформлением по книге учета (см. формы № 1-2) на расходных складах ВМ. Хранилища базисных складов могут быть поверхностные, полууглубленные и углубленные. На каждом складе должны быть лаборатории и полигон для испытания ВМ.

В зависимости от вида ВМ устанавливается следующая предельная емкость отдельных хранилищ базисного склада: для ВВ с содержанием жидких нитроэфиров более 15%, гексогена нефлегматизированного, тетрила – 60т; для аммиачно-селитренных ВВ, тротила и сплавов его с другими нитросоединениями, ВВ с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15%, флегматизированного гексогена – 240 т; для порохов дымных и бездымных – 120 т; для ДШ детонаторов (масса с тарой) – 120 т; для перфораторных снарядов с боевым снаряжением, установленными взрывателями (масса с тарой) – 120 т; для ОШ – без ограничения.

**Расходные склады** служат для раздачи ВМ. Хранилища расходных складов могут быть поверхностные, полууглубленные, углубленные и подземные.

Предельная емкость отдельных хранилищ: постоянных, поверхностных, расходных складов, не должна превышать 60 т, а предельная емкость временных складов – 25 т. Общая емкость всех хранилищ постоянного расходного поверхностного склада не должна превышать 120 т ВВ, 250000 детонаторов, ОШ – без ограничения и ДШ – 100000 м. Общая емкость всех хранилищ временного расходного склада не должна превышать 75 т. ВВ, 100000 детонаторов, ОШ – без ограничения и ДШ – 50000 м.

В расходных складах для учебных и научно-исследовательских организаций разрешается хранение не более 10 кг ВВ, 500 шт детонаторов и соответствующего количества ОШ и ДШ. Допускается хранение этого количества ВМ в одной комнате, но в разных сейфах. Комната для хранения ВМ, должна иметь негорючие стены и перекрытия; в смежных комнатах, а также в комнатах, расположенных над и под комнатой хранения ВМ, не должно быть рабочих мест с постоянным пребыванием людей; дверной проем комнаты хранения ВМ должно защищаться противопожарной дверью с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Постоянные склады (поверхностные и полууглубленные) должны иметь территорию, на которой разрешается располагать следующие здания и сооружения: хранилища ВВ и средств взрывания; помещение для раскупорки ящиков с ВМ I, III и IV групп, резки ДШ и ОШ; здания и площадки для подготовки аммиачно-селитренных ВВ, а для оттаивания динамитов – только при расходных складах; караульные вышки, будки для сторожевых собак, лаборатории и полигоны, сарай для противопожарных средств, водоемы, проходную будку (при отсутствии караульного помещения).

Место хранения тары и караульное помещение должны быть за пределами ограды склада. Караульные помещения должны находиться на расстоянии не менее 50 м от ограды, а сарай или навес для хранения тары – на расстоянии не менее 25 м. Необходимость устройства караульных вышек, их число и расположение, определяют по согласованию с органами милиции.

Расстояние от ограды до ближайшей стены хранилища должно быть не менее 40 м. Ограда может быть сделана из колючей проволоки, дерева, кирпича, камня, металла или самана. Высота оград должна быть не менее 2 м.

За оградой находится запретная зона, представляющая собой полосу шириной, считая от ограды, не менее 50 м, на которой хвойный лес должен быть вырублен, а сухая трава, заросли, хворост и другие легковоспламеняющиеся

предметы сняты или убраны, разрешается оставлять лиственный лес и производить его насаждение.

Хранилища ВМ постоянных складов устраивают из негорючих материалов. Стены изнутри хранилища должны быть побелены. Полы хранилища делают деревянными, асфальтированными, бетонными или глино-бетонными. В хранилищах для дымных порохов полы устилают матами.

Окна хранилища должны быть снабжены стальными решетками или сетками, покрытыми светлой краской. В каждом хранилище устраивают не менее одного тамбура для выдачи ВМ. Число входов в хранилище ВМ, определяют из расчета, чтобы максимальное расстояние до наиболее удаленной точки хранилища, было не более чем 15 м.

ВМ в хранилищах размещают в следующем порядке: ящики с ВМ I и IV групп с порохом только на стеллажах, между стеллажами или штабелями должны оставаться проходы шириной не менее 1,3 м. При размещении ящиков с ВМ I, III и IV групп на стеллажах запрещается ставить их один на другой. Ящики и мешки с ВМ II группы разрешается ставить на стеллажах в два ряда одни на другой.

Расстояние, между каждыми двумя полками должно быть таким, чтобы между ящиками (мешками) с ВМ и полками над ними оставались зазоры не менее 4 см. По ширине полки запрещается ставить ящики более чем в один ряд. Стеллажи и штабеля должны отстоять от стены хранилища, не менее чем на 20 см, а от пола – 2 м; по ширине штабеля следует располагать не более двух мешков или ящиков. В одном штабеле допускается хранение ящиков или мешков только одинакового веса.

Высота верхних полок для ВМ I, III и IV групп должна быть не более 1,7 м от пола, а высота верхних полок стеллажей для остальных – не более 2 м. Хранилища для ВВ с содержанием жидких нитроэфиров более 15% в местностях с температурой воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  должны быть оборудованы водяным или электрическим отоплением.

Электрические печи должны находиться в помещениях, отделенных от помещений для хранения ВВ стеной из негорючих материалов с отверстиями для циркуляции воздуха, закрытыми металлическими сетками. При водяном отоплении ящики и мешки с ВМ располагают не ближе 1 м от радиаторов.

Все постоянные склады ВМ должны иметь два вида освещения: рабочее и аварийное. Рабочее освещение территории и хранилищ склада осуществляется лампами накаливания или люминесцентными светильниками и питается от осветительного трансформатора, при напряжении до 220 В. Применение дуговых ламп запрещается.

В качестве аварийного освещения для хранилищ склада разрешается применять рудничные аккумуляторные светильники или фонари с сухими батареями (при металлических корпусах – в резиновых чехлах).

Применение ручных переносных ламп, питаемых от электросети, во всех помещениях склада запрещается.

В поверхностных складах ВМ (кроме кратковременных), должна быть двусторонняя телефонная, световая или звуковая сигнализация между караульными постами и караульным помещением. Телефоны караульных

помещений должны быть включены в ближайший коммутатор, обеспечивающий связь с пожарной охраной, администрацией предприятия и милицией.

Все склады ВМ должны быть обеспечены противопожарными водопроводным или водоемом утепленного типа с удобным подъездом к нему и достаточным количеством противопожарных средств (насосов, огнетушителей, бочек с водой, ящиков с песком, лестниц, ведер и пр.).

Каждое хранилище постоянных и временных поверхностных и полууглубленных складов ВМ должно иметь молниезащиту, устройство и содержание которой, должны соответствовать требованиям «Инструкции по проектированию, устройству и эксплуатации молниезащиты складов ВМ», изложенной в «Единых правилах безопасности при взрывных работах».

Разрешения на право хранения ВМ в постоянно действующих складах, выдаются сроком до трёх лет и хранятся на складе. Свидетельства и разрешения на приобретение и перевозку ВМ выдаются со сроком действия до шести месяцев.

### 11.3 Изучение порядка учета ВМ

**Книга учета прихода и расхода ВМ** составляется по форме № 1, она должна быть пронумерована, прошнурована сургучной печатью или пломбой, непосредственно контролирующей организации. Книга ведется заведующим складом и предназначается для количественного учета ВМ на базисных и расходных складах.

Для каждого вида ВМ, в книге открываются отдельные счета, причем для каждого счета, оставляется необходимое число листов с учетом числа ежедневных записей и периода, на который рассчитана книга. Остаток по каждому виду ВМ подсчитывается на конец суток.

**Книга учета выдачи и возврата ВМ**, составленная по форме № 2, должна быть пронумерована, прошнурована и скреплена сургучной печатью или пломбой непосредственно контролирующей организации.

Книга предназначается для расходных складов и ведется заведующим и раздатчиками складов. В конце суток подсчитывается, сколько и какого вида ВМ израсходовано за сутки, и под чертой записывается их расход (отпущенные за вычетом возвращенных). Выведенное в форме № 2 количество израсходованных за сутки ВМ, записывается ежедневно в книгу учета прихода и расхода ВМ по форме №1.

**Наряд-накладная** составляется по форме № 3 и служит для отпуска ВМ с одного склада на другой. Наряд-накладная выписывается бухгалтерией предприятия, в ведении которого находится склад, в четырех экземплярах, которые подписываются руководителем (главным инженером) и главным бухгалтером предприятия, далее регистрируются в специальной книге бухгалтерии с указанием порядкового номера, дата выдачи и наименования получателя.

Выписанные бухгалтерией наряды-накладные выдаются получателю для предъявления на склад вместе с доверенностью на получение ВМ. Заведующий

складом, отпустив ВМ, один экземпляр наряда-накладной хранит на складе, другой экземпляр выдает получателю как сопроводительный документ, а два экземпляра с доверенностью получателя передает в бухгалтерию. Один из них оставляется при бухгалтерской проводке для списания ВМ со склада, а другой со счетом направляется получателю.

Форма № 1

Наименование предприятия (организации), которому принадлежит склад  
**Книга учета прихода и расхода взрывчатых материалов**

на \_\_\_\_\_ г.

Наименование ВМ \_\_\_\_\_

Число, месяц	Приход ВМ							Число и месяц	Расход ВМ					
	Остаток на каждое число	Откуда и по каким документам получено	Дата изготовления	№ партии	№ ящиков, пакетов с ВМ	Приход за сутки	Всего с начало месяца		Куда и по каким документам отпущено	№ партии	№ ящиков, пакет с ВМ	Расход за сутки	Всего с начало месяца	Роспись проверяющего склада и замечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

**Примечание.** В расходных складах графа 6 по приходу и графа 4 по расходу не заполняются.

При централизованной доставке ВМ с базисных складов на расходные, до окончательного оформления отпуска ВМ по наряду-накладной доставщик, получающий ВМ для развозки по расходным складам, и заведующий складом, выдавший ВМ, расписываются в получении и выдаче ВМ с базисного склада в книге произвольной формы.

**Наряд-путевка** – на производство взрывных работ, составляется по форме №4, служит для отпуска ВМ взрывникам (мастерам-взрывникам) и подписывается начальником участка, или его помощником, или начальником смены (техническим руководителем взрывных работ).

При выполнении взрывных работ двумя и более взрывниками наряд-путевка выписывается на старшего взрывника (мастера-взрывника). По окончании рабочей смены, взрывник (мастер-взрывник) в наряде-путевке, своей подписью подтверждает фактический расход ВМ по назначению. Мастера-взрывники (взрывники) должны отчитаться в израсходовании ВМ и при наличии остатков сдать их на склад. ВМ не выдаются взрывникам, не отчитавшимся в израсходовании ранее полученных ВМ.

**Наименование предприятия (организации), которому принадлежит склад  
Книга учета выдачи и возврата взрывчатых материалов**

на \_\_\_\_\_ г.

Дата выдачи	Фамилия взрывника (мастера-взрывника)	Дата, № наряд - путевки	Наименование выдаваемых ВМ и номер партии	Единица измерения	Количество выданных ВМ	Роспись взрывника (мастера-взрывника) при получении ВМ	Количество израсходованных ВМ	Количество возвращенных ВМ	Роспись раздатчика (заведующего складом) в получении ВМ	Роспись взрывника (мастера-взрывника) в сдаче ВМ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Наряд-путевка служит основанием для записи выдачи ВМ на складе в «Книгу учета выдачи и возврата взрывчатых материалов» (форма № 2), а заполненная после окончания работы наряд-путевка, является основанием для списания ВМ по «Книге учета прихода и расхода взрывчатых материалов» (форма № 1) при условии, что взрывники по окончании работ отчитались в израсходовании ВМ и сдали остатки их на склад.

Учет и отчетность по приобретению, изготовлению и расходованию ВМ, используемых на учебных, научно-исследовательских и других аналогичных работах, производят в порядке, установленном ведомственными инструкциями, согласованными с органами.

В приходно-расходных документах и книгах учета ВМ не допускаются записи карандашом, помарки и подчистки записей, а всякого рода исправления выполняются путем представления новых цифр. Каждая поправка оговаривается в конце данного листа и подписывается лицом, внесшим поправку.

На складах должны быть образцы подписей лиц, имеющих право подписывать наряд-накладную, наряд-путевку на ВМ. Подписи должны быть заверены руководителем предприятия. Отпуск ВМ по указанным документам, подписанным другими лицами, запрещается.

ВМ со склада выдаются только в строгом соответствии с предъявленными накладными или нарядами-путевками (форма № 3 и № 4), а также при условии, чтобы партии соответствующих видов ВМ расходовались в порядке поступления их на складах в соответствии с гарантийным сроком.

## Форма № 3

---

Наименование предприятия (организации), которому принадлежит склад

**Наряд-накладная № \_\_\_\_\_**

Складу ВМ \_\_\_\_\_

Отпустить для \_\_\_\_\_

Через. Тов. \_\_\_\_\_

Наименование ВМ	Единица измерения	Затребовано количество	Отпущено				
			Количество	Завод-изготовитель	Дата изготовления	№ партии	№ ящиков, мешков и т.п.
1	2	3	4	5	6	7	8

**Примечание.** При отпуске ВМ с расходного склада графа 8 не заполняется

---

\_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

дата отпуска

Руководитель предприятия \_\_\_\_\_

Главный бухгалтер \_\_\_\_\_

Отпустил \_\_\_\_\_

Получил \_\_\_\_\_

Предприятие \_\_\_\_\_ участок \_\_\_\_\_ смена \_\_\_\_\_

**Наряд-путевка № \_\_\_\_\_**

на производство взрывных работ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

взрывнику (мастеру-взрывнику) \_\_\_\_\_, рабочий \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

Место работы (наименование выработок)	Подлежит взрывания			Выписано																	
	Число шпуров (скважин или др.) шт	Длина шпура (скважины), м	Масса заряда на 1 шпур (скважину), кг	ВВ по типам, кг			Электродето- наторов по замедлениям, шт			Капсюлей-детон., шт	Огнепров. шнура, м	Детонирующ. шнура, м	ВВ по типам, кг			Электродетона- торов по замед- лениям, шт.			Капсюлей-детон.,шт	Огнепроводн.шнура, м	Детонирующ.шнура, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Всего выписано:																					
Всего выдано:																					

Начальник участка, или его помощник, начальник смены или технический руководитель или руководитель БВР

Начальник ПВС или его заместитель \_\_\_\_\_

ВМ выдал \_\_\_\_\_  
(заведующий складом или раздатчик)

Дата выдачи \_\_\_\_\_

ВМ получил \_\_\_\_\_  
(мастер-взрывник, взрывник)

## Продолжение формы № 4

Место работы (наименование выработок)	Взорвано			Израсходовано								
	Число шнуров (скважин)	Длина шпура скважины	Масса заряда, кг	ВВ по типам, кг			Электродето- наторов по замедлениям, кг			Капсюлей-дето- наторов, шт.	Огнепроводного шнура, м	Детонирующего шнура, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Всего израсходовано												
Всего возвращено												

Остаток ВМ возвратил \_\_\_\_\_  
(мастер-взрывник, взрывник)

Дата \_\_\_\_\_

Остаток ВМ принял \_\_\_\_\_  
(заведующий складом или раздатчик)

- Примечание.
1. При необходимости предприятия могут вносить в форму наряда-путевки изменения, согласованные с органами.
  2. При изменении горно-геологических или других условий в забое разрешается выписывать меньшее количество ВМ, чем предусмотрено паспортом БВР, получать меньшее количество ВВ, чем указано в наряде-путевке, а также уменьшать заряды в шпурах с учетом фактического положения.

## 11.4 Ответственность за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ

**Руководители министерства, ведомств, управлений комбинатов и трестов несут ответственность за:**

- правильность заявок на потребность ВМ;
- правильное распределение ВМ по предприятиям и базисным складам;
- соблюдение строгого контроля за хранением, использованием и учетом ВМ на складах и их охраной;
- обеспечение на подведомственных предприятиях и организациях необходимого числа складов ВМ требуемой емкости;
- обеспечение базисных складов ВМ лабораториями для производства испытания ВМ;
- своевременное привлечение к ответственности нарушителей правил хранения, использования и учета ВМ.

**Руководитель и главный инженер или технический руководитель предприятия, рудоуправления, шахтоуправления, геологоразведочной и геофизической партии, экспедиции, строительства несут ответственность за:**

- соблюдение установленного порядка допуска лиц для руководства и производства взрывных работ и хранения ВМ;
- обеспечение подведомственных предприятий и организаций необходимым числом складов ВМ требуемой емкости и хранение ВМ в количествах, не превышающих установленную емкость склада;
- обеспечение складов ВМ военизированной или вооружено-вахтерской охраной в соответствии с установленным порядком;
- обеспечение ежемесячной проверки порядка хранения, приема, выдачи и учета ВМ на складе;
- обеспечение порядка и охраны при разгрузке и транспортировании ВМ на складе и на месте работ;
- правильную постановку учета ВМ на складе;
- своевременное привлечение к ответственности нарушителей порядка хранения, использования и учета ВМ;
- правильность организации испытаний ВМ, поступающих на склады;
- правильность и обоснованность заявок на производство взрывных работ и получение ВМ;
- применение ВМ, отвечающих требованиям правил техники безопасности;
- организацию опытного взрывания для составления паспорта (проекта) на производство взрывных работ;
- правильность составленного паспорта (проекта) БВР;
- безопасную организацию БВР.

**Руководитель взрывных работ несет ответственность за:**

- обеспечение точного соблюдения, подчиненным ему персоналом порядка хранения, учета, расходования, транспортирования и испытания ВМ;
- допуск к производству взрывных работ и к испытанию ВМ только лиц, имеющих на это право;
- состояние контроля за своевременной отчетностью взрывников (мастеров-взрывников) об израсходовании ВМ и сдачей взрывниками (мастерами-взрывниками) остатков ВМ на склады;
- порядок выдачи ВМ, отвечающий требованиям правил техники безопасности;
- организацию регулярного надзора за состоянием складов ВМ и за работой обслуживающего их персонала и охраны;
- безопасную организацию взрывных работ.

**Начальник участка несет ответственность за:**

- соблюдение проекта или паспорта БВР;
- точное соблюдение подчиненным ему персоналом порядка хранения, учета, расходования и транспортирования ВМ;
- допуск к производству взрывных работ только лиц, имеющих на это право;
- состояние контроля за своевременной отчетностью взрывников (мастеров-взрывников) об израсходовании ВМ и сдачей взрывниками (мастерами-взрывниками) остатков ВМ на склады, а также правильность подтверждения данных о расходе ВМ взрывниками.

**Начальник смены, дежурный по участку, горный мастер, несут ответственность за:**

- подготовленность забоя к производству взрывных работ в полном соответствии с требованиями правил техники безопасности и выдачу разрешений на взрывание, если взрывные работы производятся взрывником;
- допуск к производству взрывных работ только лиц, имеющих на это право;
- расстановку постов охраны до начала взрывных работ, осмотр места производства взрывных работ после взрывания и проветривания, руководство своевременной и безопасной ликвидацией невзорвавшихся зарядов и допуск рабочих в забой после взрывания и проветривания;
- контроль над правильностью расходования ВМ взрывниками и мастерами-взрывниками;
- контроль над выполнением БВР по проекту или паспорту.

**Заведующий складом ВМ несет ответственность за:**

- соблюдение установленных правил хранения, размещения, приема, учета, испытания и выдачи ВМ;
- своевременное оприходование ВМ;
- недопущение порчи, недостачи или излишков ВМ на складе;
- правильное оформление приходо-расходных документов на ВМ;

- хранение печати, ключей от хранилища и пломбировочных шипцов, не допуская их утери или передачи другим лицам, кроме раздатчиков;
- выдачу ВМ только взрывникам (мастерам-взрывникам), отчитавшимся своевременно по окончании работы за израсходованные ВМ и сдавшим их остатки;
- хранение ВМ в количествах, которые не должны превышать установленной емкости склада.

**Взрывник (мастер-взрывник) несет ответственность за:**

- обеспечение постоянного надзора за полученными им ВМ, не допуская передачи их другим лицам, потери, самовольного уничтожения или оставления ВМ в выработках или на поверхности, а также использование ВМ по назначению;
- производство взрывных работ в соответствии с проектом или паспортом, БВР и соблюдение величины установленных зарядов и забойки;
- производство взрывных работ только при наличии постов охраны и соблюдение всех других требований правил техники безопасности;
- своевременную сдачу на склад остатков неиспользованных ВМ в конце работы и за правильное показание и подтверждение расхода их в наряде-путевке;
- осмотр забоев после взрывания, своевременное сообщение руководителю работ о невзорвавшихся зарядах и записи в журнал ликвидации отказавших зарядов, своевременную их ликвидацию; при невозможности своевременно ликвидировать эти заряды – за установку устройств, предупреждающих подход посторонних лиц к отказавшим зарядам, и немедленное извещение технадзора о числе и местонахождении невзорвавшихся зарядов;
- соблюдение правил транспортирования ВМ от склада до места работ и обратно;
- проверку на опасных по пыли шахтах качества орошения выработок или связываний осевшей угольной пыли, а также производство взрывных работ только при отсутствии недопустимых концентраций взрывчатых газов.

**Кроме того, мастер-взрывник несет ответственность за:**

- проверку подготовленности забоев к взрывным работам, подачу сигналов и правильность разрешенного им допуска рабочих к месту взрыва для последующих работ;
- замер газоанализатором метана в забое на шахтах, опасных по газу, непосредственно перед заряданием и перед каждым взрыванием зарядов.

## Резюме

Под термином склад ВМ понимается одно или несколько хранилищ ВМ с подсобными сооружениями, расположенными на общей огражденной территории. Склады ВМ классифицируются: на базисные и расходные.

В зависимости от вида ВМ устанавливается следующая предельная емкость отдельных хранилищ базисного склада: для ВВ с содержанием жидких нитроэфиров более 15%, гексогена нефлегматизированного, тетрила – 60т; для аммиачно-селитренных ВВ, тротила и сплавов его с другими нитросоединениями, ВВ с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15%, флегматизированного гексогена – 240 т; для порохов дымных и бездымных – 120 т; для ДШ детонаторов (масса с тарой) – 120 т; для перфораторных снарядов с боевым снаряжением с установленными взрывателями (масса с тарой) – 120 т; для ОШ – без ограничения.

### ***Вопросы для повторения.***

1. Назовите классификации промышленных ВВ по степени опасности хранения и перевозке.
2. Что такое склад ВМ?
3. Назовите классификации складов ВМ.
4. Что Вы знаете о базисных складах ВМ?
5. Что Вы знаете о расходных складах ВМ?
6. Что Вы знаете о книге учета, прихода и расхода ВМ?
7. Что Вы знаете о книге выдачи и возврата ВМ?
8. Что такое наряд-путевка?
9. Что Вы знаете о наряде-накладной?
10. Порядок освещения территории и хранилищ складов ВМ.
11. Ответственность руководителей Министерства, ведомств, управлений комбинатов и трестов за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ.
12. Ответственность руководителей и главных инженеров или технических руководителей предприятия, рудоуправления, шахтоуправления, геологоразведочной и геофизической партии, экспедиции, строительства за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ.
13. Ответственность руководителей взрывных работ за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ.
14. Ответственность начальника участка за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ.
15. Ответственность начальника смены, дежурного по участку, горного мастера за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ.
16. Ответственность заведующего складом за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ.
17. Ответственность взрывника (мастера взрывника) за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Изучение схемы механизации разгрузочно-погрузочных работ на расходных складах ВМ.

2. Изучение схемы механизации разгрузочно-погрузочных работ на базисных складах ВМ.

3. Изучение технологии смешивания компонентов и изготовления простейших ВВ с применением смесительно-зарядной машины.

4. Изучение схемы стационарного механизированного пункта снаряжения машин готовыми промышленными ВВ.

## *ЛЕКЦИЯ 12*

# ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И УНИЧТОЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВМ

### План лекции

- 12.1. Цель и основные задачи.
- 12.2. Основные понятия о транспортировке ВМ.
- 12.3. Перевозка ВМ железнодорожным транспортом.
- 12.4. Перевозка ВМ водным транспортом.
- 12.5. Перевозка ВМ ручной кладью.
- 12.6. Перевозка ВМ автотранспортом, гужевым транспортом и вьюками.
- 12.7. Порядок получения разрешения на право производства взрывных работ.
- 12.8. Порядок получения свидетельства на приобретение или перевозку ВМ.
- 12.9. Уничтожение ВМ.

## 12.1. Цель и основные задачи.

**Целью работы** является изучение транспортирования и методов уничтожения промышленных ВМ.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- основные понятия о транспортировке ВМ;
- перевозку ВМ железнодорожным транспортом;
- перевозку ВМ водным транспортом;
- перевозку ВМ ручной кладью;
- перевозку ВМ автотранспортом, гужевым транспортом и вьюками;
- порядок получения разрешения на право производства взрывных работ;
- порядок получения свидетельства на приобретение или перевозку ВМ;
- уничтожение ВМ.

## 12.2. Основные понятия о транспортировке ВМ

Все ВМ по степени опасности, при хранении и перевозке разделяют на следующие группы:

I – ВВ с содержанием жидких нитроэфиров более 15%, нефлегматизированный гексоген, тетрил;

II – аммиачно-селитренные ВВ, тротил и сплавы его с другими нитросоединениями, ВВ с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15%, флегматизированный гексоген, ДШ;

III – пороха дымные и бездымные;

IV – детонаторы, детонационные реле, КЗДШ;

V – перфораторные заряды и снаряды с установленными в них взрывателями.

ВМ различных групп должны храниться и перевозиться отдельно. Допускается в отдельных случаях, с разрешения главного инженера или руководителя взрывных работ, совместная перевозка средств взрывания и ВВ к месту работы или с базисных на расходные склады ВМ на повозках, автомобилях, мотоциклах с коляской, мотороллерах с кузовом, мотодрезинах, лодках, катерах, технических судах.

При этом количество ВМ не должно превышать: ВВ 1500 кг; детонаторов 6000 шт.; ДШ 1200 м; ОШ 6000 м; тлеющего фитиля, патронов группового зажигания и электровоспламенителей - без ограничения.

ОШ, средства его зажигания, зажигательные патроны, а также электровоспламенители можно хранить и перевозить совместно с ВМ II, III и IV групп. ДШ разрешается хранить совместно с детонаторами.

При любых операциях с ВМ следует соблюдать максимальную осторожность: ВМ не должны подвергаться ударам и толчкам; запрещается

также толкать, бросать, волочить, перекатывать (кантовать) и ударять ящики (тару) с ВМ.

При работе с ВМ запрещается курить, а также применять открытый огонь ближе 100 м от места расположения ВМ. Запрещается иметь при себе огнестрельное оружие, спички и другие зажигательные, а также курительные принадлежности. Как исключение, спички или иные зажигательные принадлежности разрешается иметь только взрывникам, лаборантам и другим лицам, которые в процессе работы непосредственно зажигают ОШ (при огневом взрывании, испытании ОШ и т.п.).

Запрещается выдавать со склада и применять замерзшие или полузамерзшие ВВ с содержанием жидких нитроэфиров выше 15%, производить какие-либо действия, не связанные с их оттаиванием, а также нарушать целостность и форму патронов - ломать, резать, мять, снимать оболочку, делать углубления для детонатора и пр.

### **ВМ перевозят:**

- а) железнодорожным, водным и воздушным транспортом (кроме ведомственного и перевозки ручной кладью) без разрешения органов милиции;
- б) автомобильным, гужевым транспортом и вьюками с завода-поставщика, со склада одного предприятия на склад другого предприятия различных министерств и ведомств независимо от их территориального расположения, а также со склада на склад одного и того же предприятия (организации), расположенных на территории разных областей, — по разрешениям областных органов милиции;
- в) с одного склада на другой, принадлежащий одному и тому же предприятию, организации, комбинату — по наряду-накладной, выданной руководителем или главным инженером предприятия (организации); в этом случае разрешение органов милиции не требуется.

## **12.3. Перевозка ВМ железнодорожным транспортом**

По железным дорогам разрешается перевозить ВМ только в крытых вагонах, как целыми поездами, так и отдельными вагонами, а также ручной кладью. Поезда или отдельные вагоны должны сопровождаться вооруженной охраной.

При погрузке или выгрузке на общих станционных путях, одновременно подаются для погрузки или выгрузки лишь два вагона. Загруженные вагоны отводятся в места, установленные для стоянки грузов ВМ, на расстояние не менее 100 м до погрузочного пункта.

Такой порядок соблюдается до окончания всей погрузки или выгрузки.

Лица, сопровождающие вагоны с ВМ, должны находиться в одном из ближайших к ним вагонов поезда, но не ближе чем через шесть вагонов с неопасными грузами, и следить за состоянием вагонов с грузом в пути.

Вагоны с ВМ вне поезда должны быть сцеплены, заторможены, подклинены и ограждены переносными сигналами (красными дисками,

фонарями с красным светом). Сигналы устанавливаются по обоим концам группы вагонов с грузами ВМ у внутренней грани правого рельса на расстоянии 50 м от стоянки вагонов. Если состав занимает весь путь или стоит к предельному столбику ближе 50 м, то сигналы ставятся также у грани рельса против предельного столбика.

Станционные пути для погрузки или выгрузки вагонов с ВМ изолируются от других путей, для чего стрелки, ведущие на эти пути, запираются на замки.

После пломбирования вагонов, на двери каждого из них с обеих сторон наклеиваются белые плакаты с надписью черными буквами «Опасно». Размеры плакатов 60х60 см.

При формировании поездов вагоны с грузами ВМ должны ставиться в середине с соблюдением установленных норм (по весу и длине поезда), технического состояния и правильности размещения всех вагонов в составе.

Вагоны с детонаторами должны быть отдельны не менее чем шестью вагонами от вагонов с ВВ. Вагоны для людей отделяются от груза ВМ не менее чем шестью вагонами с неопасными грузами.

Паровозы с угольным или дровяным отоплением должны иметь искроуловители. На путях приема не должно быть горящего шлака; уголь и зола из паровозов, находящихся вблизи этих путей, должны обильно заливаться водой.

Маневры поезда с ВМ должны производиться с особой осторожностью, без толчков и резких остановок. Запрещается свободный спуск с горок вагонов с ВМ. Скорость движения при маневрах не должна превышать 10 км/ч.

Перекатка вагонов с ВМ вручную запрещается. При рельефе полотна без уклона, ручная перекачка допускается только в пределах длины погрузочно-разгрузочной платформы или хранилища под наблюдением лица, ответственного за погрузку или выгрузку.

При наружном осмотре в ночное время вагонов, груженых ВМ, разрешается применять электрические фонари, рудничные аккумуляторные светильники или предохранительные бензиновые лампы, а также полностью остекленные свечные фонари. Запрещается при этом пользоваться открытым огнем.

Запрещается загружать вагоны сверхустановленной их грузоподъемности, причем для аммиачно-селитренных ВВ, ОШ и ДШ загрузка разрешается до полной грузоподъемности вагона; для ВМ I и IV групп – не свыше двух третей грузоподъемности вагона.

Вагоны с грузами вагона ВМ не могут ставиться в поезде рядом с холодными локомотивами или платформами, груженными бревнами, железными балками, рельсами и тому подобными грузами, которые могут сдвигаться при толчках и быстрой остановке. От холодного локомотива или платформами с такими грузами вагоны с ВМ должны быть отделены не менее чем двумя осями вагонов с неопасными грузами.

На новостройках железных дорог и при борьбе со льдом у железнодорожных мостов разрешается перевозка ВМ на платформах рабочих поездов, мотовозов и дрезин при соблюдении правил совместной перевозки

ВМ, при обязательном сопровождении ВМ охраной и взрывником и при наличии противопожарных средств (огнетушителей, ящиков с песком, бочек с водой, ведер, лопат).

На открытых работах допускается использование для перевозки ВМ платформы мотовозов или дрезин при соблюдении указанных требований и устройств между платформами и моторными отделениями сплошных перегородок из несгораемых материалов.

## 12.4. Перевозка ВМ водным транспортом

Перевозка ВМ водным транспортом разрешается грузовыми судами, моторными катерами, газоходами, лодками, завознями и паромами.

Суда, выделенные для перевозки ВМ, должны быть вполне исправными, иметь необходимые запасы по нормам регистра и включаться соответствующим распоряжением начальника пароходства в число судов, пригодных для перевозки ВМ.

Пригодность судов для перевозки ВМ определяется комиссией в составе представителей морского или речного регистра, инспекции пароходства, отправителя и капитана судна.

Грузы ВМ размещаются в трюмах, а также на коренных палубах тентовых судов. Загрузка трюмов или коренных палуб тентовых судов производится с учетом рационального использования их грузоподъемности и грузоместимости. Более тяжелые грузы с более прочной тарой укладываются вниз с учетом, чтобы нижние ряды выдержали давление штабеля груза в условиях плавания.

Во избежание перемещения грузов между отдельными ящиками, штабелями и бортами судна не должно оставаться свободного пространства. В этих целях между штабелями груза, бортами и палубой судна производится необходимое крепление.

Для крепления используются распорки из дерева, пеньковые или манильские канаты. Инструмент и детали, применяемые для крепления, должны быть сделаны из металлов, не дающих искры.

Запрещается судам, моторным катерам и газоходам во время перевозки ВМ буксировать другие суда.

При применении подъемно-погрузочных приспособлений, вес поднимаемых ВМ не должен превышать 50% грузоподъемности этих приспособлений.

Суда отапливаемые твердым топливом и предназначенные для перевозки ВМ, должны иметь на всех дымовых трубах искроуловители.

Горючее, необходимое для нужд судна, должно храниться на нем изолированное от грузов ВМ.

Суда должны быть оборудованы молниезащитой. Мачты на судах с ВМ должны быть использованы в качестве молниеотводов.

При речных перевозках ВМ суда с наступлением тумана должны пристать к берегу в таких местах, чтобы расстояние от береговых строений составляло не менее 250 м и от фарватера не менее 25 м.

Запрещается при загруженном ВМ газоходе производить чистку зольников и зарядку генераторов.

ВМ на лодках перевозятся в заводской упаковке или в запирающихся на замок деревянных ларях, покрытых брезентом, прочно увязанных веревками; ВМ должны постоянно находиться под наблюдением сопровождающих лиц.

На корме и носовой части судна, перевозящего ВМ, должны иметься щиты с ясно видимыми издали надписями «Опасно», причем высота букв надписи должна быть не менее 200 мм. В темное время суток на корме и носовой части судна выставляются аккумуляторные фонари с красными стеклами.

**При перевозке на самоходных лодках:**

- глушители должны быть снабжены искроуловителями;
- моторное отделение должно быть отделено перегородкой от грузочного отделения.

Запрещается перевозка ВМ на плотках.

Суда и самоходные лодки, предназначенные для перевозки ВМ, должны постоянно иметь в необходимом количестве исправные противопожарные средства.

Запрещается перевозка пассажиров и посторонних грузов совместно с ВМ на моторных катерах, газоходах, лодках и паромах.

Для перевозки ВМ суда должны удовлетворять следующим требованиям:

- в трюмах, предназначенных для размещения ВМ, электропроводка заблаговременно выключается, а разрыв электропроводки выводится наружу и надежно изолируется;
- полы и слани не должны иметь щелей, а люки, ведущие в трюмы с ВМ, должны плотно закрываться;
- стенки трюмов и грузовых помещений на коренных палубах тентовых судов, соприкасающиеся с машинным отделением, должны иметь изоляцию, снижающую их теплопроводность;
- паропроводы должны быть надежно термоизолированы;
- суда должны иметь особые отличительные сигналы, устанавливаемые соответствующими правилами.

Команды судов, перевозящих ВМ, укомплектовываются персоналом, хорошо знающим свойства ВМ и условия их перевозки морским или речным транспортом.

Для освещения грузовых помещений при погрузке (разгрузке) разрешается пользоваться стационарным электрическим освещением или рудничными аккумуляторными светильниками. Устройства, включающие и выключающие освещение, должны устанавливаться вне трюма.

Курение и пользование открытым огнем на судах, перевозящих ВМ, разрешается только в местах, специально отведенных капитаном.

Погрузка ВМ I, III и IV групп производится подъемными устройствами и приспособлениями, не образующими при ударе искру (деревянными парашютами, манильскими и пеньковыми сетками и т.п.). Применение стальных стропов, сеток и других захватывающих приспособлений запрещается.

Подъем и спуск груза должны производиться медленно и плавно, а сама погрузка производится с соблюдением всех мер предосторожности.

## 12.5. Перевозка ВМ ручной кладью

Перевозка ВМ в пассажирских поездах и судах допускается лишь при наличии специального разрешения органов милиции и производится в соответствии с действующими на этот счет правилами министерств путей сообщения, морского флота и министерств речного флота.

Запрещается перевозка ВМ ручной кладью на самолетах, в дачных поездах и багажом в пассажирских поездах.

К перевозке ВМ ручной кладью допускаются лишь лица, имеющие право руководства взрывными работами или право производства взрывных работ, и заведующие складами ВМ.

При продолжительности перевозки в поезде или на судне более 12 ч, число лиц, сопровождающих ручную кладь, должно быть не менее двух.

В случаях, угрожающих перевозимому грузу (пожар, повреждение вагона и т.п.), ответственное лицо по перевозке, сообразуясь с обстановкой, обязано принять все необходимые меры предосторожности, а в случае необходимости удалить груз из вагона или судна.

## 12.6. Перевозка ВМ автотранспортом, гужевым транспортом и вьюками

### **Общие положения**

По шоссейным и грунтовым дорогам ВМ можно перевозить автотранспортом, гужом или во вьюках при обязательном сопровождении ответственного лица, имеющего право руководства (производства) взрывных работ или заведующим (раздатчиком) складом ВМ и вооруженной охраной. Ответственное за перевозку ВМ лицо во время транспортирования должно находиться в кабине на переднем автомобиле или на передней повозке, или около переднего вьючного животного.

При перевозке ВМ на грузка автомобиля (мотоцикла, мотороллера) допускается до полной грузоподъемности, за исключением случаев перевозки детонаторов, ВВ, содержащих жидкие нитроэфиры, и дымные пороха, нагрузка которых на автомобиль разрешается не более  $\frac{2}{3}$  его грузоподъемности и не более двух рядов ящиков по высоте. Ящики следует укладывать плашмя,

плотно один к другому, а мешки - устанавливать вертикально в один ряд; все ВМ покрывают брезентом и прочно укрепляют веревками.

Гужевой и вьючный транспорт при перевозке ВМ должен двигаться шагом. Скорость движения автотранспорта при хорошей видимости допускается не более 40 км/ч; при перевозке в пыли, при тумане и во время пурги, скорость движения должна уменьшаться вдвое.

При наличии нескольких единиц транспорта, между ними должны соблюдаться следующие интервалы (в метрах):

**при движении по ровной дороге и во время остановки**

для вьючных животных	10
для повозок	20
для автомобилей	50

**при спуске с горы и подъеме на гору**

для вьючных животных	50
для повозок	100
для автомобилей	300

ВМ для взрывных работ в городских условиях и населенных пунктах разрешается перевозить в закрытых автомобилях с отличительными знаками - красная полоса шириной 15 см по диагонали на всех бортах. К управлению автомобилями в этих случаях, допускаются шоферы не ниже второго класса.

Предельная масса ВМ, перевозимых гужевым транспортом, не должна превышать: для ВМ II группы и ОШ - 500 кг при одноконных повозках и 800 кг при пароконных повозках; для ВМ I, III и IV групп — 300 кг при одноконных повозках и 500 кг при пароконных повозках.

При перевозке ВМ I, III и IV групп разрешается укладывать ящики по высоте не более чем в два ряда, с обязательной укладкой войлока или другого мягкого материала на дно повозки и между рядами.

Доставка ВМ к месту работы разрешается без охраны, с привлечением стажеров - взрывников или проинструктированных рабочих, но под обязательным наблюдением взрывника.

ВМ переносят в заводской упаковке или в исправных сумках или кассетах, исключающих возможность просыпания или выпадания ВМ. При этом ВВ и средства взрывания переносят в отдельных сумках или кассетах. Порошкообразные аммиачно-селитренные ВВ разрешается переносить в жесткой таре.

Детонаторы и боевики переносят только взрывники. Переноска детонаторов при температуре до -15 °С разрешается в обычных сумках, а ниже -15°С - в специальных обогревателях или в утепленных сумках.

При совместной переноске средств взрывания и ВВ, взрывник может переносить не более 12 кг ВВ. При переноске в сумках или кассетах ВВ без средств взрывания норма может быть увеличена до 20 кг. При переноске ВВ в

заводской упаковке на расстояние не более 300 м и при удобном пути с подъемом не более 0,02 норма может быть повышена до 40 кг.

Для перевозки ВМ допускаются только специально подготовленные для этой цели вполне исправные и проверенные грузовые и легковые автомобили, грузовые мотороллеры и мотоциклы с коляской.

Автомобили и мототранспорт, предназначенные под погрузку ВМ, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- а) иметь два огнетушителя для автомобиля и один для мототранспорта, а также приспособления против скольжения;
- б) иметь глушители, оборудованные искрогасителями;
- в) быть очищены от мусора и остатков других грузов, и не иметь щелей ни на дне, ни на стенках кузова.

Перед выходом в рейс автомобиля, мотороллера, мотоцикла, предназначенных для перевозки ВМ, заведующий гаражом или лицо, заменяющее его, обязан сделать в путевом листе надпись: «Автомобиль (мотороллер, мотоцикл) проверен, вполне исправен и пригоден для перевозки взрывчатых грузов».

При отсутствии такой надписи, выдача ВМ для перевозки запрещается.

К управлению автомобилем (мотороллером и мотоциклом), предназначенным для перевозки ВМ, может быть допущен только шофер (водитель), прошедший специальный инструктаж о правилах перевозки ВМ.

В нагруженном ВМ автомобиле, кроме шофера, ответственного лица и лиц вооруженной охраны, а также грузчиков или взрывников, никого из посторонних лиц не должно быть, лица вооруженной охраны должны находиться в кузове автомобиля, для чего им необходимо оставлять места.

Автомобили, предназначенные для перевозки грузов, должны подаваться к местам погрузки ВМ по одному.

Ожидающие очереди погрузки и нагруженные автомобили должны находиться от места погрузки на расстоянии не менее 100 м.

Перевозку ВМ для взрывных работ в городских условиях и населенных пунктах разрешается производить в закрытых автомобилях с отличительными знаками - красная полоса шириной 15 см по диагонали на всех бортах.

К управлению автомобилями в этих случаях допускаются шоферы не ниже второго класса.

### **Перевозка ВМ гужевым транспортом или выюками**

При перевозке ВМ I и IV групп, необходимо пользоваться рессорными повозками; при перевозке в санях, ВМ должны размещаться на подстилке из мягкого материала (войлока, рогожи, мешков с сеном, соломой, стружками, опилками).

Перевозка ВМ во выюках производится в упаковке, обитой внутри войлоком. Для ВМ II группы и ОШ, мягкая обивка не обязательна.

Предельный вес ВМ, перевозимых гужевым транспортом, не должен превышать:

- для ВМ II группы и ОШ 500 кг при одноконных повозках, и 800 кг при пароконных повозках;

- для ВМ I, III и IV групп 300 кг при одноконных повозках, и 500 кг при пароконных повозках.

При перевозке ВМ I, III и IV групп разрешается укладывать ящики по высоте не более чем в два ряда с обязательной укладкой войлока или другого мягкого материала на дне повозки и между рядами. В вес перевозимого ВМ включается и вес тары. Ящики не должны выступать по длине и ширине за края повозки.

## 12.7. Порядок получения разрешения на право производства взрывных работ

Для получения разрешения на право производства взрывных работ, предприятие (организация), на котором предполагается производить взрывные работы, или специализированная подрядная организация подает заявление соответствующей непосредственно контролирующей организации Госгортехнадзора Республики Узбекистан или горнотехнической инспекции Министерства (ведомства).

В заявлении указываются:

- а) название предприятия (организации) и его подчиненность (трест, комбинат, Министерство (ведомство));
- б) характер, методы и сроки проведения взрывных работ;
- в) сведения о руководителе взрывных работ (фамилия, имя, отчество, занимаемая должность);
- г) сведения о складе, на котором будут храниться ВМ (название склада, кому принадлежит склад и тип склада).

К заявлению должны быть приложены:

- 1) копия диплома и удостоверение руководителя взрывных работ, дающего право руководства этими работами;
- 2) выкопировка из плана местности (только для работ на дневной поверхности) в двух экземплярах с нанесением:
  - а) мест производства взрывных работ и границ опасной зоны;
  - б) окружающих жилых и технических сооружений, железных и шоссейных дорог, линий электропередач, расположенных в пределах опасной зоны или на ее границах;
- 3) при взрывных работах в населенных пунктах – проект производства взрыва.

Примечание: 1. При кратковременных и разовых взрывных работах, вместо выкопировок может быть приложен схематический план местности с нанесением указанных данных.

2. При получении разрешений на второй и последующие сроки и руководстве взрывными работами одним и тем же лицом, предприятие (организация) представляет контролирующей организации все

предусмотренные выше документы, за исключением копии диплома или удостоверения руководителя взрывных работ.

Для подземных работ указывается только опасность их по газу или пыли.

Разрешение на право производства взрывных работ выдается по форме № 1 настоящей Инструкции.

В случае временного отсутствия (отпуск, командировка, болезнь) руководителя взрывных работ, на которого выдано разрешение, администрация предприятия (организации) может без переоформления разрешения назначить приказом на этот срок другого руководителя из числа лиц.

## 12.8. Порядок получения свидетельства на приобретение или перевозку ВМ

Для приобретения ВМ, предприятиями должно быть подано заявление непосредственно контролирующей организации «Саноатконтехназорат» РУз или горнотехнической инспекции Министерства (ведомства).

В заявлении должно быть указано:

- а) какое количество и какие именно ВМ необходимы;
- б) для каких именно взрывных работ, и на каком предприятии будут использованы ВМ;
- в) на какой срок нужны ВМ (указать месяцы или для единовременного использования);
- г) на каком складе будут храниться ВМ, какие остатки ВМ имеются к моменту подачи заявления и в какой срок ожидается доставка ВМ, если ВМ будут храниться на складе другого предприятия, то к заявлению необходимо приложить копию или выписку из договора об аренде склада;
- д) ежемесячный расход ВМ (ориентировочно).

На основании заявления выдается свидетельство по форме № 2 настоящего приложения.

На основании свидетельства на право приобретения или перевозки ВМ, предприятие получает через местные органы милиции соответственно разрешение на приобретение или перевозку ВМ.

Свидетельства и разрешения на приобретение и перевозку ВМ выдаются на имя предприятия, ведущего взрывные работы, а если взрывные работы возлагаются на подрядную организацию, то на имя последней.

**Разрешение № \_\_\_\_\_  
на право производства взрывных работ**

Выдано (кем) \_\_\_\_\_  
(наименование организации Госгортехнадзора РУз)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ горнотехнической инспекции Министерства (ведомства)

Кому \_\_\_\_\_  
(наименование предприятия (организации))

на право производства взрывных работ на \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ с целью \_\_\_\_\_

при соблюдении следующих условий:

1. Взрывные работы могут производиться только на территории обозначенной, на прилагаемом при этом плане.

2. Руководство взрывными работами возлагается на \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. При производстве работ должны соблюдаться «Единые правила безопасности при взрывных работах». \_\_\_\_\_

4. Условия хранения ВМ: \_\_\_\_\_

5. Особые условия: \_\_\_\_\_

6. Срок действия настоящего разрешения; \_\_\_\_\_

М.П.

Подпись представителя \_\_\_\_\_

(контролирующей организации

Госгортехнадзора РУз, горнотехнической

инспекции, Министерства (ведомства)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_ г.

**Свидетельство № \_\_\_\_\_  
на приобретение взрывчатых материалов**

Выдано \_\_\_\_\_  
(наименование организации Госгортехнадзора РУз, горнотехнической инспекции министерства (ведомства))

Кому \_\_\_\_\_  
(наименование предприятия)

**На приобретение следующих взрывчатых материалов:**

№ п/п	Наименование взрывчатых материалов	Единица измерения	Количество	
			цифрами	прописью

Упомянутые взрывчатые материалы предназначены для использования на взрывных работах (указать место и характер работ) \_\_\_\_\_

Условия хранения ВМ: \_\_\_\_\_

Дополнительные требования: \_\_\_\_\_

Срок действия свидетельства: \_\_\_\_\_

Примечание: Настоящее свидетельство служит основанием для получения в органах милиции разрешения на перевозку ВМ в порядке, предусмотренном п. 20 «Инструкция о порядке хранения, использования и учета ВМ». Записи в разделе «Дополнительные требования» должны вноситься также в разрешения на приобретение и перевозку, выдаваемые органами милиции.

Подпись председателя \_\_\_\_\_  
(контролирующие организации Госгортехнадзора РУз, горнотехнической инспекции Министерства (ведомства))

М.П.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

## 12.9. Уничтожение ВМ

Пришедшие в негодность и не отвечающие требованиям технических условий ВМ подлежат уничтожению.

Уничтожение ВМ производится по письменному распоряжению главного инженера, технического руководителя взрывных работ. О каждом таком уничтожении ВМ должен составляться акт. В акте должно быть указано количество и наименование уничтоженных ВМ, причины и способ уничтожения. Акт составляется в двух экземплярах, которые предназначаются:

- а) складу ВМ;
- б) бухгалтерии предприятия.

Уничтожением ВМ должен руководить заведующий складом ВМ или руководитель взрывных работ. Уничтожение сметок ВВ и остатков непригодных средств взрывания производится взрывником по мере необходимости, но не реже одного раза в десять дней при присутствии руководителя взрывных работ или лица технадзора, выделенного администрацией предприятия. Составление акта в этом случае не требуется.

ВМ разрешается уничтожать взрыванием, сжиганием, потоплением или растворением в воде.

Для уничтожения ВМ взрыванием или сжиганием должна быть подготовлена удобная площадка, вокруг которой в целях предупреждения распространения огня следует образовать очищенную от горючего материала и дерна кольцевую зону, размеры которой устанавливаются лицом, руководящим уничтожением ВМ.

Для лиц, производящих уничтожение ВМ сжиганием или взрыванием, должно быть устроено надежное укрытие, расположенное от площадки с уничтожаемыми ВМ на расстояниях, определяемых требованиями настоящих правил.

При отсутствии искусственных или естественных укрытий, лица, производящие уничтожение ВМ сжиганием или взрыванием, должны удалиться за пределы опасной зоны, устанавливаемой лицом, руководящим уничтожением ВМ.

### **Уничтожение взрыванием**

Взрыванием разрешается уничтожать детонаторы и ДШ, перфораторные заряды, а также ВВ, если есть уверенность в полноте их взрыва.

Количество ВМ, допустимое к уничтожению взрыванием за один прием, и место уничтожения должны устанавливаться в каждом отдельном случае, образуясь с местными условиями и руководствуясь указаниями раздела IV настоящих правил.

Если к месту производства взрывов будет доставлена сразу вся партия ВМ, подлежащая уничтожению, и если уничтожение намечено производить по частям (несколько приемов), то ВМ должны помещаться от места взрывания с

наветренной стороны за прикрытием и на расстоянии согласно разделу IV настоящих правил.

Уничтожение ВМ должно производиться электрическим и, в крайнем случае, огневым способом. Патронированные ВВ уничтожаются пачками. Детонаторы должны уничтожаться в любой упаковке зарытыми в землю. Шнур должен прокладываться к уничтожаемым ВМ с подветренной стороны. При прокладке шнура его следует распрямлять и прикрывать землей во избежание скручивания.

Уничтожение ВМ должно производиться только при помощи доброкачественных ВМ (патрона-боевика или средств взрывания).

При пониженной детонационной способности уничтожаемых ВВ, для достижения полноты детонации, необходимо взрывать такие ВВ в ямах, закрытых щитами, а боевики располагать сверху, непосредственно на уничтожаемых ВВ.

### **Уничтожение сжиганием**

Сжиганием разрешается уничтожать только не поддающиеся СВ и ВВ.

Уничтожение детонаторов сжиганием запрещается. Взрывчатые вещества, а также ОШ и ДШ сжигаются на кострах, причем на каждом костре разрешается сжигать не более 10 кг. Патроны раскладываются в один ряд сверху костра так, чтобы они не соприкасались друг с другом.

При уничтожении сжиганием дымных или бездымных порохов, они рассыпаются дорожками шириной не более 30 см с толщиной слоя не более 10 см и расстоянием между ними не менее 5 м. Одновременно разрешается поджигать не более трех дорожек с порохами.

Количество ВМ, допускаемое для одновременного сжигания, место производства работ и расстояния до ВМ, подвезенных для сжигания и до укрытия, должны устанавливаться в соответствии с указаниями раздела IV настоящих правил.

Запрещается сжигать ВМ в их таре. Перед сжиганием каждой партии ВВ необходимо проследить, чтобы в патронах, предназначенных для сжигания, не было детонаторов.

Непригодные к дальнейшему использованию ящики, коробки, бумага и т.п. должны сжигаться отдельно от ВМ.

Для поджигания костра с подветренной стороны прокладывается ОШ или дорожка длиной не менее 5 м из легковоспламеняющегося материала (стружки, хвороста, бумаги и т.п.) Дорожка или ОШ поджигаются, после чего взрывник немедленно удаляется в укрытие.

Поджигание может производиться только после окончания всех подготовленных работ и вывода людей в безопасную зону.

Костер должен быть настолько большим, чтобы в него не приходилось подкладывать горючий материал во время сжигания ВМ.

Приближаться к месту сжигания разрешается лишь тогда, когда будет полная уверенность, что горение ВМ закончилось.

По окончании сжигания необходимо убедиться, что на площадке не осталось несгоревших ВМ. Для этого надо осторожно разрыть золу деревянными лопатками и обнаруженные несгоревшие ВМ собрать и сжечь.

Сжигание ВМ должно производиться только в сухую погоду.

### **Уничтожение потоплением**

Уничтожение неводоустойчивых ВВ потоплением разрешается производить только в открытом море; при этом должны быть приняты меры, устраняющие всплывание уничтожаемых ВВ.

### **Уничтожение растворением в воде**

Растворением в воде уничтожаются только неводоустойчивые аммиачно-селитренные ВВ и дымный порох.

Растворение допускается в бочках или иных сосудах. Нерастворимый остаток собирается и уничтожается сжиганием.

Освободившаяся тара должна быть тщательно очищена от остатков ВВ.

Тара из-под ВВ, содержащая жидкие нитроэфиры, должна быть осмотрена на отсутствие следов экссудата и промыта щелочной водой.

Тара со следами экссудата должна быть уничтожена.

### **Резюме**

ВМ различных групп должны храниться и перевозиться отдельно. Допускается в отдельных случаях, с разрешения главного инженера или руководителя взрывных работ, совместная перевозка средств взрывания и ВВ. При этом количество ВМ не должно превышать: ВВ 1500 кг; детонаторов 6000 шт.; ДШ 1200 м; ОШ 6000 м; тлеющего фитиля патронов группового зажигания и электровоспламенителей - без ограничения.

ВМ перевозят: железнодорожным, водным и воздушным транспортом (кроме ведомственного и перевозки ручной кладью) без разрешения органов милиции; автомобильным, гужевым транспортом и вьюками с завода-поставщика, со склада одного предприятия на склад другого предприятия различных Министерств и ведомств независимо от их территориального расположения, а также со склада на склад одного и того же предприятия (организации), расположенных на территории разных областей, - по разрешениям областных органов милиции.

Пришедшие в негодность и не отвечающие требованиям технических условий ВМ подлежат уничтожению. ВМ разрешается уничтожать взрыванием, сжиганием, потоплением или растворением в воде.

### ***Вопросы для повторения.***

1. Расскажите о классификации ВМ по степени опасности при хранении и перевозке.
2. В каких случаях ВМ должны перевозиться отдельно?
3. Порядок получения разрешений на право производства взрывных работ.
4. Порядок получения свидетельства на приобретение или перевозку ВМ.
5. Срок действия свидетельства и разрешение на приобретение или перевозку ВМ.
6. Расскажите об условиях перевозки ВМ железнодорожным транспортом.
7. Расскажите об условиях перевозки водным транспортом.
8. Расскажите об условиях перевозки автомобильным транспортом.
9. Расскажите об условиях перевозки ручной кладью.
10. Расскажите об условиях перевозки гужевым транспортом или вьюками.
11. Какие ВМ подвергаются уничтожению.
12. Какие методы уничтожения Вы знаете?

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Организации перевозки ВМ для производства взрывных работ на карьерах «Гранит» и «Известняк» СПМК – 5 ГО «Средазспецстрой».
2. Организации перевозки ВМ для производства взрывных работ на Ялаканском карьере Специализированного управления БВР.
3. Изучение методов уничтожения промышленных ВМ на постоянно расходном складе СПМК-5 ГО «Средазспецстрой».

**ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА В СРЕДЕ****План лекции**

13.1. Цель и основные задачи.

13.2. Классификация зарядов ВВ.

13.3. Действие взрыва в грунтовом массиве.

13.4. Действие взрыва в горном массиве.

13.5. Управление механизмом при разрушении горных пород взрывом.

13.6. Классификация методов управления дроблением горных пород взрывом.

## 13.1. Цель и основные задачи

**Цель работы** – основные понятия, связанные с изучением действия взрыва в различных средах.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение классификации зарядов ВВ;
- изучение действия взрыва в грунтовом массиве;
- изучение действия взрыва в горном массиве;
- изучение управления механизмом разрушения горных пород взрывом;
- изучение классификации методов управления дробления горных пород взрывом.

## 13.2. Классификация зарядов ВВ по способу приложения к взрываемому объекту

Наружный	Помещенный на поверхности разрушаемого объекта.
Внутренний	Помещенный внутри объекта, подвергаемого действию взрыва.

### По форме заряда

Сосредоточенный	Имеющий форму куба, шара, цилиндра или параллелепипеда, высота которого не превышает устроенной величины его диагонали.
Удлиненный (колонковый)	Скважинный заряд, длина которого в 5 раз и более превышает его диаметр.

### По построению заряда

Сплошной	Масса ВВ в заряде не расчленена промежутками на отдельные части.
Рассредоточенный (ярусный или прерывистый)	Отдельные части заряда разделены промежутками воздуха, породы и воды.
Полузамкнутый	Находящийся внутри взрывающей среды, но газы взрыва имеют свободный выход в атмосферу.
Открытый	Одной стороной заряд примыкает к разрушаемому объекту, а другой – граничит с атмосферой.

### По разрушающему действию на окружающую среду

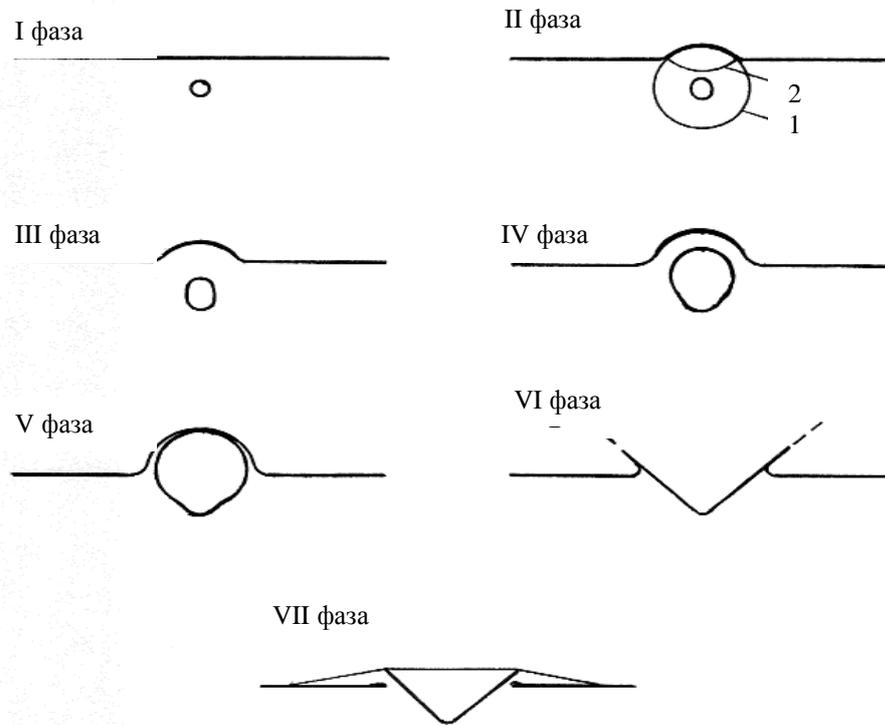
Камуфлета	Действие взрыва заряда не проявляется на поверхности и ограничивается образованием подземной полости за счет уплотнения и измельчения окружающей среды.
Рыхления	В результате взрыва заряда, окружающая среда вспучивается и несколько перемещается без образования видимой воронки выброса.
Выброса	Взрывающий разрушение и выброс раздробленной породы за пределы воронки выброса.

### 13.3. Действие взрыва в грунтовом массиве

При описании действия зарядов ВВ на выброс, основное внимание уделяется процессу развития взрывной полости и движения среды в сторону открытой поверхности грунтового массива.

На основании теоретических и экспериментальных исследований В.В.Адушкина, М.А.Садовского, В.Н.Родионова, Г.И.Покровского, М.М.Докучаева, А.Н.Ханукаева, Г.М.Ляхова, А.А.Черниговского и других ученых, процесс выброса, с точки зрения механизма передачи энергии выбрасываемому грунту, схематично можно представить в виде, который приведен на рис.13.1.

Под воздействием свободных продуктов взрыва формируется ударная волна, энергия которой равномерно передается во все стороны. Песчаный массив уплотняется и вокруг зарядной камеры образуется полость в виде правильной сферы радиусом, достигающим  $10 R_0$  (где  $R_0$  – радиус полости), что в несколько раз превышает радиус полости в твердых породах.



**Рис.13.1. Схема процесса образования взрывной воронки в грунтах:**

1-падающая (прямая) волна; 2-отраженная волна.

Поскольку длина волны в десятки раз превышает ЛНС, то отраженное поле смещений накладывается на поле смещений, образованное прямой волной. Скорость смещения по ЛНС удваивается. Таким образом, симметрия в поле смещения нарушается сразу, а не после отражения волны от открытой поверхности и полость начинает вытягиваться в направлении ЛНС (рис.13.1,

фаза III); форма полости приближается к эллиптической, большая ось которой совпадает с ЛНС. Поскольку путь пробега волны по ЛНС является минимальным, то скорость смещения и кинетическая энергия перемещающейся породы в этом направлении являются максимальными.

Поднятая масса оказывается в пределах оболочки, оконтуренной изнутри поверхностью полости, а снаружи – поверхностью параболоида вращения. Наибольшую толщину оболочка имеет в своей нижней части, где она ещё связана с массивом, наименьшим в верхней части.

Неравномерное размещение породы в различных частях оболочки и неодинаковая сопротивляемость её перемещению приводят к тому, что верхняя часть оболочки продолжает перемещаться с большой скоростью, тогда как её нижняя часть, обладая большей массой и будучи связанная с массивом, перемещается с меньшей скоростью. Она быстро теряет свой начальный запас кинетической энергии. Таким образом, верхняя часть оболочки быстрее увеличивается в объеме по сравнению с нижней. В момент, близкий к концу процесса, толщина верхней части оболочки уменьшается настолько, что силы сцепления между частицами среды становятся незначительными. Подъем грунтового потока представляет собой полет отдельных кусков и частиц и верхняя часть оболочки полностью раскрывается, разлетаясь в виде несвязанной массы.

Таким образом, направленное действие грунтового массива по ЛНС обусловлено действием падающей и отраженной волны. Этот этап называется вторым этапом стадии – газового ускорения разлета породы в направлении ЛНС газообразными продуктами взрыва, находящимися в камуфлетной полости. С момента прорыва газа в атмосферу скорость полёта частиц грунта увеличивается. В момент достижения максимальной скорости полета количество энергии, передаваемое грунту волной и продуктами взрыва, составляет 95% потенциальной энергии заряда ВВ.

Основная масса поднятого грунта оказывается сосредоточенной в средней и нижней частях оболочки. Поскольку средняя часть оболочки обладает большей скоростью по сравнению с нижней, она отклоняется от оси воронки на большое расстояние. Масса оболочки, израсходовав весь свой запас кинетической энергии, опускается под тяжестью собственного веса, образуя открытую взрывную воронку. Так как основная масса грунта была сосредоточена в нижней части оболочки, то после её опускания у краев воронки образуется высокий гребень. В этот момент воронка имеет наибольший объем.

Порода, опустившаяся на край воронки, начинает сползать в нее до образования угла естественного откоса. Это приведет к уменьшению первоначальной глубины воронки и, в целом, к уменьшению её объема. Уменьшается и первоначальная высота гребня воронки (рис.13.1. фаза VII). Таким образом, направление действия грунтового массива по ЛНС обусловлено действием падающей и отраженной волны. После подхода отраженной волны к полости движущейся массы сообщается некоторое количество дополнительной

энергии, оставшейся в продуктах взрыва. Этот этап называется стадией газового ускорения разлета породы.

### 13.4. Действие взрыва в горном массиве

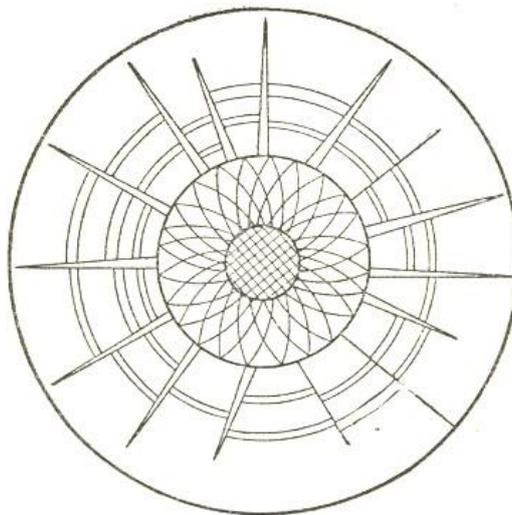
Разрушение горной породы действием взрыва - весьма сложный процесс, на характер которого влияют многие факторы.

После детонации заряда в зарядной камере повышается давление до нескольких десятков и даже сотен тысяч атмосфер. Так как линейные размеры заряда по отношению к линейным размерам массива, подлежащего разрушению, обычно невелики, а скорость детонации составляет несколько километров в секунду, можно считать, что заряд детонирует мгновенно, т. е. в камере возникает давление, величина которого приближенно может быть определена по формуле

$$P_D = \frac{1}{8} K_1 \rho_{ВВ} D^2, \text{ кгс/см}^2,$$

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий размерность величин в различных системах единиц;  $\rho_{ВВ}$  — плотность ВВ,  $\text{г/см}^3$ ;  $D$  — скорость детонации, м/с.

Продукты взрыва, действуя на стенки зарядной камеры, вызывают в массиве нестационарное поле напряжений, распространяющееся со скоростью, определяемой механическими константами среды. В ближней зоне от заряда возникают ударные волны, распространяющиеся со сверхзвуковой скоростью. Вследствие высокого давления на фронте ударной волны упругие породы вблизи заряда раздавливаются, а пористые — уплотняются, образуя зону сжатия, схема которого приведена на рис. 13.2.



**Рис.13.2.** Схема разрушения горного массива действием взрыва одиночного заряда ВВ (по данным Г.И.Покровского)

Если попытаться разложить волны напряжений на главные напряжения, то оказывается, что в результате давления газообразных продуктов взрыва в радиальном направлении возникают большие сжимающие напряжения, а в тангенциальном — растягивающие. Так как твердые тела, и горные породы в частности, хорошо сопротивляются сжатию и легко разрушаются при

растяжении, в рассматриваемом слое могут произойти радиальные разрушения, вызванные действием растягивающих напряжений. Когда вызванная взрывом волна напряжений достигает поверхности, частицы среды получают возможность свободно смещаться в сторону открытой поверхности.

Свободное смещение, начинающееся на открытой поверхности, протекает с постепенным вовлечением в движение все более удаленных от открытой поверхности частиц среды, которые, смещаясь до этого в радиальных направлениях, меняют свой вектор скорости. Процесс движения среды в сторону открытой поверхности, начавшийся у поверхности и распространяющийся в направлении к заряду, называется отраженной волной напряжений в отличие от начальной – падающей волны.

Складываясь с напряжением падающей волны, напряжения в отраженной волне уменьшают действия первых, при этом растягивающие напряжения в отраженной волне могут настолько превысить сжимающие в хвостовой части падающей волны, что у открытой поверхности происходят разрушения, не связанные с разрушениями, распространяющимися от заряда.

Когда давление продуктов взрыва уменьшается, среда за счет приобретенного запаса упругой энергии начинает возвращаться в исходное положение, причем это возвращение распространяется от заряда в глубь массива. При таком напряженном состоянии в массиве вокруг заряда могут возникнуть концентрические трещины.

Для ряда инженерных расчетов по действию взрыва в различных средах большое значение имеют параметры ударных волн в ближней зоне на границе раздела заряд-среда (табл. 13.1 и 13.2).

При распространении ударной волны по массиву горных пород она теряет свои начальные параметры и переходит в волну напряжения.

Совсем другая картина разрушения наблюдается при взрыве одиночного заряда вблизи открытой поверхности. Этим положением объясняется то, что в сторону ЛНС разрушения в среде от действия взрыва одиночного заряда вблизи открытой поверхности может быть представлен, как на рис. 13.3.

Качественный анализ показывает, что при взрыве одиночного заряда в зарядной камере возникает сложная волна напряжений, при распространениях которой возможны следующие системы разрушений: образование радиальных трещин, вызванных действием растягивающих напряжений в падающей волне и распространяющихся от заряда в глубь массива; разрушения у открытой поверхности, вызванные действием отраженной волны напряжений и распространяющиеся в сторону заряда; разрушения концентрическими трещинами вокруг заряда, вызванные обратным движением среды в сторону заряда.

Таблица 13.1.

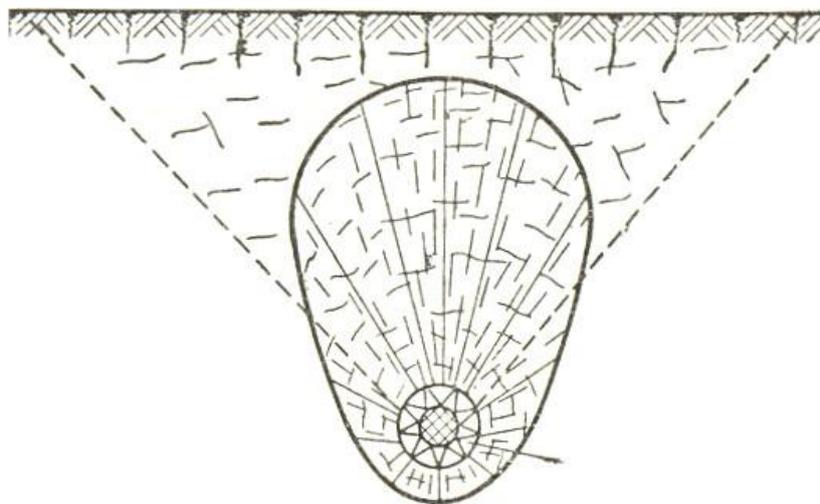
**Расчетные параметры ударных волн при взрыве сферического заряда**  
(по данным В.Г.Хотина)

Среда	ВВ	Плотность заряжания, г/см <sup>3</sup>	Скорость детонации, м/с	Давление на границе раздела, кгс/см <sup>2</sup>	Скорость движения среды на границе раздела, м/с	Скорость ударной волны в среде, м/с
1	2	3	4	5	6	7
В воздухе	Тротил	1,6	7	570	6450	7100
	Гексоген	1,6	8,2	760	7450	8200
	ТЭН	1,69	8,4	810	7700	8450
	Тротил	1,6	7	-	-	7500
	Гексоген	1,6	8	-	-	8600
В воде	Тротил	1,6	7	$1,36 \cdot 10^5$	21800	6100
	ТЭН	1,69	8,4	$1,63 \cdot 10^5$	2725	7030
По стали	Тротил	1,3	-	$2,07 \cdot 10^5$	505	5150
	Гексоген	1,6	-	$4,05 \cdot 10^5$	885	5750
	Флегмати- зированный					
По меди	Тротил	1,3	-	$1,76 \cdot 10^5$	510	4000
	»	1,55	-	$2,65 \cdot 10^5$	725	4250
	Гексоген	1,6	-	$3,65 \cdot 10^5$	900	4260
	Флегмати- зированный					
	То же	1,4	-	$2,70 \cdot 10^5$	730	6400
По дюралюминию	Тротил	1,3	-	$1,54 \cdot 10^5$	830	6400
	Гексоген	1,6	-	$2,885 \cdot 10^5$	1400	7000
	Флегмати- зированный					

Таблица 13.2.

**Параметры ударных волн при взрыве тротила в горных породах**  
(по данным В.Г. Хотина)

Показатели	Гранит	Мрамор	Известняк	Гранит	Мрамор	Известняк
	Плотность взрывания, г/см <sup>3</sup>	1,6	1,6	1,6	1,32	1,32
Давление за фронтом волны детонации, кгс/см <sup>2</sup> ·10 <sup>5</sup>	1,8	1,8	1,8	1,26	1,26	1,26
Давление на границе раздела, кгс/см <sup>2</sup> ·10 <sup>5</sup>	2,5	2,37	1,85	1,91	1,78	1,42
Скорость ударной волны в среде, м/с	7280	7060	6670	7130	6750	6450
Скорость давления среды на границе раздела, м/с	1290	1220	1315	1005	980	1115



**Рис.13.3. Схема разрушения массива при взрыве одиночного заряда вблизи свободной плоскости**

Соотношение между объемами разрушений различными системами трещин зависит от многих факторов, обеспечивающих в одних случаях интенсивное дробление, в других – не разрушение стенки выработки или борта карьера. Для интенсификации дробления, необходимо во всех участках массива вызвать развитие трещин всех трех систем, что возможно только при управлении механизмом разрушения горных пород действием взрыва.

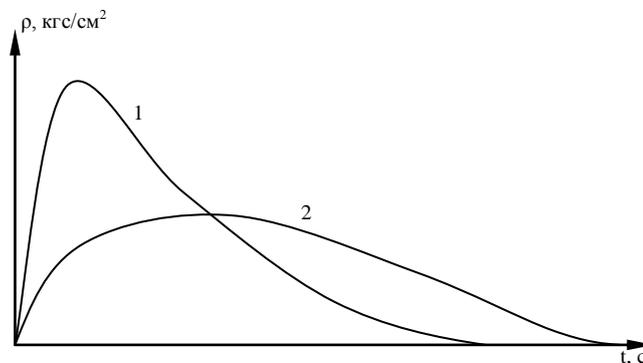
Считается, что механизм разрушения горных пород действием взрыва зависит от их физико-механических свойств. На этом основании горные породы делятся на три группы. К первой группе относятся крепкие породы с высокой акустической жесткостью. Разрушаются они в основном в результате действия отраженных от открытой поверхности волн. Ко второй группе относятся породы средней крепости и трещиноватые, которые разрушаются от действия прямых и отраженных волн; к третьей группе – слабые породы, разрушаемые, главным образом, под непосредственным воздействием газов на стенки зарядной камеры.

Более поздние исследования показали, что механизм разрушения горных пород действием взрыва зависит не только от физико-механических свойств пород, но и от величины взрывного импульса.

### 13.5. Управление механизмом при разрушении горных пород взрывом

Механизм разрушения горных пород действием взрыва зависит от физико-механических свойств пород и от параметров взрывного импульса. Когда на стенки зарядной камеры приложены два импульса (рис. 13.4.) одинаковой величины, в первом случае приложен импульс с высоким пиковым давлением  $P$  (кривая 1), во втором – с более низким давлением, но более продолжительным периодом приложения взрывной нагрузки (кривая 2). При

приложении таких импульсов к среде с одинаковыми физико-механическими свойствами механизм разрушения и интенсивность дробления различны. В первом случае будет небольшое количество радиальных трещин, во втором - массив покроется трещинами радиальными, вызванными действием отраженных волн.



**Рис. 13.4. Взрывные импульсы одинаковой величины с разными начальными характеристиками**

Более интенсивно, горные породы разрушаются при продолжительном действии взрывного импульса на среду. Продолжительность действия взрывного импульса на среду зависит от свойств ВВ, диаметра, высоты и конструкции заряда, способов взрывания, условий взрывания и других параметров. Эти параметры при взрывных работах можно изменить, что приведет к изменению формы взрывного импульса и даст возможность управлять механизмом и интенсивностью дробления горных пород взрывом.

Методы управления дроблением горных пород взрывом. Интенсивность разрушения горных пород в значительной степени зависит от продолжительности действия взрывного импульса. Исходя из этого фактора, основными направлениями развития взрывных работ в горном деле считают следующие:

- совершенствование типов ВВ для увеличения зоны химической реакции;
- совершенствование конструкции зарядов применением комбинированных зарядов, воздушных и водяных промежутков;
- совершенствование параметров БВР правильным выбором диаметра заряда, высоты уступа, сетки скважин;
- применение короткозамедленных взрываний отдельных зарядов и их частей;
- выбор условий взрывания (зажатая среда) и схем последовательности взрывания отдельных зарядов.

На горных предприятиях, необходимо стремиться применять комплекс методов, который в конкретных условиях обеспечит наиболее интенсивное дробление в заданных условиях.

## 13.6. Классификация методов управления дроблением горных пород взрывом

Настоящая классификация методов управления дроблением горных пород взрывом, разработана проф. М.Ф. Друкованным.

### **I. Разновременным взрыванием отдельных зарядов или частей зарядов**

- **однорядное короткозамедленное взрывание** – применяется на карьерах с небольшой производственной мощностью при одновременном взрыве небольшого числа скважин;
- **многорядное короткозамедленное взрывание** – применяется на больших карьерах;
- **внутрискважинные короткие замедления** – применяются при электровзрывании или при наличии специального ДШ.

### **II. Запиранием продуктов детонации или формированием поля напряжений**

- **взрывание зарядов с воздушными промежутками** – применяются на всех карьерах;
- **взрывание зарядов с водяными промежутками** – применяются при возможности их изготовления;
- **применение комбинированных зарядов с большим выделением энергии в нижней части скважины** – применяются в обводненных забоях, при размещении крепких пород в нижней части уступа;
- **размещение боевиков в нижней части заряда и его первоочередное инициирование** – применяется на всех карьерах.

### **III. Удлинением зоны химической реакции ВВ**

- **применение гранулированных ВВ, имеющих удлиненную зону химической реакции** – применяется на всех карьерах.

### **IV. Удлинением формы взрывного импульса путем изменения параметров заряда и сетки расположения скважин.**

- **применение скважин большого диаметра (280-320 мм) с котловыми частями скважин** – применяется для пород, имеющих большие скорости разрушения при взрыве (известняки, джеспилиты).

### **V. Взрыванием в зажатой среде и применением рациональных схем соединения зарядов.**

- **взрывание высоких уступов** – применяется в условиях железорудных карьеров;
- **парносближенные скважины** – применяются при больших ЛНС в первом ряду;
- **взрывание в зажатой среде с продольным врубом** – применяется в породах с высокими упругими свойствами;

- **взрывание в зажатой среде с поперечным врубом** – применяется, когда не допускается смещение горной массы при взрыве;
- **зажатие среды при взрыве без подпорной стенки (радиальные, клиновые, трапецеидальные, фланговые и другие схемы);**
- **электронирование энергии при взрывании в зажатой среде** – применяется при необходимости селективной выемки при добыче руд цветных и других ценных полезных ископаемых.

### **Резюме**

Разрушение грунтов происходит под воздействием газодинамических процессов. Этот этап называется стадией газового ускорения разлета грунтового потока, направленная по ЛНС газообразных продуктов взрыва, находящимися в камуфлетной полости. С момента прорыва газа в атмосферу скорость полёта частиц грунта увеличивается. В момент достижения максимальной скорости полета количества энергии, передаваемое грунту волной и продуктами взрыва, составляет 95% потенциальной энергии заряда ВВ.

Разрушение горной породы действием взрыва - весьма сложный процесс, на характер которого влияют многие факторы. Продукты взрыва, действуя на стенки зарядной камеры, вызывают в массиве нестационарное поле напряжений, распространяющееся со скоростью, определяемой механическими константами среды. В ближней зоне от заряда возникают ударные волны, распространяющиеся со сверхзвуковой скоростью. Вследствие высокого давления, на фронте ударной волны, упругие породы вблизи заряда раздавливаются, а пористые - уплотняются, образуя зону сжатия. В дальнейшем ударная волна переходит на волну напряжения, под действием которого происходят разрушения горных пород.

Основными методами управления дроблением горных пород взрывом являются следующие: совершенствование типов ВВ для увеличения зоны химической реакции; совершенствование конструкции зарядов применением комбинированных зарядов, воздушных и водяных промежутков; совершенствование параметров БВР правильным выбором диаметра заряда, высоты уступа, сетки скважин; применение к. з. в. отдельных зарядов и их частей; выбор условий взрывания (зажатая среда) и схем последовательности взрывания отдельных зарядов.

### ***Вопросы для повторения.***

1. Назовите классификации заряда ВВ по способу приложения к взрывному объекту.
2. Назовите классификации заряда ВВ по их форме.
3. Назовите классификации заряда ВВ по строению заряда.
4. Назовите классификации заряда ВВ по разрушающему действию на окружающую среду.

5. Опишите схемы разрушения горных пород взрывом одиночного заряда по данным проф. Г.И.Покровского.

6. Опишите схемы разрушения грунтового массива под действием энергии взрыва.

7. Назовите методы управления дроблением горных пород взрывом.

8. Назовите метод и область применения способов взрывания зарядов ВВ с применением однорядных и многорядных КЗВ.

9. Назовите метод и область применения способа взрывания зарядов ВВ с применением внутрискважинных замедлений.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Изучение развития газовой полости взрыва обвалованным грунтом траншейных зарядов выброса в грунтовом массиве.

2. Обоснование и разработка эффективных параметров трапециевидной формы грунтовой обваловки траншейных зарядов выброса.

3. Обоснование и разработка эффективных параметров треугольной формы грунтовой обваловки траншейных зарядов выброса.

4. Обоснование и разработка эффективных параметров сегментной формы грунтовой обваловки траншейных зарядов выброса.

## *ЛЕКЦИЯ 14*

# **МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ КУСКОВАТОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ**

### **План лекции**

14.1. Цель и основные задачи.

14.2. Изучение метода короткозамедленного взрывания.

14.3. Изучение метода взрывания в зажатой среде.

14.4. Изучение метода взрывания высоких уступов  
параллельно-сближенными скважинными зарядами.

## 14.1. Цель и основные задачи

**Целью работы** является изучение методов регулирования кусковатостью горных пород взрывом.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение метода КЗВ;
- изучение метода взрывания в зажатой среде;
- изучение метода взрывания высоких уступов параллельно-сближенными скважинными зарядами.

## 14.2. Короткозамедленное взрывание

Одним из методов регулирования кусковатостью горных пород является короткозамедленное взрывание (КЗВ). Под КЗВ понимается поочередное взрывание зарядов или группы зарядов ВВ с такими малыми замедлениями по времени срабатывания, при которых удается использовать остаточные напряжения и намечающиеся дополнительные обнаженные поверхности, вызванные в массиве взрывом предыдущего заряда (или группы зарядов).

В зависимости от геологических и горнотехнических условий это время может составлять от 10 до 250 м/сек.

КЗВ может применяться при необходимости в самых разнообразных случаях ведения взрывных работ. В зависимости от горнотехнических условий КЗВ применяется для:

- снижения сейсмического эффекта взрыва;
- улучшения степени дробления горной массы и уменьшения выхода негабарита;
- увеличения выхода горной массы с единицы длины скважины (шпура) и уменьшения расхода ВВ;
- уменьшения ширины, изменения направления или формы развала взорванной горной массы;
- для уменьшения размеров зон заколов, макротрещин и микротрещин, а также увеличения угла откоса уступа;
- для обеспечения хорошей проработки сопротивления по подошве уступа при многорядном расположении скважинных зарядов ВВ.

При КЗВ за счет разновременности взрывания отдельных зарядов или серий зарядов отсутствует наложение волн напряжений соседних зарядов, приводящее к образованию неоднородного напряженного состояния.

Разрушение горных пород при однорядном КЗВ происходит следующим образом. При взрыве первого заряда процесс разрушения массива аналогичен разрушению его взрывом одиночного заряда. В результате действия волн напряжений призма выброса оказывается раздробленной, а под действием

остаточного давления газообразных продуктов взрыва происходит ее сдвигание.

Давление газов к этому времени в скважине хотя и снижается, но все еще продолжает действовать на массив, который в области первого заряда и соседнего находится в сложном напряженном состоянии. Взрыв второго заряда приводит к еще более сложному напряженному состоянию, так как в этом случае увеличивается напряженность массива, вызванного действием взрыва предыдущего заряда, а также увеличивается разрушение за счет отраженной волны напряжения от вновь образованных открытых поверхностей.

Передача некоторой энергии взрыва второго заряда в участок массива, разрушаемый первым зарядом, приводит к увеличению продолжительности действия волн напряжений на массив и тем самым оказывает значительное влияние на интенсивность дробления. На интенсивность и равномерность дробления горных пород при КЗВ влияет также уменьшение заколов в тыльной части массива. При разновременном взрывании соседних зарядов происходит соударение и, как результат, дополнительное дробление горных пород.

Таким образом, улучшение дробления горных пород при КЗВ достигается за счет удлинения периода действия взрыва на массив, образования дополнительных открытых поверхностей, соударения горных пород при взрыве и меньшей нарушенности тыльной части массива в сравнении с мгновенным взрыванием. Все это может быть достигнуто только при правильно выбранных параметрах сетки расположения скважин и интервале времени замедления.

Интервал замедления при КЗВ, для улучшения степени дробления, определяется по формуле:

$$t = AW, \text{ мс}$$

где  $W$  - величина ЛНС или СПП, м;

$A$  – коэффициент, зависящий от свойств взрываеваемой породы, значения которых принимаются равными, мс/м:

<b>Особо крепкие породы:</b> граниты, порфириды и др. ....	3
<b>Крепкие породы:</b> песчаник, метоморфические крепкие сланцы, железистые кварциты и др. ....	4
<b>Породы средней крепости:</b> известняк, мрамор, магнит, филлитовые сланцы, серпентинит и др. ....	5
<b>Мягкие породы:</b> мергель, мел, глинистые сланцы, каменный уголь, аргиллиты, алевролиты и др. ....	6

При КЗВ с помощью ДШ и пиротехнических замедлителей КЗДШ применяют разнообразные схемы соединения зарядов, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечить надежность передачи детонации по всей сети;
- обеспечивать высокую интенсивность дробления горных пород;
- формировать развал взорванной горной массы желаемых геометрических параметров;
- обеспечивать минимальные разрушения в глубь горного массива.

**Основные достоинства КЗВ** состоят в следующем:

- повышается эффективность БВР на добычных и подготовительных участках шахт, рудников и карьеров;
- сокращаются затраты рабочего времени и труда на добычных участках в результате ликвидации вторичного дробления, на подготовительных работах обеспечивается возможность взрывать шпуры по всему сечению выработки в один прием, что особенно важно для угольных шахт опасных по газу и пыли;
- отказ от многоприемного взрывания при проведении выработок и вторичного дробления негабарита в шахтах ликвидирует одну из главных причин травматизма;
- минимальные разрушения зон заколов, макротрещин и микротрещин в глубь горного массива;
- регулирование геометрическими параметрами развала взорванной горной массы;
- увеличение выхода взорванной горной массы с одного метра скважины;
- улучшение степень дробления горных пород по высоте уступа;
- уменьшение удельного расхода ВВ;
- улучшение организации буровых работ вследствие их концентрации на одном участке;
- уменьшение объема путевых работ.

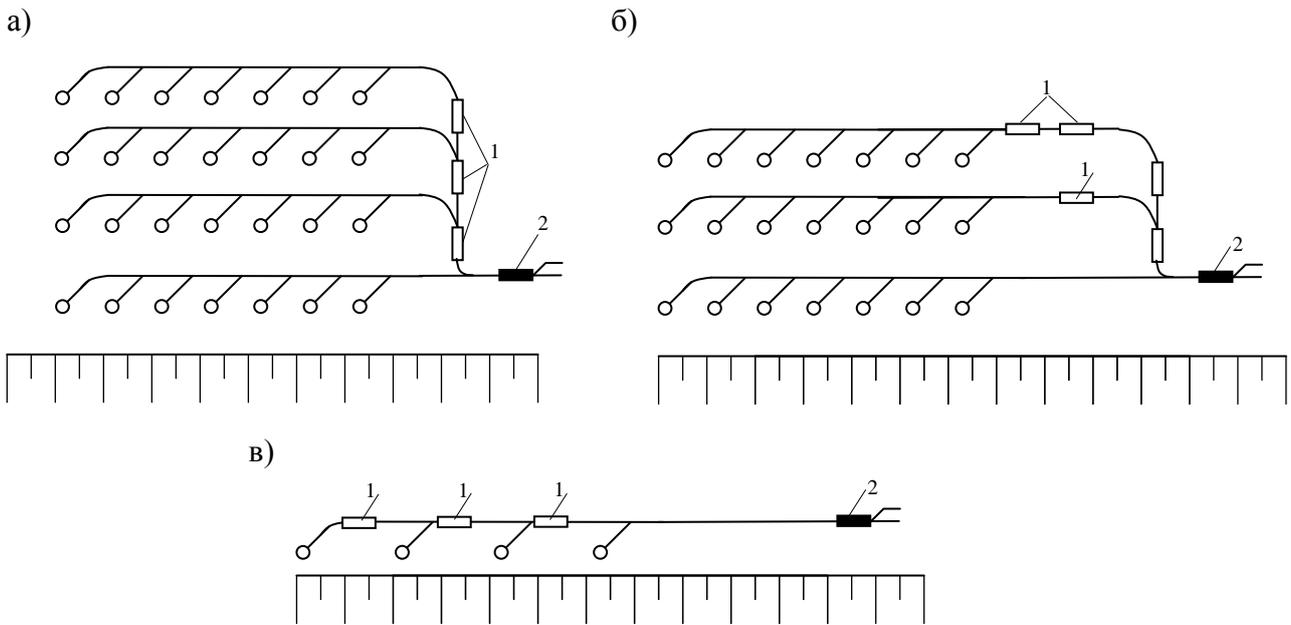
**Основные недостатки КЗВ** состоят в следующем:

- в трудоемкости подбора рациональных схем;
- в трудоемкости определения интервалов замедления;
- в некоторых усложнениях монтажа взрывной сети.

### 14.3. Взрывание в зажатой среде

Взрывание в зажатой среде - это метод ведения взрывных работ, при котором благодаря наличию преград (взорванная горная масса или целик) уменьшается боковое смещение взрывающегося массива в период разрушения, что способствует увеличению продолжительности действия взрыва на массив и, как следствие, улучшению дробления пород.

Метод взрывания в зажатой среде имеет несколько вариантов, различающихся между собой числом открытых поверхностей и их расположением, характером подпорной стенки и последовательностью взрывания отдельных зарядов (рис. 13.2).



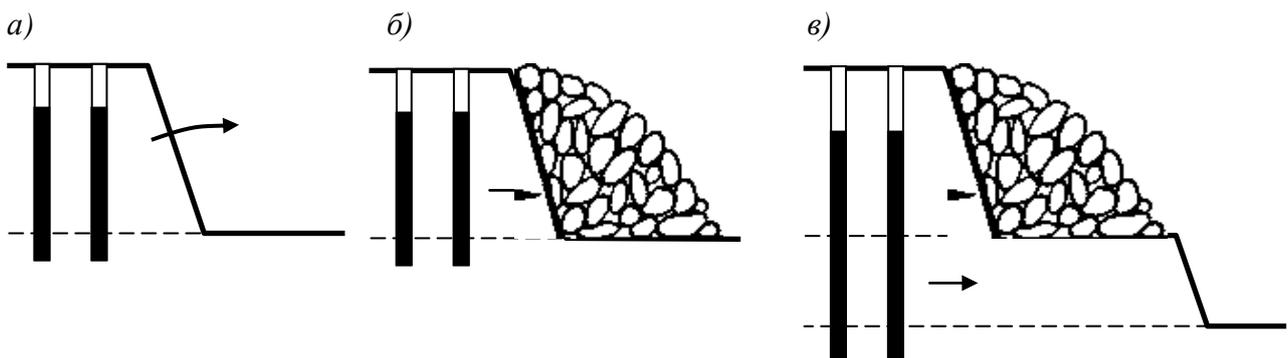
**Рис. 14.1. Схемы монтажа КЗВ**

**при помощи пиротехнического реле:**

а, б, - подрядное взрывание; в – последовательное взрывание;  
1 – пиротехническое реле; 2 – электродетонаторы.

Наиболее простым вариантом взрывания в зажатой среде является взрыв на неубранную горную массу. При этом величина подпорной стенки из неубранной массы влияет на величину и форму развала и качество дробления горных пород.

Ко второму варианту взрывания в зажатой среде применяют фланговые, диагональные и радиальные схемы соединений зарядов.



**Рис. 14.2. Взрывание в зажатой среде:**

а – зажим достигается за счет схем соединений зарядов;  
б – при наличии подпорной стенки; в – за счет навала взорванной горной массы и целика массива

Подпорная стенка из неубранной горной массы при этом варианте не обязательна, так как подпор создается горной массой, разрушенной первой небольшой группой зарядов. Подпорная стенка при этом варианте

уменьшает ширину развала горной массы и позволяет управлять его геометрией.

Рассмотренные варианты взрывания в зажатой среде применяют для взрывания пород любой крепости и трещиноватости.

Третьим вариантом взрывания в зажатой среде является взрывание при наличии одной открытой поверхности, когда подпорной стенкой является целик массива. Этот вариант применяют при проведении траншей взрывным способом, при взрывании массивов горных пород с применением продольных и поперечных врубов, а также взрывании высоких уступов. В настоящее время, этот способ освоен при взрывании в породах средней и ниже средней крепости с мелкотрещиноватым строением.

Эффективность метода взрывания в зажатой среде проявляется только при многорядном КЗВ и наличии не менее четырех-пяти рядов скважин. Однако, во всех вариантах, благодаря подпорной стенке и меньшей скорости смещения, продолжительностью действия взрыва на среду повышается коэффициент полезного использования энергии взрыва. В этом заключается физическая сущность взрывания в зажатой среде. Взрывание в зажатой среде, кроме значительного улучшения качества дробления пород, по сравнению со взрыванием на открытую боковую поверхность уступа, имеет следующие достоинства: создает благоприятные условия для управления величиной развала горной массы и ее формой; обеспечивает независимость процессов бурения и взрывания от экскавации и транспорта; полностью ликвидирует такой трудоемкий процесс, как путе-переукладочные работы в забое перед массовым взрывом; уменьшает непроизводительные простои экскаваторов и создает предпосылки для повышения их производительности; позволяет уменьшить число взрывов и увеличить объемы одновременно отбиваемой горной массы. В настоящее время этот метод применяют на многих карьерах.

Для многорядного КЗВ на открытую поверхность или на неубранную горную массу (в зажатой среде) характерны «узкие места», снижающие эффективность указанных методов взрывания и производительность погрузочно-транспортных средств. К ним относятся: большой объем горных пород, находящихся на уровне забойки (верхняя часть уступа), который обуславливает неравномерное распределение ВВ по высоте уступа и, как следствие, неравномерное дробление пород; контакт взорванной горной массы и целика по линии подошвы и откоса уступа затрудняет работу экскаваторов; необходимость создания перебуров скважин, достигающих иногда 35% высоты уступа. Перебур скважин, помимо удорожания БВР, обуславливает снижение производительности буровых станков на соответствующем участке нижележащего уступа и ухудшение дробления при последующем взрывании.

Устранить эти «узкие места» можно в результате сдваивания или страивания уступов смежных горизонтов, когда общая глубина скважины достигает 45 м, и взрывания скважинных зарядов на всю высоту совмещенных уступов.

Так как длина забойки и перебура остается постоянной для любой высоты уступа, их доля в общем объеме взрывааемых скважин с увеличением высоты

уступа снижается. В равной степени это относится и к контакту взорванной горной массы, и моно лита, так как линия контакта остается лишь по нижнему подуступу.

Кроме того, исходя из условия, что на интенсивность разрушения взрывом горных пород наряду с напряжением, влияет продолжительность действия взрывного импульса на разрушаемую среду, было исследовано влияние высоты уступа (длины колонки заряда) на основные физические факторы разрушения пород взрывом (зависимость продолжительности действия взрывного импульса от высоты уступа).

При взрывании заряда кривая «давление-время» изменяется, а уравнение, описывающее эту кривую, может быть представлено в виде:

$$P = at^{2/3}e - bt^{2/3}; \quad (14.1)$$

$$a = P_{\max}be, \quad (14.2)$$

где  $\left. \begin{matrix} a - \kappa_2 \cdot c^{-2/3} \\ b - c^{-2/3} \end{matrix} \right\}$  эмпирические коэффициенты;

$P_{\max}$  - максимальное давление при взрыве, кгс/см<sup>2</sup>;

$e$  - основание натуральных логарифмов;

$t$  - время, с;

$$P_{\max} = \frac{1}{8} \rho_0 D^2, \quad (14.3)$$

где  $\rho_0$  - плотность ВВ, г/см<sup>3</sup>;

$D$  - скорость детонации ВВ, м/с;

$$t_{\max} = \frac{l_3}{D}. \quad (14.4)$$

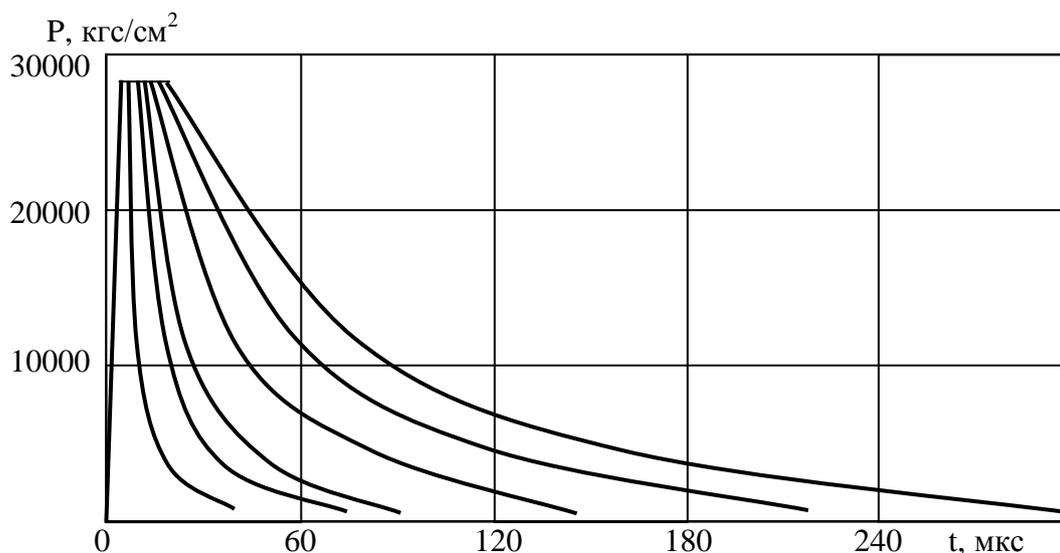
Вычисляя  $t_{\max}$  по формуле (14.4), мы делаем допущение: максимальное давление газообразных продуктов взрыва в скважине, достигается в момент окончания детонации заряда. Выполнив соответствующие подстановки в формулах, получим выражение зависимости давления газообразных продуктов взрыва в скважине от высоты уступа:

$$P = \frac{1}{8} \rho_0 D^{8/3} \cdot l_3^{-2/3} \cdot t^{2/3} \cdot e^{1 - \left(\frac{Dt}{l_3}\right)^{2/3}}. \quad (14.5)$$

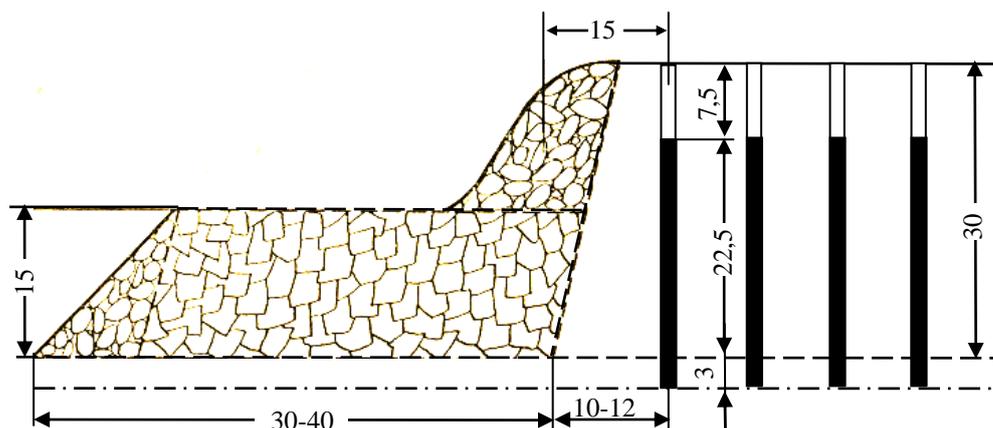
На основе расчетов по этой формуле, с учетом определенных допущения и предположения, была построена зависимость изменения давления продуктов взрыва в скважине во времени, с увеличением высоты уступа (рис. 14.2), из которой следует, что при увеличении высоты уступа с 15 до 75 м продолжительность действия взрывного импульса на отдельных участках уступа увеличивается почти в 5-6 раз. Увеличение продолжительности напряженного состояния массива при неизменных параметрах сетки расположения скважин вследствие роста высоты уступа, является основным

условием повышения интенсивности и равномерности дробления горных пород.

Теоретические и лабораторные исследования продолжительности действия взрывного импульса на массив с увеличением высоты уступа и улучшения степени дробления пород подтверждены практикой взрывных работ на железорудных и флюсовых карьерах. Начиная с 1960 г. на железорудных карьерах Кривбасса одновременно обуривают и взрывают в зажатой среде уступы высотой 24-36 м (рис. 14.3).



**Рис. 14.2. Изменение давления продуктов взрыва во времени в зависимости от высоты уступа**



**Рис. 14.3. Схема взрывания высоких уступов в зажатой среде**

Помимо карьеров Кривбасса взрывание высоких уступов применяют на Кальмакырском карьере, на карьерах Балаклавского, Барсуковского и других карьероуправлений. Эффективность взрывания высоких уступов в наибольшей мере проявилась при взрывании пород средней и ниже средней крепости.

Достоинства взрывания высоких (совмещенных) уступов: обеспечение больших запасов взорванной горной массы при недостатке рабочих берм;

сокращение объема буровых работ вследствие уменьшения перебуров: при совмещении  $n$  уступов число перебуров сокращается на  $n - 1$ , т. е. на  $(n-1) l_{\text{пер}}$  уменьшается объем бурения (где  $l_{\text{пер}}$  - величина перебура в метрах); сокращение расхода ДШ на соединение зарядов на поверхности; сокращение расхода обсадных труб; сокращение числа переездов станка от скважины к скважине; повышение производительности погрузочно-транспортного оборудования на уборке взорванной горной массы.

Последнее связано с технологией отработки полезного ископаемого, а не с технологией БВР. Бурение и взрывание производятся на высоте двух-трех уступов, а отработка ведется погоризонтно при высоте уступа 10-12 м, обеспечивающей большую производительность экскаватора. Погрузочно-транспортное оборудование работает на взорванном массиве, а низкий коэффициент разрыхления горных пород при взрывании в зажатой среде способствует повышению коэффициента заполнения ковша экскаватора.

Основными же достоинствами взрывания высоких уступов, являются высокая интенсивность и равномерность дробления пород энергией взрыва, что позволяет транспортировать 85-90% взорванной горной массы (железистых кварцитов Криворожских ГОКов с коэффициентом крепости  $f=8\div 14$ ) ленточными конвейерами, т. е. применять поточную технологию. Влияние высоты уступа на степень дробления пород.

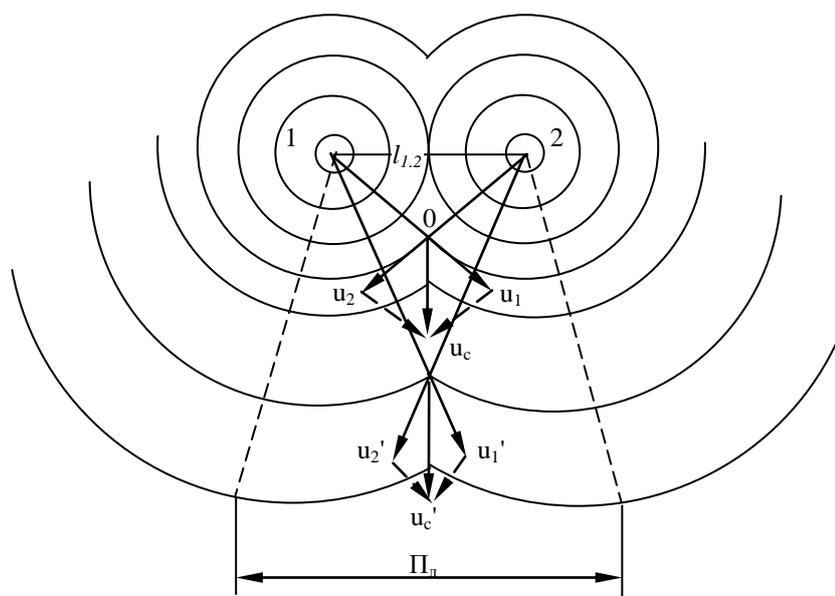
Помимо интенсивного дробления пород для обеспечения эффективной работы техники непрерывного действия, необходимо свести к минимуму объем работы исполнительного органа погрузочных средств по контакту с целиком (по подошве и линии откоса уступа), что в наибольшей степени достигается при высоких уступах.

Таким образом, взрывание высоких уступов в зажатой среде объединяет преимущества новых высокоэффективных методов БВР: многорядного КЗВ в зажатой среде и зарядов большой длины, а также современных технологических схем отработки полезных ископаемых.

#### 14.4. Взрывание высоких уступов параллельно-сближенными скважинными зарядами

Эффект применения параллельно-сближенных зарядов объясняется тем, что при этом методе взрывания уже в непосредственной близости от зарядов на расстояниях, составляющих около  $1/2$  расстояния между зарядами в паре (рис 14.4.) цилиндрические фронты волны напряжений первого и второго зарядов начинают взаимодействовать, формируя при этом плоский фронт.

Отработка высоких уступов требует поиска новых решений при производстве БВР. Практикой ведения взрывных работ установлено, что рациональное использование объема взрывных скважин с точки равномерного размещения ВВ в массиве, достигается при определенном соотношении диаметра скважинных зарядов ( $d_3$ ) и высота отбиваемого уступа ( $H_y$ ):



**Рис. 14.4. Схема взаимодействия параллельно-сближенных зарядов**

$l_{1,2}$  – расстояние между двумя параллельно-сближенными зарядами.

$u_1, u_2'$  – скорости смещения среды на фронте цилиндрической волны напряжений от взрыва первого заряда.

$u_2, u_2'$  – скорости смещения на фронте цилиндрической волны от взрыва второго заряда.

$u_c, u_c'$  – равнодействующие скорости.

$\Pi_{л}$  – участок с плоским фронтом суммарной волны напряжений

$$H_y = 60d_3.$$

В этом случае при взрывной отбойке уступов высотой  $H_y=20$  м, диаметр скважинных зарядов  $d_3=300$  мм, для  $H_y=30$  м –  $d_3=500$  мм. Ориентируясь на перспективный типоряд мощных буровых станков представляется возможным при взрывной отбойке уступов  $H_y=30$  м рекомендовать диаметр скважинных зарядов  $d_3=320$  мм, соответственно, для  $H_y=30$  м –  $d_3=400$  мм. Применяемые в настоящее время на скальных карьерах шарошечные буровые станки предназначены для бурения скважин  $d_3=215, 250$  и  $270$  мм практически не обладают конструктивными возможностями дальнейшего увеличения диаметра взрывных скважин. С целью увеличения энергии скважинных зарядов ВВ, особенно для качественного дробления и проработки при подошвенной части высоких уступов может быть внедрен метод взрывания параллельно-сближенными скважинными зарядами.

Сущность метода заключается в следующем. Обуривание взрываемого уступа производится группами из нескольких вертикальных или наклонных скважин, расположенных параллельно друг к другу на расстоянии шести диаметров заряда друг от друга. Располагаются параллельно-сближенные заряды в одну линию (парносближенные) или в виде пучка из трех (в вершинах равностороннего треугольника) и более скважин (квадрат, эллипс и др. формы). Ориентированы пучок или пара параллельно-сближенных зарядов

параллельно линии уступа. Таким образом, формируется эквивалентный заряд ВВ большого диаметра, который увеличивает эффективность взрывных работ. С переходом на такой метод взрывания представляется возможным при ограниченном выборе диаметров зарядов (215, 250, 270 мм) образовывать с помощью имеющихся на предприятии буровых станков параллельно-сближенные скважинные заряды, имитирующие заряд необходимого диаметра и энергии ВВ.

Эквивалентный диаметр скважинного заряда ( $d_3$ ), имитируемый группой параллельно-сближенных равен:

$$d_3 = d_3 \sqrt{n_c}, \text{ мм}$$

где  $n_c$  – число скважин в группе (пучке);  $d_3$  – диаметр заряда.

Диаметр скважинных зарядов  $d_3=320$  мм для  $H_y=20$  м можно создать одновременным взрыванием трех параллельно-сближенных зарядов диаметром 215 мм ( $d_3 = \sqrt{3 \cdot 215} = 372$  мм), двух – диаметром 250 мм ( $d_3 = \sqrt{2 \cdot 250} = 330$  мм), или двух – диаметров 270 мм ( $d_3 = \sqrt{2 \cdot 270} = 378$  мм). Учитывая различия полученных  $d_3$ , двумя параллельно-сближенными зарядами  $d_3=250$  мм ( $d_3=330$  мм), рациональнее взрывать уступы  $H_y=20$  м, представленные скальными породами с коэффициентом крепости по шкале М.М.Протождяконова  $f=10$ , тремя зарядами  $d_3=215$  мм ( $d_3=372$ ) или двумя зарядами  $d_3=270$  мм ( $d_3=378$  мм) – уступы  $H_y=20$  м, представленные скальными породами  $f=10-14$ .

Диаметр скважинных зарядов  $d_3=400$  мм и более при взрывной отбойке уступов высотой  $H_y=30$  м можно создать одновременным взрыванием пучка из четырех параллельно-сближенных зарядов диаметром 215 мм ( $d_3 = \sqrt{4 \cdot 215} = 430$  мм), трех диаметром 250 мм ( $d_3 = \sqrt{3 \cdot 250} = 435$  мм), или трех диаметром 270 мм ( $d_3 = \sqrt{3 \cdot 270} = 467$  мм). Четырьмя параллельно-сближенными зарядами  $d_3=215$  мм ( $d_3=430$  мм) или тремя зарядами  $d_3=250$  мм ( $d_3=435$  мм) рациональнее взрывать уступы, представленные скальными породами  $f=10$ , тремя зарядами  $d_3=270$  мм ( $d_3=467$  мм) – уступы, представленные скальными породами  $f=10-14$ . Стоимостные параметры метода взрывания параллельно-сближенными зарядами в сравнении с традиционным методом взрывания одиночными зарядами 215, 250 и 270 мм (табл. 1) показывают, что они практически равноценны. Однако результаты экспериментальных исследований подтверждают, что действие взрыва параллельно-сближенных зарядов за счет целого ряда физических особенностей взрывного взаимодействия сближенных зарядов, значительно эффективней по сравнению с эквивалентными зарядами круглого сечения при равном весе ВВ.

Как показывает производственный опыт, параллельно-сближенные скважины можно бурить и одновременно, и последовательно. Производительность бурового станка при последовательном бурении парных скважин за счет сокращения числа переездов в течение смены и упрощения организации работ на блоке возрастает на 10-20%. При взрывной отбойке параллельно-сближенными скважинными зарядами наблюдается лучшая проработка подошвы и более равномерной дробление горной массы. Снижается

выход переизмельченного продукта и сокращается в два и более раз выход негабарита, что способствует повышению в среднем на 10% производительности экскаваторов. Стоимость 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы по затратам на бурение, взрывание и экскавацию снижается на 20-30%.

Параметры БВР при взрывной отбойке уступов высотой 20 м и 30 м пучками параллельно-сближенных скважинных зарядов, данные приведены в табл.14.1.

Таблица 14.1.

**Параметры БВР при взрывной отбойке уступов высотой 20 и 30 м**

Показатели	Значение									
	20					30				
Высота уступа, м										
Коэффициент крепости пород	6-10		10-14			6-10			10-14	
Диаметр скважины, мм	320	250	320	215	270	400	215	250	400	270
Количество скважин в пучке	1	2	1	3	2	1	4	3	1	3
Эквивалентный диаметр заряда, мм	-	350	-	372	378	-	430	435	-	465
Расстояние между скважинами в пучке, м	-	1,5	-	1,3	1,6	-	1,3	1,5	-	1,6
Сетка зарядов (квадратная), м	11	11	10	11	11	11	12	12	10	12
Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	0,46	0,473	0,60	0,595	0,592	0,592	0,55	0,55	0,716	0,674
Перебур, м	4,0	2,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0
Длина скважины, м	24,0	22,0	24,0	22,0	22,0	33,0	32,0	32,0	33,0	33,0
Масса ВВ в пучке, кг	1113	1144	1200	1440	1440	2147	2372	2370	2147	2907
Масса ВВ на одну скважину, кг	-	572	-	480	720	-	593	790	-	969
Масса верхнего заряда ВВ, кг	223	176	240	96	260	791	119	308	791	357
Масса нижнего заряда ВВ, кг	890	396	960	384	460	1356	474	482	1356	612
Вместимость ВВ на 1 м скважины, кг.	72	44	72	33	51	113	33	44	113	51
Суммарная длина зарядов ВВ в скважине, м	15,5	13,0	16,7	14,5	14,0	19,0	18,0	18,0	19,0	19,0
Длина верхнего заряда, м	3,1	4,0	3,3	2,9	5,0	7,0	3,6	7,0	7,0	7,0
Длина нижнего воздушного промежутка, м	12,4	9,0	13,0	11,6	9,0	12,0	14,4	11,0	12,0	12,0
Длина забойки, м	2,5	4,0	1,3	2,5	3,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Выход горной массы с 1 п. м скважины, м <sup>3</sup> /п.м.	6,0	5,0	6,0	5,0	5,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Себестоимость 1 м <sup>3</sup> горной массы по бурению и взрыванию, \$USD/м <sup>3</sup>	100,4	55,0	83,3	36,7	55,0	110,0	33,8	45,0	91,0	43,7

Сотрудниками института ВНИПИ промтехнологии и Навоийского горно-металлургического комбината разработаны новые способы отбойки горных пород с применением параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ, которые успешно прошли промышленные испытания на карьере Мурунтау ЦРУ НГМК.

1. Способ взрывной отбойки горных пород на открытых разработках, схема которого приведена на рис. 14.5., включающей в себя бурение нисходящих скважин, их заряжание и взрывание, отличающийся тем, что отбойку горных пород ведут парами расходящимися скважин, пробуренных с рабочей площадки уступа в вертикальной плоскости, в которой одну скважину в каждой паре скважин бурят перпендикулярно к подошве уступа, а вторую – в сторону уступа с наклоном к его подошве под углом

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{1,13 \cdot H}{d} \sqrt{\frac{q}{\gamma_{\text{кв}}}}, \text{град}$$

где  $H$  – высота уступа, м;

$d$  – диаметр скважины в паре расходящихся скважин, м;

$q$  – расчетный удельный расход ВВ для данной породы и заданном качестве дробления, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{ВВ}}$  – плотность заряжения ВВ в скважине, кг/м<sup>3</sup>.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при одновременном взрыве зарядов ВВ в паре расходящихся скважин, инициирование зарядов в вертикальных скважинах производят от их устья, а зарядов в наклонных скважинах – с обоих концов зарядов.

3. Способ взрывной отбойки горных пород на открытых разработках, включающий в себя бурение нисходящих скважин, их заряжание и взрывание, отличающийся тем, что отбойку пород ведут парами расходящихся пучков параллельно-сближенных скважин, пробуренных с рабочей площадки уступа в вертикальной плоскости, в которой один пучок скважин бурят перпендикулярно подошве уступа, а второй пучок в сторону откоса уступа с наклоном к его подошве под углом

$$\beta' = \operatorname{arctg} \frac{1,13 \cdot H}{D_3} \sqrt{q / \gamma_{\text{ВВ}}}, \text{град}$$

где  $D_3$  – диаметр цилиндрического монозаряда, эквивалентного по энергии применяемого ВВ наклонному пучку скважинных зарядов, м;

$H$  – высота уступа, м;

$q$  – расчетный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{ВВ}}$  – плотность заряжения ВВ в скважине, кг/м<sup>3</sup>.

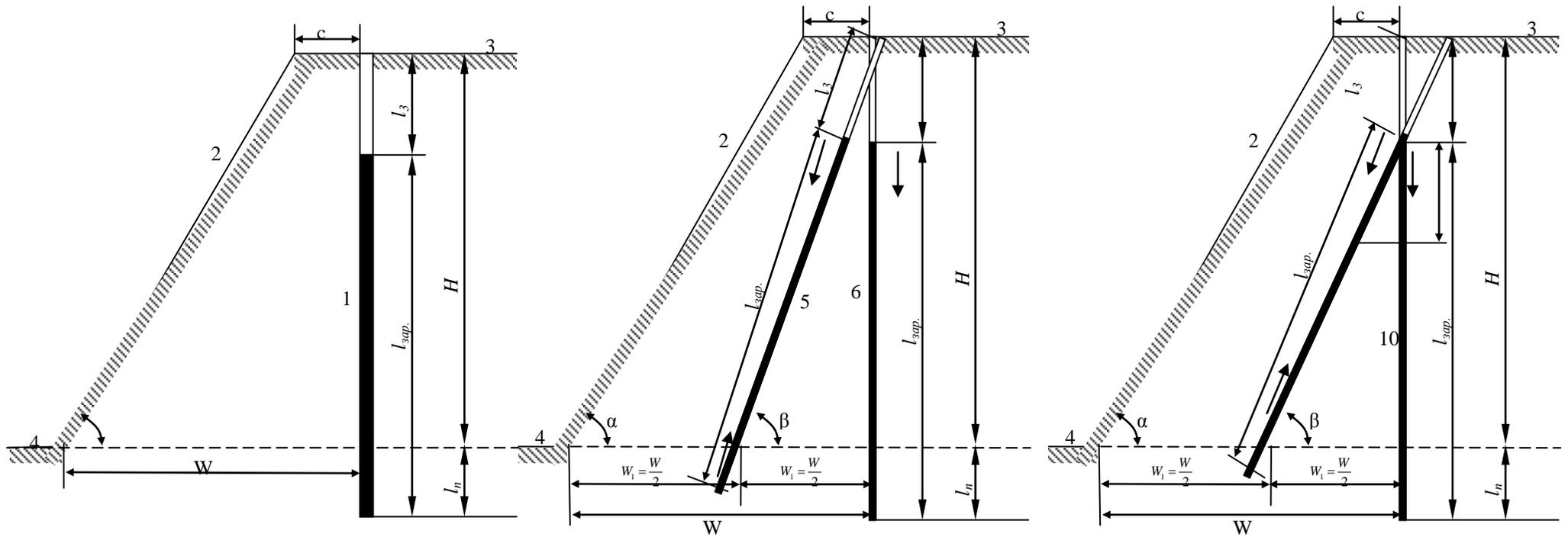


Рис. 14.5. 1-вертикальная скважина большого диаметра; 2-откос уступа; 3-рабочая площадка; 4-подшва уступа; 5 и 6 – наклонная и вертикальная скважина в паре расходящихся скважин в одной вертикальной плоскости; 9 и 10 – наклонная и вертикальная скважины в паре расходящихся, пробуренных в вертикальных плоскостях и пересекающихся в вертикальной проекции в точке начала зарядов; 13 и 14 – вертикальные параллельные плоскости; 15 и 16 – объемное представление наклонной и вертикальной скважин в параллельных плоскостях и пересекающихся в вертикальной проекции в точке начала заряда ВВ в скважинах;  $\longleftrightarrow$  - направление детонации;  $W$  – величина ЛСПП высокого уступа;  $D_0$  – необходимый диаметр монозаряда;  $H$  – высота уступа;  $c$  – величина бермы безопасности;  $d$  – диаметр скважин в паре расходящихся скважин;  $l_{зар}$  – длина заряда;  $l_з$  – длина забойки;  $e$  – смещение точки забуривания наклонной скважины относительно точки забуривания вертикальной скважины, пробуренных в параллельных вертикальных плоскостях;  $l_{п.с.}$  – линейный размер зоны действия эффекта взрыва параллельно-сближенных зарядов;  $\gamma_{ВВ}$  – плотность заряжения ВВ в скважине;  $q$  – расчетный удельный расход ВВ;  $\alpha$  – угол откоса уступа;  $t_{ВВ}$  – время полной детонации ВВ в вертикальной скважине;  $t_{вн}$  – время полной детонации ВВ в наклонной скважине;  $V_0$  – скорость детонации ВВ;  $P$  – вместимость ВВ в 1м скважины;  $\beta$  – угол наклона наклонной скважины.

4. Способ взрывной отбойки горных пород на открытых разработках, включающий в себя бурение нисходящих скважин, их зарядание и взрывание, отличающийся тем, что отбойку ведут парами расходящихся скважин, пробуренных с рабочей площадки уступа в вертикальной плоскости, в которой одну скважину в каждой паре бурят перпендикулярно к подошве уступа, а вторую – в сторону откоса уступа с наклоном к его подошве, при этом вертикальную и наклонную скважины каждой пары скважин располагают в параллельных вертикальных плоскостях, удаленных друг от друга на расстояние, равное 1-2 диаметра скважины, эквивалентной по энергии применяемого ВВ паре расходящихся скважин.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что наклонную скважину каждой пары скважин бурят в сторону откоса уступа с наклоном к его подошве под углом

$$\beta_1 = \arctg \frac{2H - \sqrt{p/q}}{\sqrt{p/q}}, \text{ град}$$

где  $H$  – высота уступа, м;

$p$  – вместимость ВВ в 1 м скважины, кг/м;

$q$  – расчетный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

6. Способ взрывной отбойки горных пород на открытых разработках, включающий в себя бурение нисходящих скважин, их зарядание и взрывание, отличающийся тем, что отбойку пород ведут парами расходящихся пучков параллельно-сближенных скважин, пробуренных с рабочей площадки уступа в вертикальной плоскости, в которой один пучок скважин бурят перпендикулярно подошве, а второй – в сторону откоса под углом к его подошве, при этом вертикальные и наклонные пучки каждой пары пучков располагают в параллельных вертикальных плоскостях, удаленных друг от друга на расстояние, равное 1-2 диаметра скважины, эквивалентной по энергии применяемого ВВ паре расходящихся скважин.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что наклонный пучок скважин в паре расходящихся пучков скважин бурят в сторону откоса уступа с наклоном к его подошве под углом

$$\beta_2 = \arctg \frac{2H - \sqrt{p/q}}{\sqrt{p/q}}, \text{ град.}$$

где  $H$  – высота уступа, м;

$p$  – вместимость ВВ в 1 м скважины, кг/м;

$q$  – расчетный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

## Резюме

Одним из методов регулирования кусковатостью горных пород является КЗВ, при котором удлинение продолжительности действия взрывного импульса на массив, достигается вследствие одновременности взрывания двух соседних зарядов.

Взрывание в зажатой среде – это метод ведения взрывных работ, при котором, благодаря наличию преград, уменьшается боковое смещение взрывного массива в период разрушения, что способствует увеличению продолжительности действия взрыва на массив и, как следствие, улучшению дробления пород.

Взрывание высоких уступов пучками параллельно-сближенных скважинных зарядов 215; 250; 270 мм, имитирующих заряд необходимого диаметра и энергии ВВ, позволяет улучшать проработку подошвы, дробление горной массы, повысить производительность буровых станков и экскаваторов, снизить себестоимость отработки 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы на 20-30%.

### ***Вопросы для повторения.***

1. Область применения метода КЗВ.
2. Основные достоинства и недостатки метода КЗВ.
3. Область применения метода взрывания в зажатой среде.
4. Основные достоинства и недостатки метода взрывания в зажатой среде.
5. Опишите соотношение высоты отбиваемого уступа от диаметра взрывааемых скважинных зарядов ВВ.
6. Назовите сущность метода параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ.
7. Основные достоинства и недостатки метода параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ.
8. По какой формуле определяют эквивалентный диаметр скважинного заряда, имитируемого группой параллельно-сближенных зарядов ВВ?
9. Назовите сущность метода отбойки горных пород наклонными скважинными зарядами ВВ.
10. Основные достоинства и недостатки метода отбойки горных пород наклонными скважинными зарядами ВВ.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Изучение схемы соединения скважинных зарядов при однорядном короткозамедленном взрывания на гранитном карьере Зиادينского месторождения АО «Гранит».
2. Обоснование методов взрывания высоких уступов в зажатой среде на карьере «Мурунтау» ЦРУ НГМК.
3. Обоснование методов взрывания высоких уступов с применением параллельно-сближенных скважинных зарядов на карьере Мурунтау ЦРУ НГМК.
4. Изучение детонации скважинных зарядов ВВ массовых взрывов при различных схемах инициирования.
5. Изучение метода отбойки горных пород наклонными скважинными зарядами ВВ.

# **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

## **План лекции**

15.1. Цель и основные задачи.

15.2. Выбор диаметра скважины.

15.3. Исследования и выбор рациональной сетки  
расположения скважин.

15.4. Выбор рациональной величины перебура.

15.5. Величина сопротивления по подошве уступа.

15.6. Выбор высоты уступа.

15.7. Конструкция заряда на карьерах.

15.8. Методика расчета параметров взрывных работ на  
карьерах.

## 15.1. Цель и основные задачи

**Целью работы** является изучение основных технологических параметров взрывных работ.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение выбора диаметра скважины;
- исследование и выбор рациональной сетки расположения скважин;
- изучение выбора рациональной величины перебура;
- изучение величины сопротивления по подошве уступа;
- изучение выбора высоты уступа;
- изучение конструкции заряда на карьерах;
- обоснование методики расчета параметров взрывных работ на карьерах.

## 15.2. Выбор диаметра скважины

Диаметр скважины является одним из основных технологических параметров взрывных работ определяющим степень дробления горных пород, мощность бурового и погрузочно-транспортного оборудования и общие технико-экономические показатели по БВР, и по всему циклу добычи и переработке сырья.

До недавнего времени считалось, что для получения заданной степени дробления крепких пород наиболее экономичным является взрывание скважин малого диаметра. В связи с применением однорядного и многорядного КЗВ и взрывания в зажатой среде на предприятиях железорудной и других отраслей промышленности доказано, что увеличение диаметра заряда способствует улучшению дробления горных пород и повышению общих технико-экономических показателей БВР. Это можно объяснить тем, что увеличение диаметра скважины приводит к удлинению периода разложения заряда, увеличению плотности энергии взрыва, приходящейся на единицу поверхности заряда, удлинению общего периода действия газообразных продуктов взрыва на стенки зарядной камеры, увеличению развития трещин и интенсификации процесса дробления.

На гранитных карьерах при разрушении, массив имеет трещины зигзагообразной формы, что приводит к уменьшению скорости их развития и замедлению процесса дробления массива взрывом. Этим определяется неравномерность его дробления. Уменьшение диаметра скважины для этих пород снижает процент выхода негабарита. Так, исследования влияния диаметра заряда на дробление гранитных массивов показали, что применение скважин диаметром 155 мм по сравнению со скважинами диаметром 214 мм при сгущенной сотке скважин и одинаковом удельном расходе ВВ на 5-10% снижает выход негабаритных кусков.

Показатели	Диаметр скважины в нижней части уступа, мм	
	180-220	350-450
Высота уступа, м	15	15
Сопротивление на подошве (с.п.п.), м	В первом ряду не бурились	10-13
Расстояние, м:		
между скважинами	4-6	8-9
между рядами	4-6	9-9,5
Объем рыхления на одну скважину, м <sup>3</sup>	350-500	1300-1950
Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	0,8	0,72
Глубина скважины, м	18,5	17,5
Длина, м:		
заряда	14-13	12-11
забойки	4,5-5,5	5,5-6,5
Масса ВВ в 1 м скважины, кг	23-24	85-110
Выход горной массы с 1 скважины, м <sup>3</sup>	20-26	50-55
Выход негабарита, %	1,5-3	0,3
Себестоимость бурения 1 м скважины, руб.	17,5	10,5
Себестоимость обуривания 1 м <sup>3</sup> горной массы, руб	0,76	0,21

Однако выход горной массы с 1 м скважины при этом снизился почти в два раза. Попытка снизить выход негабарита при скважинах большего диаметра не дала положительных результатов.

Практикой ведения взрывных работ установлено, что рациональное использование объема взрывных скважин с точки равномерного размещения ВВ в массиве достигается при определенном соотношении диаметра скважинных зарядов и высоты отбиваемого уступа:

$$d = H / 60, \text{ м}$$

На небольших карьерах с годовым объемом взрываеваемой горной массы 0,5 млн.м<sup>3</sup> диаметр заряда устанавливают по формуле:

$$d = 125 \cdot \sqrt[4]{P_r}, \text{ м}$$

где  $H$  – высота уступа, м;

$P_r$  – годовой объем взрываеваемой горной массы, млн.м<sup>3</sup>.

Рациональный диаметр скважины выбирают на основе технико-экономических расчетов, параметры которых приведены в табл. 15.2.

**Рекомендуемые диаметры скважинных зарядов для взрывания  
пород различной трещиноватости**

Блочность массива (категория трещиноватости)	Соотношение размеров максимальной отдельности и кондиционного куска	Требуемые воздействия взрыва на массив	Диаметр заряда, мм
Мелкоблочный (I-II)	1	Разделение отдельностей практически без их дробления	250-320
Среднеблочный (III)	1-2	Дробление крупных отдельностей минимум на две части	190-250
Крупноблочный (IV-V)	>2	Интенсивное дробление крупных отдельностей	150 и меньше

### 15.3. Исследования и выбор рациональной сетки расположения скважин.

Проведенные в производственных условиях исследования показали, что равномерность и интенсивность дробления горных пород действием взрыва, зависят не только от объема горной массы, приходящейся на одну скважину, но также и от сетки расположения скважин на уступе. Сетка расположения скважин при определенном значении СПП может быть охарактеризована коэффициентом сближения скважин или отношением расстояния между скважинами к величине СПП. В последние годы коэффициент сближения зарядов на многих карьерах значительно увеличился. Однако ввиду отсутствия исчерпывающих представлений о механизме разрушения горных пород при различных коэффициентах сближений зарядов, на многих карьерах взрывные работы ведут при очень сближенных зарядах.

В известняках с коэффициентом крепости  $f=8\div 10$  (плотность пород  $2,66 \text{ т/м}^3$ ), было исследовано влияние коэффициента сближения зарядов на выход негабарита при условии, что удельный расход ВВ и произведение  $aW$  остаются постоянными. Выход негабарита при однорядном КЗВ в зависимости от коэффициента сближения зарядов. Таким образом, увеличение коэффициента сближения зарядов от 0,7 до 1,1 в два раза уменьшает выход негабарита (в %) при одновременном увеличении (с 79 до  $115 \text{ м}^3$ ) выхода горной массы и уменьшении (на 18%) удельного расхода ВВ.

Необходимо также отметить, что выход негабарита при увеличении коэффициента сближения больше единицы при однорядном КЗВ остается почти постоянным. При КЗВ благодаря более эффективному использованию энергии взрыва, можно увеличить коэффициент сближения зарядов для известняка до 1,2 и тем самым увеличить выход горной массы с 1 м

скважины. В породах с крупноблочной структурой, увеличивать коэффициент сближения зарядов свыше 1 нецелесообразно.

Таким образом, уменьшение коэффициента сближения зарядов приводит к увеличению числа заколов по верхней части уступа.

#### 15.4. Выбор рациональной величины перебура

После определения рационального диаметра скважин для данного месторождения и выбора коэффициента сближения зарядов, необходимо выбрать рациональную величину перебура.

При взрыве заряда, в скважине в результате удара газообразных продуктов взрыва в массиве, возникает волна напряжения, которая в дальнейшем и обуславливает дробление среды. В той части заряда, которая находится в перебуре, напряжения распространяются по тому же закону. Это приводит к тому, что энергия заряда в перебуре используется неудовлетворительно, так как напряжения, возникающие в области перебура, выполняют только незначительную часть полезных разрушений, обеспечивая нормальное состояние подошвы забоя после взрыва. Несмотря на это, на ряде предприятий величина перебура доходит до 5 м. Это вызвано тем, что в практике было распространено ошибочное мнение, согласно которому центр заряда должен располагаться на уровне подошвы уступа, а половина его находится в перебуре.

Основные достоинства и недостатки влияния перебура на результаты дробления горных пород состоят в следующем:

- вследствие высокой себестоимости бурения скважин на карьерах, основными недостатками перебура являются дополнительные затраты на бурения;
- коэффициент полезного использования энергии взрыва в области перебура очень незначителен, так как в основном энергия расходуется на создание сейсмических колебаний массива, находящегося ниже подошвы уступа. Увеличение глубины перебура на карьерах обусловлено неправильным выбором параметров БВР, когда принимают завышенные сопротивления по подошве с низкими величинами коэффициентов сближения, а для обеспечения нормальной отметки подошвы забоя, увеличивают перебур до 30% от высоты уступа или до 20 диаметров скважины;
- большие перебуры приводят к сильному разрушению верхней части нижележащего уступа. Наличие трещин отрицательно сказывается на забурировании в нем скважин, а также на производительности буровых станков, которая при этом снижается на 50%, а иногда и в два раза. Наличие трещины в верхней части уступа повышает выход негабарита, что объясняется как трещиноватостью, так и значительным удалением заряда от разрушаемой части массива;

- единственное положительное качество перебура - поддержание отметки подошвы уступа в нормальном состоянии. На величину перебура, обеспечивающую нормальную отметку подошвы, влияют: физико-механические свойства горных пород, условия залегания и мощность напластования пород нижней части уступа, схема взрывания зарядов и расположение врубового ряда, параметры БВР, конструкция заряда и характеристика ВВ

$$L_{пер} = (10 \div 15 \cdot d), \text{ м.}$$

## 15.5. Величина сопротивления по подошве уступа

Величина линии СПП зависит от многих факторов, которые можно объединить в три группы:

- **к первой группе** относятся факторы, характеризующие взрываему среду - мощность напластования отдельных пластов взрываемого уступа, дробимость данной породы взрывом, общая трещиноватость массива;
- **ко второй группе** относятся факторы, характеризующие скважинный заряд ВВ и определяющие форму и длину взрываемого импульса: тип ВВ, диаметр и высоту заряда;
- **к третьей группе** относятся величины, характеризующие расположение заряда в массиве: относительное расстояние между зарядами, длина колонкового заряда, величина перебура и степень зажатия массива (взрыв в зажатой среде).

Для современных крупных механизированных горных предприятий с интенсивной выемкой полезных ископаемых на величину СПП значительное влияние оказывает надежность подработанной подошвы уступа. Особенно большое значение это имеет при взрывании в зажатой среде, когда наличие неразрушенной подошвы может снизить качество последующих взрывов и отрицательно влиять на производительность горнотранспортных машин.

При вертикальных скважинах их диаметр должен быть увязан с высотой и углом уступа для обеспечения нормального разрушения массива на уровне подошвы, который приведен на рис. 15.2.

Значение СПП определяется по формуле С.А.Давыдова

$$W_{oo} = 35K_T d \sqrt{\frac{\Delta l}{\gamma}}, \text{ м}$$

где  $K_T$  – коэффициент трещиноватости, равный 1-1,2;

$\Delta$  - плотность заряжания, кг/дм<sup>3</sup>;

$d$  – диаметр скважины, дм.

Трест «Союзвзрывпром» рекомендует определять СПП одиночной скважины по формуле:

$$W_{oo} = \sqrt{\frac{p}{q}}, \text{ м}$$

где  $p$  – вместимость 1 м скважины, кг;

$q$  – расчетный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

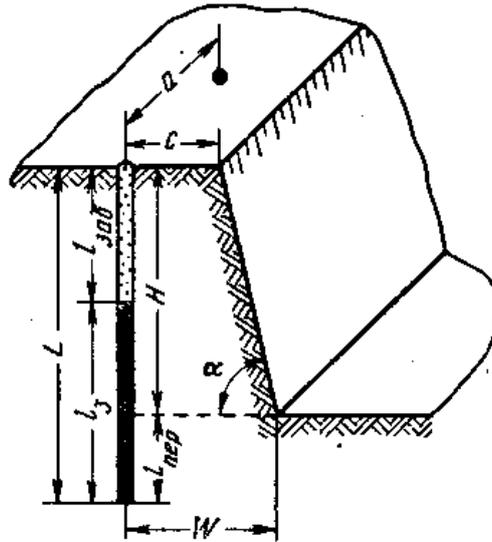


Рис. 15.2. Параметры расположения вертикального заряда.

### 15.6. Выбор высоты уступа

Высоту уступа выбирают из условий безопасной работы погрузочно-транспортного оборудования и максимальной интенсивности выемки полезного ископаемого. Высота уступа зависит от параметров экскаватора, а также от способа взрывных работ, возможной ширины развала взорванной горной массы и угла, под которым он располагается. Исходя из этого, высота уступа определяется по формуле акад. Н. В. Мельникова:

$$H = 0,7B \sqrt{\frac{\sin \alpha \sin \beta}{k_p \eta' (1 + \eta'') \sin(\beta - \alpha)'}}$$

где  $B = 0,8 (R_q + R_p)$  - ширина развала породы после взрывания, м;

$R_q$  - радиус черпания экскаватора, м;

$R_p$  - радиус разгрузки экскаватора, м;

$\alpha$  - угол откоса развала взорванной горной массы, градус;

$\beta$  - угол откоса уступа, градус;

$k_p$  - коэффициент разрыхления породы;

$\eta'$  - отношение величины ЛНС первого ряда скважин

к высоте уступа, обычно равно 0,55-0,7;

$\eta''$  - отношение расстояния между рядами скважин к величине ЛНС, обычно равно 0,75-0,85.

Приведенная формула позволяет определить высоту уступа, исходя из технологических параметров работы экскаватора. При работе на скальных породах экскаватором типа прямая механическая лопата, высота уступа

принимается не более 1,5 максимальной высоты черпания экскаватора. При этом высота уступа увязывается с БВР, поскольку учитывается ширина развала горной массы после взрыва и не рассматривается влияние высоты уступа на технико-экономические показатели БВР.

### 15.7. Конструкция заряда на карьерах

Наиболее распространенными зарядами на карьерах являются **удлиненные конструкции заряда**, которые имеют следующие преимущества:

- меньший объем работ по созданию полости для размещения заряда;
- меньшая трудоемкость заряжания;
- более равномерное распределение заряда на массив.

До недавнего времени основной конструкцией заряда на карьерах являлся **сплошной колонковый заряд**. При отбойке горной массы такими зарядами происходит наибольший выход негабарита - из верхней части уступа, в то время как вблизи заряда происходит интенсивное переизмельчение. После взрыва заряда вблизи него образуется большой объем мелкоизмельченной породы. Переизмельчение вблизи заряда происходит в основном вследствие высокого давления газообразных продуктов взрыва в зарядной камере. Такая неравномерность дробления отрицательно сказывается на дальнейшей переработке взорванной горной массы. Для более равномерного дробления горной массы акад. Н. В. Мельников и д.т.н. Л.Н.Марченко предложили **конструкцию заряда с воздушными промежутками**. Заряды разделяются на две или несколько частей, между которыми оставляются воздушные промежутки. Создание в скважине воздушных промежутков изменяет характер действия взрыва в твердой среде: значительно снижается пиковое давление взрыва и тем самым сокращается переизмельчение породы вокруг заряда; увеличивается время активного воздействия взрыва на среду за счет того, что газы верхней части заряда запирают газообразные продукты взрыва нижней части заряда; происходит интерференция волн напряжений в массиве от нижнего и верхнего зарядов.

Воздушный промежуток является как бы компенсатором, который снижает давление в первоначальный период. За счет такого изменения параметров взрывного импульса, доля энергии, идущая на местное переизмельчение, уменьшается и используется на дробление в удаленной зоне. Этот вывод подтвержден многочисленными экспериментами в различных горно-геологических условиях. Применение заряда с воздушным промежутком почти во всех случаях приводит к более равномерному дроблению горной массы. При взрыве двух зарядов, разделенных воздушным промежутком, а в нем происходит столкновение двух потоков, что приводит к резкому возрастанию и лучшему дроблению породы даже в том месте скважины, где нет заряда ВВ.

## 15.8. Методика расчета параметров взрывных работ на карьерах

- **Расчет параметров шпуровых зарядов ВВ:**

На карьерах шпуровой метод применяют: при разработке залежей незначительной мощности (1,0-1,5 м); при разработке ценных строительных материалов (мрамор, гранит), когда нужно сохранить структуру полезного ископаемого или не допустить излишнего измельчения; при селективной разработке руд и нерудных ископаемых, когда мощность отдельных пластов незначительна (0,5-1,5 м); при проходке подготовительных выработок (шурфов, штолен, камер); при дроблении негабарита и подработке подошвы уступов.

Достоинство шпурового метода – относительно равномерное дробление горных пород, достигнутое в результате более равномерного распределения ВВ во взрываемом массиве. Размеры кусков в наибольшем измерении обычно не превышают 45 см.

Основные недостатки шпурового метода: его сравнительно большая трудоемкость, поэтому применение его при разработке больших массивов нецелесообразно; значительное пылеобразование при бурении перфораторами и большой расход СВ.

Расчетная ЛНС определяется по формуле:

$$W = d \sqrt{\frac{8,2\Delta}{mq}}, \text{ м}$$

где  $d$  – диаметр шпура, дм;  $m$  – коэффициент сближения зарядов, принимают в пределах 1,1-1,5;  $\Delta$  – плотность заряжания, кг/дм<sup>3</sup>;  $q$  – удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

Расстояние между шпурами определяется по формуле:

$$a = mW_1, \text{ м.}$$

Глубина шпура, определяется по формуле:

$$l_{ш} = H + 0,3W, \text{ м.}$$

где  $H$  – высота уступа, м.

При бурении на глубину более 5 м шпур отклоняются от проектного направления, что требует уменьшения проектной ЛНС.

В этом случае

$$W_1 = W(1 - 0,5H), \text{ м.}$$

Расстояние между рядами определяется по формуле:

$$b = W_1(1 - 0,1H), \text{ м.}$$

- **Расчет параметров вертикальных скважинных зарядов ВВ:**

Диаметр скважины определяется по формуле:

$$d = 28H \sqrt{\frac{K}{\Delta}}, \text{ мм}$$

где  $K$  – расчетный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

Величина СПП определяется по формуле:

$$W = \sqrt{\frac{P}{K}}, \text{ м}$$

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

Если известна величина фактического удельного расхода ВВ  $q$  на дробление 1 м<sup>3</sup> породы в уступе для условий нормального рыхления, то  $W$  может определяться по формуле:

$$W = 0,9 \sqrt{\frac{P}{q}}, \text{ м.}$$

Величина СПП для наклонных скважинных зарядов определяется по формуле:

$$W_H = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{K}}, \text{ или } W_H = \frac{0,9}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{q}}, \text{ м.}$$

Величина перебура определяется по формулам:

$$l_{nep} = 0,5KW, \text{ или } l_{nep} = (10 \div 15) \cdot d, \text{ м.}$$

Длина скважины определяется по формуле:

$$l_{скв} = H + l_{nep}, \text{ м.}$$

Длина наклонных скважин вычисляется по формуле:

$$l_{nep} = \frac{H}{\sin \alpha} + l_{nep}, \text{ м.}$$

Определяется расстояние между зарядами в ряду по формулам:

$$a = mW, \text{ или } a = \frac{Q}{qWH}, \text{ м.}$$

где  $m=0,8 \div 1,4$ .

Величина СПП с учетом взаимодействия зарядов равна:

$$W_{B3} = W(1,6 - 0,5m), \text{ м.}$$

Вес заряда определяют по формуле:

$$Q = qWaH, \text{ кг.}$$

- Расчет параметров параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ:

Величина предельного сопротивления по подошве СПП, превышение которой сопровождается некачественной проработкой подошвы уступа, определяется по формуле С.А.Давыдова:

$$W = 35 \cdot K_T \sqrt{\frac{\Delta e}{\gamma} \cdot d_c}, \text{ м.}$$

где  $K_T$  – коэффициент, учитывающий трещиноватость массива ( $K_T=1,0 \div 1,2$ );

$e$  – коэффициент работоспособности ВВ (для граммонита 79/21  $e=1,0$ )

$\gamma$  – объемный вес пород массива, кг/дм<sup>3</sup> ( $\gamma=2,6$ );

$d_c$  – диаметр скважины.

Определяется расстояние между зарядами в ряду по формуле:

$$a = b = W, \text{ м.}$$

где  $b$  – расстояние между рядами скважин, м.

Величина перебура принимается:

$$l_{nep} = (5 \div 10) \cdot d, \text{ м при } f = 6 \div 10$$

$$l_{nep} = (10 \div 15) \cdot d, \text{ м при } f = 10 \div 14$$

Величину перебура можно оценить через высоту взрывающегося уступа:

$$l_{nep} = (0,1 \div 0,3) \cdot H, \text{ м.}$$

Длина забойки определяется с учетом надежного запираения продуктов детонации ВВ в скважине по формуле:

$$l_{заб} = 20 \cdot d, \text{ м.}$$

- **Расчет параметров котловых зарядов ВВ:**

Метод котловых зарядов (шпуровых и скважинных) в настоящее время применяется редко. Его применение оправдано лишь в тех случаях, когда при заданной глубине шпура или скважине, расчетный заряд ВВ не может быть полностью размещен, а также при блочной структуре взрывающихся пород.

Котловые заряды применяют в мелкотрещиноватых породах с высоким коэффициентом простреливаемости. В крепких породах, котловые заряды применяют с низким коэффициентом простреливаемости, этот метод к применению не целесообразен, из-за резкого увеличения числа прострелов.

Для расчета котловых зарядов может быть применена формула акад. Н.В.Мельникова

$$Q = qW^3 \left( \frac{W+1}{2W} \right)^{3/2}, \text{ кг}$$

Величину заряда для прострела скважин (шпуров) устанавливают в каждом конкретном случае опытным путем. Массу прострелочного заряда определяют по формуле:

$$Q_{np} = \frac{Q}{\Delta k_{np}}, \text{ кг}$$

где  $\Delta$  – плотность заряжения основного заряда ВВ, кг/дм<sup>3</sup>;  
 $k_{np}$  – показатель простреливаемости пород (берется из таблиц), дм<sup>3</sup>/кг;

$$k_{np} = \frac{V_k}{Q_{np}}$$

где  $V_k$  – объем котла, дм<sup>3</sup>.

Достоинства метода: он позволяет намного сократить буровые работы и повысить эффективность взрывных работ. Недостатки: неравномерность дробления (из-за сосредоточенности ВВ в отдельных участках массива) и образование заколов на уступе.

- **Расчет параметров траншейных зарядов ВВ:**

Масса заряда ВВ приходящаяся на 1м траншеи определяется по формуле:

$$Q = \frac{(W + h_{обв})^2}{k} q \frac{0,4 + 0,6n^2}{n+1} l_{зар}, \text{ кг.}$$

где  $W$  - линия наименьшего сопротивления, м;

$h_{обв}$  – высота обваловки грунтом траншейных зарядов выброса, м;

$k$  – коэффициент, учитывающий массовую влажность взрывающего грунтового массива;  $k=1,0-1,1$  принимают при массовой влажности грунта равной, 4,7%;  $k=0,9-0,95$  при массовой влажности грунта, равной 17,6 % и  $k=0,8-0,85$  при массовой влажности грунта, равной 33,5%.

$q$  – расчетный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – показатель действия взрыва на выброс;

$l_{\text{пер}}$  – длина взрывающего зарядной траншеи, м.

Оптимальные расстояния между рядами траншейных зарядов выброса определяются по формуле:

$$a_{\text{зар}} = \frac{(W + h_{\text{обв}}) \cdot (n + 2)}{N(0,4n + 0,6)}, \text{ м.}$$

где  $N$  – количество взрывающих обвалованного грунтом траншейных зарядов ВВ, шт.

Глубина заложения боковых траншейных зарядов ВВ связана с глубиной залегания уровня грунтовых вод, по соотношению:

$$H_3 < H_e - K\sqrt[3]{Q}$$

где,  $H_3$  – глубина заложения боковых траншейных зарядов ВВ, м;

$Q$  – масса заряда ВВ на 1 м траншеи, кг;

$H_e$  – глубина залегания уровня грунтовых вод, м;

$K$  – коэффициент зависящий от свойств взрывающего грунта.

Максимальная ширина навала грунта определяется по выражению:

$$L = 5k(W + h_{\text{обв}})\sqrt{qn}, \text{ м}$$

Максимальная высота навала грунта определяется по формуле:

$$h = \frac{3}{kn}(W + h_{\text{обв}}), \text{ м.}$$

Показатель действия взрыва на выброс определяется по формуле:

$$n = \frac{B}{2H}$$

где  $B$  – ширина выемки по верху, м;

$H$  – глубина выемки, м.

Ширина выемки по дну определяется по формуле:

$$A = \frac{W + h_{\text{обв}}}{8} \sqrt[3]{q} \frac{7k(n + 2)^2}{(0,4n + 0,6)^2}, \text{ м}$$

Ширина выемки по верху определяется по выражению:

$$B = (W + h_{\text{обв}}) \cdot \sqrt[3]{q} \cdot \frac{k(n + 2)^2}{(0,4n + 0,6)^2}, \text{ м}$$

Глубина выемки определяется по формуле:

$$H = \frac{W + h_{\text{обв}}}{2n} \sqrt[3]{q} \frac{k(n + 2)^2}{(0,4n + 0,6)^2}, \text{ м}$$

## Резюме

Установлено, что для пород имеющих прямолинейную форму трещин, и в условиях, позволяющих применить многорядное КЗВ в зажатой среде, необходимо рекомендовать скважины диаметром 250-300 мм. для пород, имеющих трещины зигзагообразной формы и блочную структуру залегания, рекомендуется принимать диаметр скважины 100-150 мм.

Исследованиями также установлено, что при составлении проектов взрывов должна учитываться величина коэффициента сближения зарядов в зависимости от дробимости горных пород и трещиноватости взрывааемых массивов. При мгновенном взрывании серии зарядов рекомендуется применять квадратную сетку расположения скважин с коэффициентом сближения зарядов, равным 1. При КЗВ зарядов в ряду, коэффициент сближения должен составлять 1,2-1,4.

Установлено, что высокая производительность погрузочно-транспортного оборудования достигается при высоте уступа 8-10 м. По условиям безопасной и эффективной работы погрузочно-транспортного оборудования принята высота уступа 10-15 м.

Приведены методики расчета параметров шпуровых, скважинных, котловых, траншейных и параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ.

### *Вопросы для повторения.*

1. Формула расчета диаметра скважинных зарядов ВВ, в зависимости от высоты отбиваемого уступа.
2. Формула расчета диаметра скважинных зарядов ВВ, в зависимости от производительности карьера.
3. Что называется коэффициентом сближение скважин?
4. Назначение величины перебура.
5. Положительные и отрицательные стороны величины перебура на результаты дробления горных пород взрывом на карьерах.
6. Формулы расчета величины перебура.
7. Формулы расчета величины сопротивления по подошве уступа.
8. Величина линии сопротивления по подошве уступа, от каких факторов они зависят?
9. Зависимость высоты уступа от параметров экскаватора, способа взрывных работ и ширины развала взорванной горной массы;
10. Достоинство и недостатки взрыва удлиненных зарядов ВВ на открытых работах.
11. Достоинства и недостатки взрыва скважинных зарядов с воздушными промежутками.
12. Методы расчета шпуровых зарядов ВВ.
13. Методы расчета скважинных зарядов ВВ.
14. Методы расчета котловых зарядов ВВ.

15. Методы расчета параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ.
16. Методы расчета траншейных зарядов выброса.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Изучение разрушения горных пород взрывом с использованием конструкции скважинного заряда с воздушными промежутками.
2. Изучение разрушения горных пород взрывом с использованием конструкции комбинированного скважинного заряда ВВ в обводненных карьерах.
3. Изучение способа дробления горных пород взрывом скважинных зарядов с активной забойкой для повышения эффективности открытых горных работ.
4. Изучение способа дробления горных пород взрывом скважинных зарядов с компенсационной забойкой из простейшего состава ВВ для повышения эффективности открытых горных работ.
5. Изучение способа взрывания высоких уступов карьера Мурунтау, методом параллельно-сближенных скважинных зарядов ВВ.

# **СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫЕМОК В РАЗЛИЧНЫХ ГРУНТАХ ВЗРЫВАМИ НА ВЫБРОС**

## **План лекции**

16.1. Цель и основные задачи.

16.2. Способы образования удлиненных выемок в сухих грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.

16.3. Способ образования удлиненных выемок во влажных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.

16.4. Способ образования удлиненных выемок в оплывающих песчаных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.

16.5. Конструкции траншейных зарядов выброса в различных грунтах.

## 16.1. Цель и основные задачи

**Целью работы** является изучение способов образования удлиненных выемок и их конструкции в различных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение способа образования удлиненных выемок в сухих грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса;
- изучение способа образования удлиненных выемок во влажных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса;
- изучение способа образования удлиненных выемок в оплывающих песчаных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса;
- изучение конструкции траншейных зарядов выброса в различных грунтах.

## 16.2. Способы образования удлиненных выемок в сухих грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.

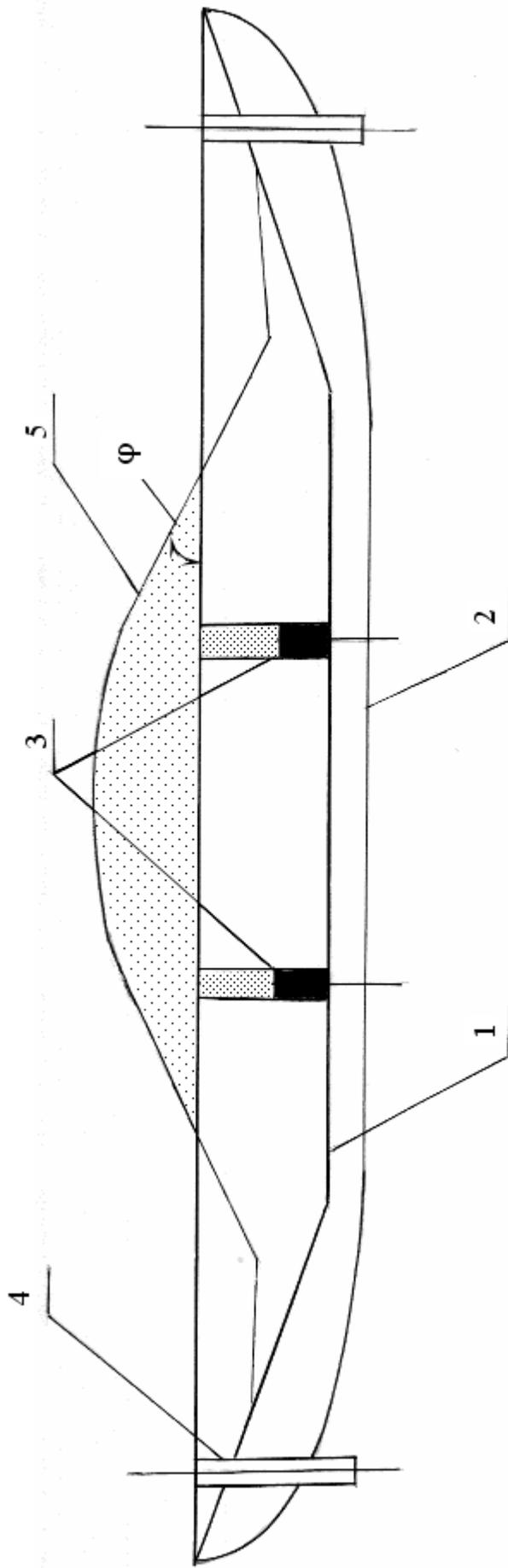
Основной задачей этой разработки является повышение эффективности действия траншейных зарядов ВВ на выброс за счет обваловки их грунтом, вынимаемой в проектном контуре выемки, обеспечивающее увеличение ширины профильного сечения выемки.

Поставленная задача решается тем, что в способе образования траншей взрывом, включающей нарезание пар щелей, в размещении одной из щелей каждой пары заряда ВВ. Над щелями в которых расположен заряд ВВ, возводят насыпь из грунта, который вынимают в контуре профильной выемки, между заряженной и незаряженной щелями, причем, угол наклона поверхности насыпи к горизонту составляет  $20-30^{\circ}$ .

На рис.16.1 схематично представлена выемка трапециевидной формы в грунтах I-IV группы по СНиПу.

Выемка содержит проектный контур 1 выемки и контур 2 - траншея после взрыва, щели 3 с ВВ, а также щели 4, которые остаются не засыпанными и не заряженными, а также насыпь 5 из грунта.

Например. На участке длиной 1000 м вдоль трассы траншеи, проводимой в грунте II категории по СНиПу, шириной по линии горизонта равной 40 м, по обе стороны от оси симметрии, нарезают щели 3 шириной 0,8 м на полную глубину выемки равной 3 м. Расстояние между щелями составляли  $9,5 \pm 0,5$  м.



**Рис.16.1. Схема образования выемок взрывом обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.**

- 1-проектный контур выемки;                    2-проектный контур выемки после взрыва;  
 3-траншейные заряды ВВ;                    4-боковые отрезные щели;  
 5-обваловка зарядов грунтом.

Точно такие же щели 4 нарезают на обе стороны траншеи на расстоянии от оси симметрии  $18\pm 1$  м. Заряжают щели 3 со ВВ из расчета  $3,5-3,75$  кг/м<sup>3</sup>, используя тротил, не пригодный в военном деле, заключенный в трубчатые металлические оболочки.

Угол, который образует насыпь с горизонтом, составляет  $30^{\circ}$ , а высота насыпи при этом достигает 3 м. В случае, когда глубина выемки достигает 5-8 м, насыпь 5 образует контур, выделенный пунктирной и двойной линией.

Применение предлагаемого способа образования траншеи взрывом на выброс при малой глубине траншеи равной 3-5 м и значительной ширине по дну профиля сечения выемки равной 40-50 м, дает возможность достичь проектного профиля выемки траншеи, практически без производства дополнительных работ.

Разработан также способ образования выемок в грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса, целью изобретения, является повышение эффективности образования удлиненных выемок на открытых горных работах.

Поставленная задача решается тем, что в способе образования траншей взрывом, включающий нарезание пары щелей и их зарядку ВВ, возведение насыпи из грунта при угле наклона поверхности насыпи к горизонту равной  $20-30^{\circ}$  который вынимают по профилю траншеи, и взрывание отличающийся тем, что между щелями по оси симметрии траншеи нарезают дополнительную щель и заряжаются ВВ, при этом, сначала взрывают заряды ВВ в паре щелей, а через 25 мс. в дополнительной щели.

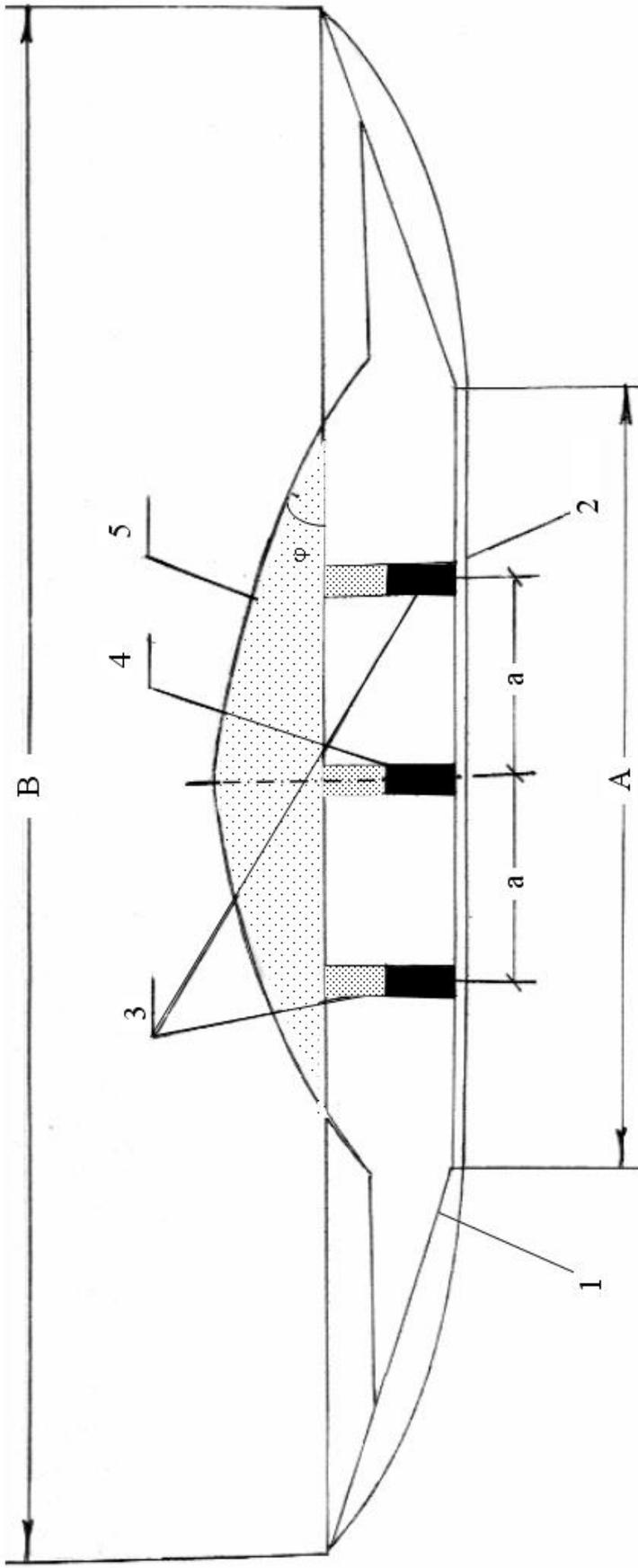
На рис.16.2. схематично представлены трапециевидные формы в грунтах III группы по СНиПу.

Выемка содержит проектный контур 1 выемки и контур 2 траншеи после взрыва на выброс, щели боковые 3 и центральные 4 с ВВ, а также насыпь 5. Например. На участке длиной 1000 м вдоль трассы траншеи проводимой в грунте III группы по СНиПу, от оси симметрии на обе стороны выемки нарезают щели 3 шириной 0,8 м каждая на полную глубину выемки равной 3 м.

Расстояние между центральными щелями составляли  $8,0\pm 0,5$  м. Щели заряжают аммонитом №6ЖВ и ВВ не пригодным в военном деле из расчета  $3,5-3,75$  кг/м<sup>3</sup>.

Благодаря нарезанию центральных щелей и заряданию их зарядом ВВ и взрыванию после пары щелей на 25 мс, повышается эффективность выброса. При этом оставшаяся масса разрабатываемого грунта окончательно выбрасывается взрывами второй центральной щели, так как боковые щели, взрываясь раньше, подготавливают, разрыхляя грунт для центрального взрыва.

Применение предлагаемого способа образования выемок взрывами на выброс в грунтах при малой глубине выемки 3-5 м и большой ширины выемок 40-50 м, позволяет достичь проектного профиля без производства дополнительных работ.



**Рис.16.2. Способ образования выемок взрывом обвалованных грунтом траншейных зарядов ВВ на выброс.**

- |                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1-проектный контур выемки;      | 2-контур выемки после взрыва; |
| 3-боковые щелевые заряды;       | 4-центральный щелевой заряд;  |
| 5-обваловка зарядов ВВ грунтом. |                               |

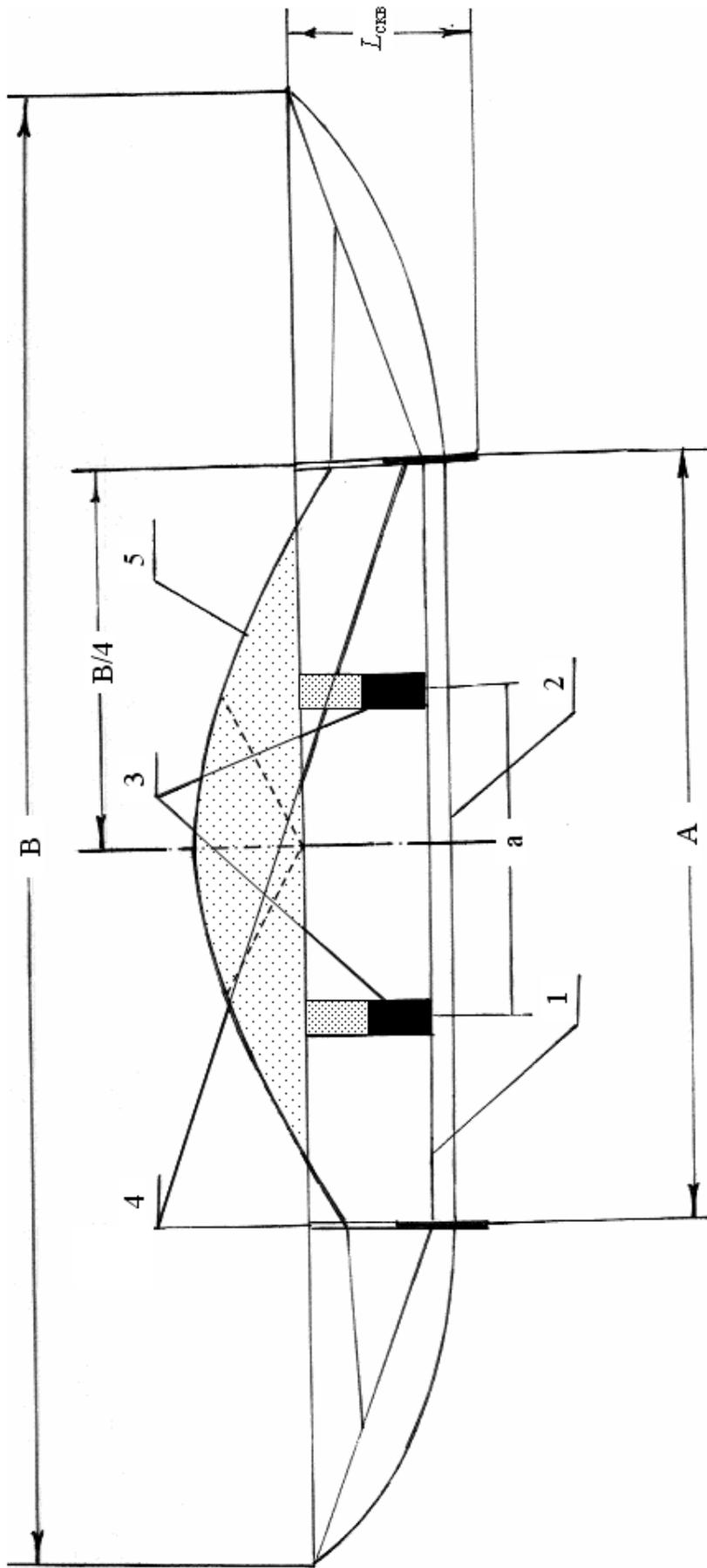
### 16.3. Способ образования удлиненных выемок во влажных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса

Наиболее близким по технической сущности, является предыдущий первый способ образования удлиненных выемок взрывом обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса, включающий нарезание центральных и боковых парных щелей, размещение в одной из каждой пары заряда ВВ, возведение насыпи из грунта вынимаемого в контуре профильного сечения выемки с углом наклона поверхности насыпи к горизонту равному  $20-30^{\circ}$  и подрыв составлением боковых щелей холостыми.

Этот способ недостаточно эффективен во влажных грунтах, из-за вспучивания по оси траншеи. Такое вспучивание грунта образуется вследствие относительно большой текучести влажного грунта, который оползает ко дну выемки и поднимается по инерции вверх. Исследованиями также установлено, что в условиях взрывания на выброс во влажных грунтах, боковые отрезные щели не пригодны, практически, из-за большой текучести грунта на откосах будущего сооружения.

Основной задачей разработки является образование выемки большой ширины с проектным контуром в условиях влажных грунтов и предотвращение вспучивания, а также оползания боковых выемок. Поставленная задача решается тем, что в способе образования траншей взрывом, включающий нарезания центральных пар щелей шириной 0,8 м каждой и глубиной на полную глубину выемки, проделанной экскаватором непрерывного действия марки ЭТЦ-252. Расстояние между центральными щелями составляет  $8,5 \pm 0,5$  м. Далее размещение заряда ВВ из расчета  $3,0 \text{ кг/м}^3$  и над центральными парами щелей возводят насыпь из грунта, который вынимают в контуре выемок, угол наклона поверхности насыпи к горизонту составляет  $20-30^{\circ}$ ; согласно данному способу образования выемок взрывами на выброс в грунтах, боковые отрезные щели выполняют с применением парносближенных зарядов ВВ, которые располагают на расстоянии от оси симметрии равной  $B/4$  (B - ширина выемок по верху, м). Парносближенные скважины диаметром 189-240 мм бурят станками УГБ-1ВС через 2-2,5 м на глубину равной 1,5 Н (Н-глубина выемок, м). Заряжают зарядом ВВ из расчета  $0,5-0,75 \text{ кг/м}^3$  и взрывают с опережением центральных пар щелей на 45 мс.

На рис.16.3 схематично представлена выемка трапециевидной формы в грунтах I-IV группы по СНиПу, образованная взрывами траншейных зарядов ВВ на выброс. Выемка содержит проектный контур 1 выемки и контур 2 траншеи после взрыва, центральные пар щелей с ВВ, боковые отрезные щели выполнены с применением парносближенных скважинных зарядов ВВ и насыпь 5. Применение предлагаемого способа образования выемок взрывами на выброс во влажных грунтах при малой глубине выемки равной 3-8 м и значительной ширине по дну профильного сечения выемки равной 40-50 м даёт возможность достичь проектного профиля выемки, практически без производства дополнительных работ.



**Рис.16.3. Способ образования траншей взрывом обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса с предварительным щелеобразованием с помощью парноближенных скважинных зарядов.**

- 1-проектный контур выемки;      2-проектный контур выемки после взрыва на выброс;
- 3-траншейные заряды выброса;      4-парноближенные скважинные заряды ВВ;
- 5-обваловка зарядов грунтом.

#### 16.4. Способ образования удлиненных выемок в оплывающих песчаных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.

Способ относится к строительству ирригационных систем сооружения с использованием энергии взрыва, а также к горному делу, а именно к способам создания траншей в грунте.

Наиболее близким по технической сущности, является предыдущий первый способ образования траншей взрывом, включающий нарезание центрального и бокового парных щелей, размещение в центральных парах щелей заряда ВВ, возведение насыпи из грунта вынимаемого в контуре профильного сечения выемки при углах наклона поверхности насыпи к горизонту равной  $20-30^{\circ}$  и подрыв с оставлением боковых щелей холостыми.

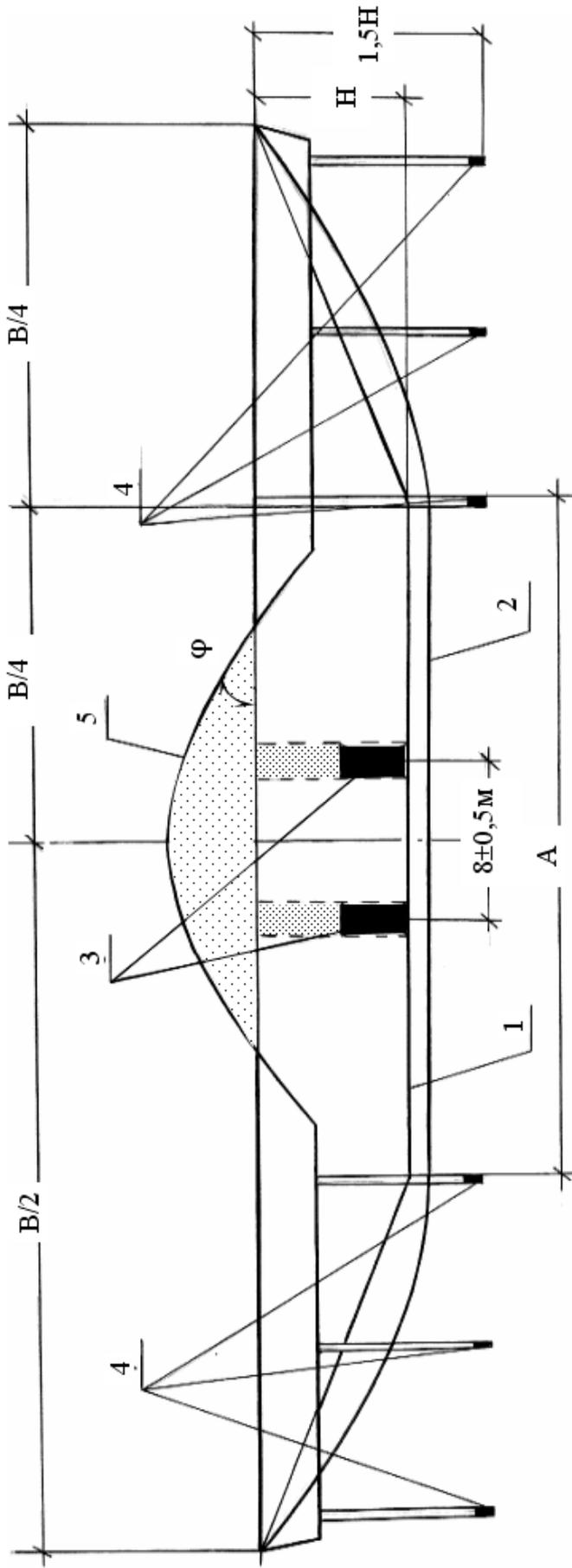
Этот способ недостаточно эффективен, из-за заплывания грунтом вследствие разрушения под действием взрыва малоустойчивой структуры водонасыщенного грунта и переход его в разжиженное состояние.

В условиях водонасыщенности грунтового массива, боковые отрезные щели практически не пригодны, из-за большой текучести оплывающего песчаного грунта, после массового взрыва, который переходя в разжиженное состояние оползает по дну выемки заполняя его.

Задачей способа образования выемок взрывами на выброс является – создание выемок большой ширины с проектным контуром в оплывающих песчаных грунтах с предварительным уплотнением глубинными взрывами с применением скважинных зарядов ВВ в зоне проработки грунтового массива.

Размеры зоны проработки в оплывающих песчаных грунтах, являющиеся проектным контуром выемки, образующегося при взрывах на выброс, на которых ширина полосы размещения зарядов ВВ в плане равна  $(1,5-2,0) B$  – ширины выемок, мощность взрывающей толщи –  $1,5 H$  глубины выемки, отличающейся тем, что в ней учтены размеры обваловки траншейных зарядов ВВ грунтом, вынимаемого в проектном контуре выемок шириной равной  $1/2 B$  ширины выемки.

Поставленная задача решается тем, что в способе образования выемок взрывом на выброс, включающий нарезание центральных пар щелей по оси симметрии на расстоянии друг от друга  $8,0 \pm 0,5$  м шириной 0,8 м каждый и глубиной на полную глубину выемки, пройденного экскаватором непрерывного действия марки ЭТЦ-252. Далее производили гидроизоляции щелей по методике разработанной нами и размещение в парах щелей заряда ВВ из расчета  $3,5-3,75$  кг/м<sup>3</sup> возведение над ними насыпи из грунта, который вынимается в проектном контуре выемки при угле наклона поверхности насыпи к горизонту  $20-30^{\circ}$  и шириной  $1/2 B$  ширины выемки. На обе стороны профильного сечения выемки, располагают глубинные скважинные заряды шириной полосы размещения в плане, равной  $B/4$  ширины выемки. Заряды ВВ массой 6 кг закладываются на глубину 5 м в заранее пробуренной скважине, сеткой равной  $5 \times 5$  м и взрываются с замедлением 25 мс чередуясь рядами.



**Рис.16.4. Способ образования удлиненных выемок взрывами на выброс обвалованных грунтом траншейных зарядов в оплывающих песчаных грунтах:**

- 1-проектный контур сечения;      2-фактический контур сечения выемки после взрыва на выброс;  
 3-траншейные заряды выброса;      4-глубинные скважинные заряды камуфлета;  
 5-обваловка траншейных зарядов ВВ.

На второй день, был выполнен основной взрыв обвалованных грунтом траншейных зарядов ВВ на выброс.

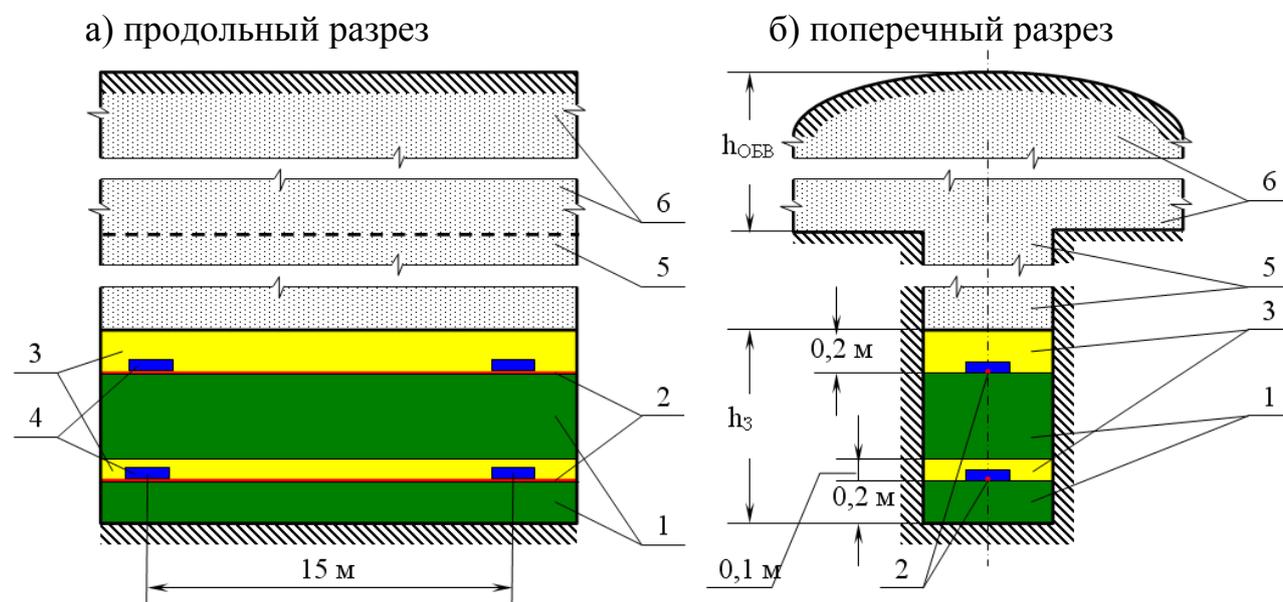
На рис.16.4. схематично представлена трапецевидная форма выемки в грунтах I-IV группы по СНИПу, образованная взрывами траншейных зарядов ВВ на выброс.

Выемка содержит проектный контур 1 выемки и контур 2 траншеи после взрыва, пары щелей 3 с ВВ, глубинные скважины заряда ВВ 4 камуфлета и насыпь 5.

Применением предлагаемого способа образования выемок взрывами на выброс в оплывающих песчаных грунтах при малой глубине выемки 3-5 м и значительно большей ширины равной 40-50 м, возможно достичь проектного профиля без производства дополнительных работ.

### 16.5. Конструкции траншейных зарядов выброса в различных грунтах

Поставленная задача решается тем, что в способе формирования траншейного заряда ВВ, включающего проходку зарядной траншеи экскаватором непрерывного действия марки ЭТЦ-252, заполнение её ВВ, установку промежуточных детонаторов, ДШ, забойка траншеи и взрывание. ВВ укладывают чередующимися слоями, причем сначала укладывают ВВ, упакованное в мешки, а затем – рассыпное, при этом промежуточные детонаторы устанавливают в слое рассыпного ВВ, толщина которого составляет 0,1-0,2 м, схема которого приведена на рис.16.5.



**Рис.16.5. Способ формирования конструкции обвалованного грунтом траншейного заряда ВВ.**

продольный (а); поперечный разрез (б)

1-слой ВВ в мешках; 2-ДШ; 3-слой рассыпного ВВ;  
4-промежуточные детонаторы; 5-забойка; 6-обваловка.

Способ осуществляется следующим образом.

На дно траншеи укладывают слой – 1 ВВ, например, гранулита упакованного в мешки, на его поверхность укладывают не менее двух ниток – 2 ДШ, затем укладывают слой – 3 россыпного ВВ толщиной 0,1-0,2 м. Затем опять слой ВВ упакованного в мешки, ДШ и слой россыпного ВВ и т.д. В слое – 3, устанавливают промежуточные детонаторы – 4, в качестве которых используют, например, мешки с аммонитом №6ЖВ массой по 40 кг. После этого закладывают забойку – 5 и обваловку – 6 и осуществляют взрывание ВВ.

При проходке траншеи в обводненных условиях, в слоях россыпного ВВ на расстоянии 15 м друг от друга устанавливают дополнительные детонаторы.

Используя предлагаемый способ после взрыва, удается получить проектный профиль траншеи без дополнительных работ.

Разработан также способ формирования конструкции обвалованного грунтом траншейного заряда ВВ, который относится к способу образования профильного сечения выемки взрывом на выброс и может быть использован в гидротехническом строительстве, а также в горном деле при вскрытии месторождений полезных ископаемых.

Поставленная задача решается тем, что в способе формирования конструкции траншейного заряда ВВ, включающего проходку зарядной траншеи, зарядание ее ВВ, установки промежуточных детонаторов, ДШ, забойку, обваловку траншейных зарядов ВВ грунтом, которую вынимают в проектном контуре выемок и взрывание, ВВ укладывают чередующимися слоями, между которыми размещают не менее двух ниток ДШ, причем сначала укладывают ВВ, упакованные в мешки, а затем россыпное, при этом промежуточные детонаторы из аммонита №6ЖВ устанавливают в слое россыпного ВВ, толщина которого составляет 0,1-0,2 м.

В слоях россыпного ВВ устанавливают дополнительные детонаторы. Предлагаемое послойное размещение ВВ увеличивает плотность зарядания и восприимчивость детонации, вследствие чего повышается надежность инициирования ВВ. Кроме того, использование ВВ, упакованных в мешки, снижают трудоемкость и увеличивает производительность работ по заполнению ВВ зарядной траншеи, что повышает эффективность способа в целом. Способ формирования конструкции обвалованного грунтом траншейного заряда ВВ поясняется чертежами, где на рис.16.6. показан, продольный (а), поперечный (б) разрез траншейного заряда ВВ.

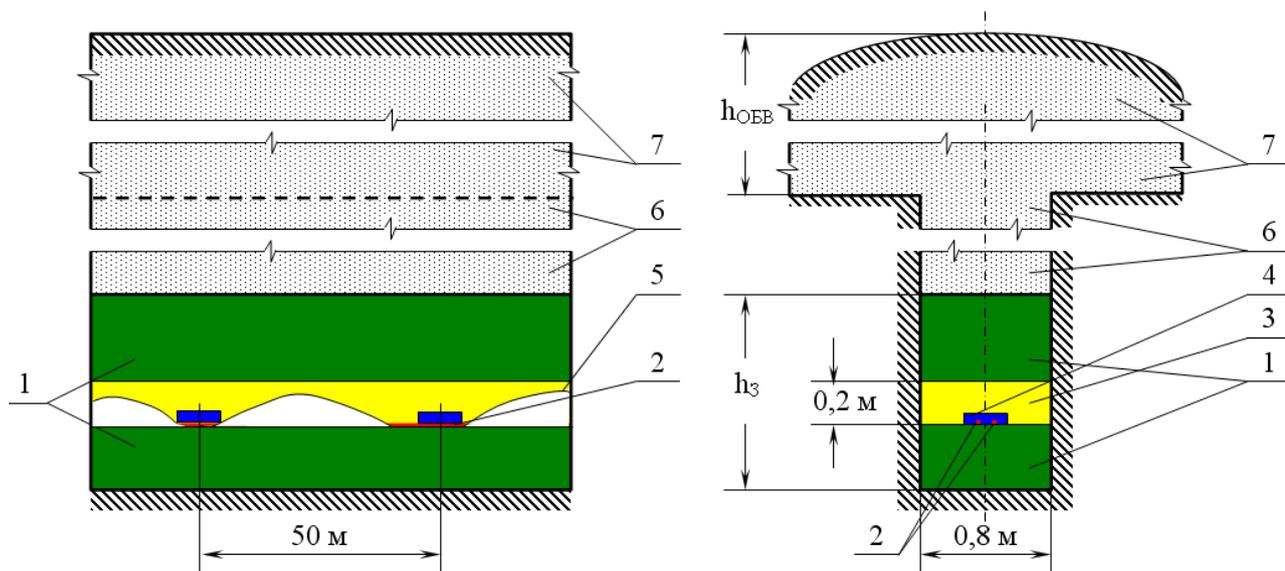
Способ осуществляется следующим образом.

На дно траншеи укладывают слой –1 ВВ упакованного в мешки, на его поверхность укладывают не менее двух ниток –2 ДШ, укладывают слой –3 россыпного ВВ толщиной 0,1-0,2 м.

Затем опять слой ВВ, упакованный в мешки. В слое – 3 устанавливают промежуточные детонаторы – 4, в качестве которых используют мешки с аммонитом №6ЖВ. После этого укладывают забойку – 5 и обваловку – 6 и осуществляют взрывание ВВ.

а) продольный разрез

б) поперечный разрез



**Рис.16.6. Способ формирования конструкции обвалованного грунтом траншейного заряда ВВ.**

продольный (а), поперечный разрез (б)

- |                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1-слой ВВ в мешках;      | 2-ДШ;                       |
| 3-слой рассыпного ВВ;    | 4-промежуточные детонаторы; |
| 5-полиэтиленовая пленка; | 6-забойка;                  |
| 7-обваловка.             |                             |

При проходке зарядной траншеи в обводненных условиях в слоях рассыпного ВВ на расстоянии 15 м друг от друга устанавливают дополнительные детонаторы.

Использование предлагаемого способа формирования конструкции траншейного заряда ВВ на выброс повышает надежность инициирования и удается получить проектный профиль выемки без дополнительных работ.

Разработан новый способ формирования конструкции обвалованного грунтом траншейного заряда ВВ на выброс, который относится к способам формирования профильного сечения выемки в грунтах взрывом на выброс и может быть использован в гидротехническом строительстве, а также в горном деле.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому, является предыдущий первый способ, включающий проходку зарядной траншеи, заполнение ее ВВ, установку промежуточных детонаторов в качестве которых, используют мешки с аммонитом №6ЖВ, которые устанавливают вдоль зарядной траншеи через каждые 20 м. В мешках устанавливают ДШ. Концы ДШ выводят на поверхность, где их подсоединяют к магистральной линии и затем осуществляют взрыв.

Недостатком предлагаемого способа формирования конструкции обвалованного грунтом траншейного заряда ВВ, является недостаточная

эффективность взрыва, обусловленная тем, что при ведении взрывных работ в обводненном массиве ВВ отсыревает, так как после заполнения траншей зарядом ВВ до момента осуществления взрыва проходит от 10 до 30 суток, в результате чего снижаются детонационные свойства ВВ и эффективность взрывных работ в целом.

Основной задачей способа, является разработка эффективного способа формирования конструкции траншейного заряда ВВ, обеспечивающего повышения эффективности взрыва в обводненных условиях.

Поставленная задача решается тем, что в способе формирования конструкции траншейного заряда ВВ, включающего проходку зарядных траншей, заполнение их рассыпным ВВ, установку промежуточного детонаторов, ДШ, забойки траншей, обваловку зарядов ВВ грунтом и взрывание. Перед заполнением траншеи ВВ, в нее укладывают полиэтиленовую пленку, ширину которой  $L$  определяют из соотношения:

$$L=3h, \text{ м}; \quad (16.1)$$

где  $h$ - высота траншейного заряда, м.

Размещение в траншее полиэтиленовой пленки обеспечивает гидроизоляцию ВВ, что сохраняет работоспособность ВВ и эффективность способа формирования конструкции траншейного заряда ВВ в целом. Ширина пленки определяется из условия того, что после укладки заряда ВВ можно было плотно закрыть его сверху.

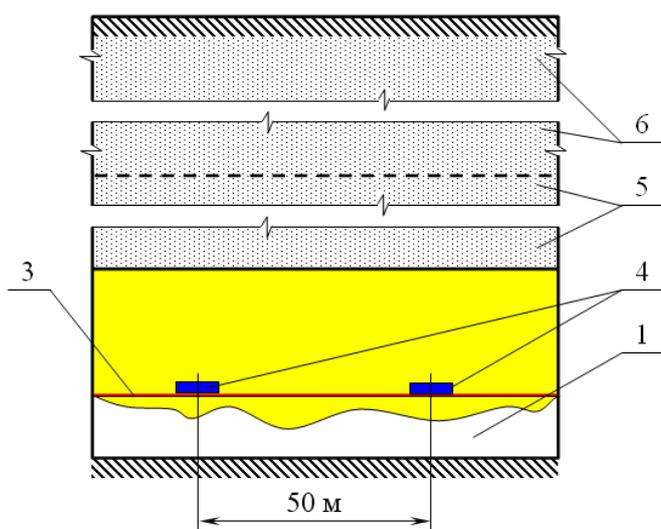
Способ поясняется чертежами, где на рис.16.7 приведен способ формирования конструкции обвалованного грунтом траншейного заряда ВВ на выброс в водонасыщенных грунтах (а- продольный, б- поперечный разрез траншеи).

Способ осуществляется следующим образом.

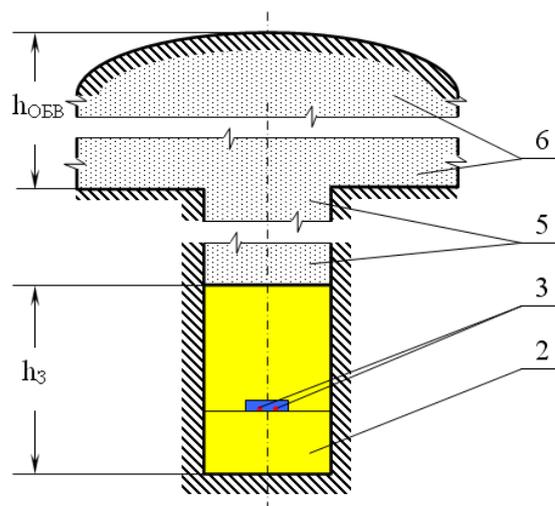
На дно зарядной траншеи укладывают полиэтиленовую пленку – 1 для гидроизоляции ВВ. Ширину пленки определяют из соотношения – 16.1. Затем укладывают слой 2 рассыпного ВВ например, гранулита, на его поверхность укладывают не менее двух ниток ДШ –3 и через каждый 50 м друг от друга устанавливают промежуточные детонаторы 4, а затем слой рассыпного ВВ, после чего полиэтиленовая пленка плотно закрывается сверху заряда ВВ. Затем укладывают забойку –5, обваловку –6 заряда ВВ грунтом и осуществляют взрывание. В качестве промежуточных детонаторов, используют например, мешки с аммонитом №6ЖВ, тротилловые шашки весом 500 г каждый и другие.

Использование предлагаемого способа формирования конструкции траншейного заряда ВВ на выброс, обеспечивает возможность гидроизоляции ВВ, при ведении взрывных работ в обводненном грунтовом массиве, что позволит повысить качество взрыва и эффективность способа в целом.

а) продольный разрез



б) поперечный разрез



**Рис.16.7. Способ формирования обвалованных грунтом траншейных зарядов ВВ в водонасыщенных грунтах**

продольный (а); поперечный разрез траншеи (б)

1-полиэтиленовая пленка;

2-слой рыхлого ВВ;

3-детонирующий шнур;

4-промежуточный детонатор;

5-забойка;

6-обваловка.

### Резюме

Разработаны новые инженерные способы образования удлиненных выемок взрывами траншейных зарядов выброса с их грунтовой обваловкой, обеспечивающих повышение эффективности выброса и управления параметрами навала грунта на бортах выемок с достижением их ширины по дну 50 м и более.

Разработаны новые эффективные способы формирования конструкции траншейного заряда ВВ, обеспечивающих снижение трудозатрат и повышения надежности инициирования заряда ВВ на открытых горных работах.

### *Вопросы для повторения.*

1. В чем заключается способ образования удлиненных выемок в сухих грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса?

2. В чем заключается способ образования удлиненных выемок во влажных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса?

3. В чем заключается способ образования удлиненных выемок в оплывающих песчаных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса?

4. В чем заключается практическая ценность разработанных способов образования удлиненных выемок в различных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса?

5. В чем заключается способ формирования конструкции траншейных зарядов выброса в сухих грунтах?

6. В чем заключается способ формирования конструкции траншейных зарядов выброса во влажных грунтах?

7. В чем заключается способ формирования конструкции траншейных зарядов выброса в водонасыщенных и оплывающих песчаных грунтах?

8. В чем заключается практическая ценность разработанных способов формирования конструкции траншейных зарядов выброса в различных грунтах?

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Разработка рекомендации по предотвращению отрицательных последствий действия массового взрыва на выброс на природные экосистемы.

2. Изучение способов образования удлиненных выемок взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.

3. Разработка методического указания по применению способа определения границы зоны нарушения горного массива при производстве массовых взрывов.

4. Изучение способа образования удлиненных выемок в оплывающих песчаных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса на объектах строительства СПМК-5 ГО «Средазспецстрой».

## *ЛЕКЦИЯ 17*

# **МЕХАНИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

### **План лекции**

17.1. Цель и основные задачи.

17.2. Машины и механизмы для погрузочно-разгрузочных работ.

17.3. Оборудование для растаривания ВВ.

17.4. Оборудование для приготовления ВВ на месте их применения.

17.5. Оборудование для заряжания, осушения и забойки скважин.

17.6. Вторичное дробление негабарита.

## 17.1. Цель и основные задачи

**Целью работы** является изучение механизации и организации выполнения взрывных работ на открытых и подземных горных работах.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение машин и механизмов для погрузочно-разгрузочных работ;
- изучение технико-экономических показателей растаривания установок ВВ;
- изучение технологии и оборудования приготовления ВВ на месте их применения;
- изучение оборудования для заряжания, осушения и забойки взрывных скважин;
- изучение вторичного дробления негабарита.

## 17.2. Машины и механизмы для погрузочно-разгрузочных работ

Комплексная механизация взрывных работ представляет собой систему рационально подобранных и взаимосвязанных машин, устройств и приспособлений, обеспечивающих выполнение всех операций, обусловленных технологическим процессом производства взрывных работ:

- погрузочно-разгрузочных, складских и транспортных на складах ВВ;
- на пунктах подготовки и загрузки ВВ в зарядные машины;
- по заряжанию и забойке скважин.

Для механизации погрузочно-разгрузочных, складских и транспортных работ в зависимости от вида поставки ВВ применяются электропогрузчики, дизельные и автопогрузчики (17.1), мостовые электрические краны.

Для эффективного использования погрузчиков, максимальное расстояние транспортирования не должно превышать 500 м.

**Таблица 17.1.**

**Техническая характеристика погрузчиков**

Показатели	Электропогрузчики			Автопогрузчики	
	4004	ЭПВ612	ЭПВ614	4022	4013
Грузоподъемность, т	0,75	1,25	1,5	2,0	3,2
Высота подъема вил, мм	1600	2750	1500	2800	2800
Скорость передвижения, км/ч	8,5	7	7	10	8
Наименьший радиус поворота по наружному габариту, мм	1550	2100	2100	2200	3700
Габариты, мм:					
длина с вилами	2400	2010	2010	3350	4850
ширина	910	1030	1030	1450	2350
высота	1445	2100	1480	2100	2600
Общая масса погрузчика, т	1,74	2,85	2,8	5,2	7,9

В таблице 17.2. приведены примерные варианты погрузочно-доставочных комплексов, рекомендуемых КазПТИ, для различных условий их эксплуатации.

Таблица 17.2.

### Погрузочно-доставочные комплексы

Индекс	Рекомендуемый комплекс	Число механизмов	Область применения	
			расстояние перевозки, м	расход ВВ на взрыв, т
К1.	ЭПВ-1-612	2	50÷150	70÷100
К2.	ЭПВ-1-612	3	250÷500	160÷200
	АП-2-4022	1		
К3.	ЭПВ-1-612	4	50÷250	200÷340
	АП-2-4022	1		
К4.	ЭПВ-1-612	2	50÷500	50÷60
	автомобиль (5Т)	1		

### 17.3. Оборудование для растаривания ВВ

Растаривание ВВ производится либо на стационарных механизированных растаривающих пунктах (МРП), либо с помощью передвижных установок МПР-30 (табл.17.3)

Таблица 17.3.

#### Технико-экономические показатели растаривающих установок 1 МРП и МПР-30

Показатели	Растаривающая установка	
	1МРП	МПР-30
Максимальная производительность (расчетная):		
Часовая, т/ч	25	30
Сменная, т/смену	120	150
Число рабочих, обслуживающих машину, чел.	1	2

Стационарные МРП включают операции по расформированию пакетов, растариванию ВВ из мешков или контейнеров, при необходимости по дроблению слежавшихся кусков, загрузке ВВ в зарядные машины.

Передвижные установки МПР-30 позволяют механизировать операции по растариванию ВВ, поставляемых в мешках, и загрузке растаренного ВВ в смесительно-зарядные машины. Установка МПР-30 монтируется на шасси автомобиля КраЗ-256 (в качестве шасси могут быть использованы с небольшими переделками и другие автомобили подобного типа).

Установки 1МРП рекомендуются при значительных (>2000 т) годовых объемах грузопереработки ВВ; МПР-30 наиболее эффективно применять на разрезах с расходом ВВ, равным 1500-2000 т/год.

#### 17.4. Оборудование для приготовления ВВ на месте их применения

На крупных карьерах или на участке специализированной организации, ведущей взрывные работы на группе карьеров (по типу объединения Северовостокзолото), с большим объемом потребления ВВ создаются стационарные пункты их приготовления.

В настоящее время игданит является основным типом ВВ, используемым для разработки россыпей Северо-Востока Российской Федерации. Доля его превышает 60 % общего объема потребления ВВ в этом регионе.

Схема дозирования жидкого горючего компонента (ДТ) при изготовлении игданита на агрегате ИСИ-2 следующая: на нагнетательной ветви магистрали жидкого горючего компонента от шестеренного насоса устанавливаются дроссель подачи жидкого компонента и обратный клапан. Для контроля за расходом жидкого горючего компонента в системе его подачи предусматривается установка двух дозаторов, оборудованных соответствующей запорной арматурой.

Из накопительной емкости, жидкий компонент самотеком поступает через входные клапаны в дозаторы, после этого входные краны устанавливаются в закрытое положение. Подачу жидкого компонента в смесительный шнек ИСИ-2 через распылительную форсунку осуществляют установкой одного из кранов дозатора в открытое положение с последующим включением насоса. Расход жидкого горючего компонента устанавливается с помощью дросселя, при этом избыточное количество его возвращается через обратный клапан в работающий дозатор. Непрерывное дозирование обеспечивается переменной работой дозаторов, посредством переключения одного на другой после опорожнения работающего.

Стационарные пункты по производству бестротилового ВВ простейшего состава (игданит, гранулиты УП), разработанные институтом Сибгипрошахт и ИГД им. А. А. Скочинского, включают:

1. Линию подготовки гранулированной АС, состоящую из механизированного склада для бестарного хранения АС, обеспечивающего самотечную ее разгрузку из железнодорожных вагонов-хопперов в отсеки; галереи для размещения и обслуживания ленточных конвейеров для АС; здания приготовления ВВ с тремя комплектами технологического оборудования; эстакады с погрузочными бункерами ВВ;

2. Линию подготовки дисперсного компонента, состоящую из механизированного склада для дисперсного компонента; эстакады приемного бункера и транспортирующего устройства для дисперсного компонента;

3. Линию подготовки жидких горючих компонентов (нефтепродукты), состоящую из емкостей для хранения, трубопроводов для их транспортирования в здание приготовления ВВ.

Производственная мощность стационарных комплексов 10-50 тыс. т/год.

В технологическом процессе приготовления бестротилового ВВ, ручной труд составляет 5 %, механизированный 95 %.

Процесс механизации приготовления и использования эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ), состоит из двух самостоятельных циклов: подготовки компонентов ЭВВ; смешения компонентов и заряжения готовыми ЭВВ взрывных скважин.

Технологический процесс получения эмульсионных ВВ включает: подготовку раствора аммиачной и натриевой селитры; подготовку смеси нефтепродукта и эмульгатора; получение эмульсии; получение ЭВВ.

Установка по производству порэмита, созданная институтом Союзхимпроект (г. Казань) по технологии, разработанной НПО "Кристалл" (г. Дзержинск), включает аппарат для приготовления раствора окислителя, три емкости с погружными насосами для перекачки растворов, предварительный смеситель, аппарат эмульгирования, смеситель, аппараты для приготовления натриевой селитры, смеси нефтепродуктов и раствора газогенератора, винтовой и центробежный насосы, циклон и бункер с дозатором.

При работе в одну смену, стандартная установка обеспечивает выпуск порэмита до 10 тыс. т/год. Для карьеров (разрезов), где потребность в порэмите превышает 25-30 тыс. т/год, используется оборудование соответствующей производительности. При потребностях до 35 тыс. т/год схема компоуется с применением малогабаритного оборудования.

Технология приготовления ВВ на модульных установках заключается в приготовлении ВВ из невзрывчатых компонентов на местах их применения в специальных модульных системах. Они представляют собой набор функциональных модулей, легко собираемых в технологическую линию и не требующих специальных трудоемких подготовительных работ.

Институтом горного дела им. А. А. Скочинского разработана, изготовлена и запущена в производство модульная установка УМВВ-20Г для приготовления простейших бестротилового ВВ - гранулитов УП, игданита и т.п.

Установка содержит модули – при подготовке аммиачной селитры (АС) и угольного порошка (УП), смешении компонентов, гидроагрегатов, управления и модуль-накопитель АС (2 шт.).

### **Техническая характеристика установки УМВВ-20Г**

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	.....15-20
Установленная мощность, кВт	.....428
Габариты, мм	.....8500x8500x8500
Численность обслуживающего персонала, чел/смену	.....3
Масса, т	.....50

Технологические операции установки: растаривание и измельчение АС; измельчение УП; смешение компонентов; загрузка ВВ в транспортно-зарядную машину.

Технологические операции установки: растаривание и измельчение АС; измельчение УП; смешение компонентов; загрузка ВВ в транспортно-зарядную машину.

Скважины заряжаются любыми зарядными машинами, допущенными для работы с сыпучими и гранулированными ВВ.

СП «Нитро-Сибирь» при участии ИГД им. А. А. Скочинского, разработали установки в модульном исполнении для производства эмульсионных ВВ-сибиритов:

- стандартизированный контейнерный модульный завод для производства 5000 т/год ЭВВ при односменной работе;
- стандартизированный контейнерный модульный завод для производства 10000 т/год ЭВВ при двухсменной работе;
- стандартизированный контейнерный модульный завод для производства 25000 т/год ЭВВ при двухсменной работе;
- блок-модуль смесительно-зарядной машины МЗВ-8 (СЗМ-8), устанавливаемый на шасси автомобиля КраЗ-256Б (грузоподъемность 8 т), и МЗВ-20 на шасси БелАЗ-7522 (грузоподъемность 20 т) для транспортирования эмульсии ЭВВ, сенсibilизации и закачки в скважину.

Основное оборудование установки размещается в контейнерах. На площадке выполняется строительство фундамента для модулей, монтируемых и подключаемых к источникам воды, пара и электроэнергии.

Модули монтируются отдельными блоками: подготовки сырья; технологический и энергетический; хранения и подготовки газогенерирующей добавки (ГГД); введения алюминиевого порошка в эмульсию.

## 17.5. Оборудования для зарядания осушения и забойки скважин

Институтом Гипроникель, создана аналогичной конструкции смесительно-зарядная машина "Акватол-3" на базе большегрузного автосамосвала БелАЗ.

Для работ на горных предприятиях и строительных объектах с объемом потребления до 500 т/год ВВ, используются зарядные машины типов ЗШ-120, ЗШ-400 и ЗШ-1200, созданные для подземных рудников.

Основное назначение осушающих машин – это удаление воды из взрывных скважин с любой степенью обводненности и создание, тем самым, условий применения неводоустойчивых гранулированных ВВ для дробления обводненных массивов.

Скважины с проточной водой, когда уровень ее быстро восстанавливается после откачки, следует заряжать только водоустойчивыми ВВ (гранулотол, алюмотол, эмульсионные ВВ). Возможно зарядание таких

скважин и менее водоустойчивыми ВВ с условием гидроизоляции их в шлангах (рукавах) из полимерных материалов.

Основные типы осушающих машин и их технические характеристики приведены в табл. 17.5.

Из указанных машин, серийно изготавливается лишь осушающая машина УОС-250. Машина МО-1 и НИИКМА, изготавливаются только по индивидуальным заказам.

Для механизации забоечных работ, используются три типа машин: ЗС-1М, ЗС-2М, выполняющие забойку скважин привозным забоечным материалом, и 2МЗШ на базе погрузчика ТО-30, выполняющая забойку скважин буровой мелочью.

Техническая характеристика забоечных машин ЗС-1М и ЗС-2М приведена ниже.

Забоечная машина .....	ЗС-1М	ЗС-2М
Производительность, кг/мин .....	1700	1700
Грузоподъемность, т .....	5	11
Диаметр скважин, в котором размещается забойка, мм .....	190	190
Число бункера .....	1	2
Вместимость бункера, м <sup>3</sup> .....	4	4,4
Масса машины без груза, т .....	8,3	12,5
Завод-изготовитель .....	Карпинский машзавод	

**Таблица 17.5.**

**Техническая характеристика осушающих машин**

Показатели	УОС-250	МО-1	Машина НИИКМА
База машины	ГАЗ-6602	МАЗ-509А	БелАЗ-540А
Производительность, скважин/смену	120-150	До 200	150-160
Осушаемые скважины:			
Глубина, м	25	23	До 40
Диаметр, мм	220-230	160-220	160-220
Способ осушения скважин	Погружной	Воздух+сульфанол	Воздух+алкисульфат натрия
Привод установки	Гидронасос	Компрессор	
Тип привода	12Г1223	ДК9М	6ВКМ
Производительность, м <sup>3</sup> /мин	-	10	25
Габариты установки, мм	5655x2340x2650	6940x2700x3800	7260x3480x3900
Завод-изготовитель	Карпинский машзавод	РМЗ концерна Кузбасс-разрезуголь	ЭММ Михайловского ГОКа

Фактическая производительность машин ЗС-1М и ЗС-2М зависит от расстояния транспортирования забоечного материала. Производительность машин типа 2МЗШ, использующих для забойки скважин буровую мелочь, оставляемую возле скважины, зависит только от сменного объема забоечных работ.

Для механизации процесса забойки скважин, целесообразнее оснащать рабочий парк машинами 2МЗШ, которые исключают в технологическом процессе затраты времени на загрузку и доставку забоечного материала к месту работы.

## 17.6. Вторичное дробление негабарита

**Дробление негабарита взрывом шпуровых зарядов.** При этом способе шпуры бурят глубиной 0,3-0,5 толщины негабарита. Бурение производится легкими бурильными молотками ПР-19, ПР-22 или легкими буровыми каретками на гусеничном или пневмошинном ходу.

Шпуры обычно заряжают во время подготовки массового взрыва и взрывают одновременно с ним. В шпур помещают заряд рассыпного или патронированного ВВ, вводят узел ДШ, вставляют зажигательные трубки или ЭД. ДШ от негабаритов подсоединяют к магистрали, которую в свою очередь, соединяют с основной магистралью ДШ массового взрыва. Расчетный удельный расход ВВ для взрывания негабарита шпуровыми зарядами, принимают 0,2-0,5 кг/м<sup>3</sup>. С увеличением размеров негабарита, расчетный удельный расход ВВ уменьшают.

**Дробление негабарита кумулятивными зарядами.** Применение кумулятивных зарядов типов ЗКП и ЗКН позволяет в 8-9 раз снизить удельный расход ВВ на вторичное дробление 1 м<sup>3</sup> негабарита. В прессованном заряде ЗКП имеется кумулятивная выемка, облицованная сталью, промежуточный детонатор ДП-1, проволочная скоба для крепления ДШ.

Применение кумулятивных зарядов для разрушения негабаритов позволяет уменьшить разлет осколков породы и снизить энергию воздушной взрывной волны.

Крановый бутобой представляет собой установку на базе крана с грузом массой 3-5 т, подвешенным на канате. Для разрушения негабарита груз поднимают на высоту 7-10 м и сбрасывают на негабаритный кусок. Число наносимых ударов может быть 1-4 ударов/мин, при этом кинетическая энергия падающего груза достигает 400-500 кДж.

Для дробления негабарита, созданы различного типа пневмо- и гидropневмо-бутобои.

Пневмобутобой Б-2М выполнен как навесное оборудование к экскаватору Э-153 и устанавливается вместо ковша. Сжатый воздух подается от передвижных компрессоров ДК-9.

### **Техническая характеристика пневмобутобоя Б-2М**

Энергия единичного удара, кДж ..... 1100

Частота ударов, мин <sup>-1</sup> .....	600
Ударная мощность, кВт .....	11,0
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин .....	15,0
Масса пневмобутобоя, кг .....	300

Целесообразно, применение пневмобутобоя на перегрузочных пунктах при циклично-поточной технологии разработки, где требуется дробить значительное количество негабаритов мелких фракций.

Разрушение негабаритов токами высокой частоты. При использовании высокочастотной электромагнитной энергии, возможны два способа разрушения негабаритов - тепловым пробоем и неравномерным диэлектрическим нагревом.

Способ теплового пробоя применим для разрушения полупроводящих пород, а способ неравномерного диэлектрического нагрева - для разрушения горных пород-диэлектриков. Используя частоты 70-300 кГц, установкой мощностью 30-100 кВт, выполняют тепловой пробой железистых кварцитов при расстоянии между электродами до 2 м. Масса разрушаемых негабаритов до 40 т. Продолжительность теплового пробоя 10-60 с.

В промышленных условиях испытаны самоходные на автомобиле ЗИЛ-150 установки ИГД им. А.А.Скочинского, производительность которых в условиях карьера ЮГОКа достигала 12-15 м<sup>3</sup>/ч. Среднее время разрушения 1 т руды на габаритные куски составило 40-60 с. Расстояние между электродами 0,5-1,5 м.

**Разрушение негабаритов токами промышленной частоты.** При дроблении негабаритов таким способом, напряжение подводится с помощью двух графитовых электродов, расположенных на расстоянии 40-80 мм. В зоне между электродами происходит электрический пробой и образуется разогревающийся канал электрического тока, который вызывает термодинамические напряжения, разрушающие негабарит.

Для разрушения негабаритов на карьерах применяют установки 2УРН института ВНИПИрудмаш.

#### Техническая характеристика установки 2УРН

Производительность разрушения, м <sup>3</sup> /ч .....	14
Мощность установки, кВт .....	100
Номинальное первичное напряжение, В .....	6000
Частота, Гц .....	50
Максимальное напряжение, подводимое к негабариту, В .....	3000
Энергоемкость разрушения, МДж/м <sup>3</sup> .....	16,2

Установка может быть размещена на бульдозере, тягаче, саях. Установку располагают в 4-5 м от негабаритов, с одной позиции при длине кабеля 50 м она обслуживает зону радиусом 45 м. Установка эффективно разрушает негабариты мартитомангнетитовых и хлоритокarbonатомангнетитовых роговиков (Кривбасс), негабариты карлитов и пироксенитов с

содержанием железа 15-20 % (Качканарский ГОК). Максимальная сменная производительность установки при разделке негабаритов на Ингулецком и Новокриворожском ГОКах составляет 85-90 м<sup>3</sup>. Себестоимость разделки 1 м<sup>3</sup> негабарита в 1,5-2 раза ниже, чем при взрывном способе.

### **Резюме**

Комплексная механизация взрывных работ представляет собой систему рационально подобранных и взаимосвязанных машин, устройств и приспособлений, обеспечивающих выполнение всех операций, обусловленных технологическим процессом производства взрывных работ.

### ***Вопросы для повторения***

1. Назначение и виды машин, механизмов для погрузочно-разгрузочных работ на складах ВМ.
2. Назовите технические характеристики электро-автопогрузчиков на складах ВМ.
3. Назначение и виды оборудования для растаривания ВВ.
4. Назовите основные технико-экономические показатели растаривающих установок ВВ.
5. Назовите назначение технической характеристики стационарных пунктов по производству безтротилового ВВ простейшего состава модульной установки УМВВ-20Г.
6. Назначение и основные технические характеристики смесительно-зарядных машин.
7. Основные назначения и способы вторичного дробления горных пород.
8. Способ дробления негабарита взрывом.
9. Механические способы вторичного дробления горных пород.
10. Электрофизические способы вторичного дробления горных пород.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Изучение механизации взрывных работ на расходном складе ВМ специализированного управления БВР с применением машин и механизмов для погрузочно-разгрузочных работ.
2. Изучение механизации взрывных работ на расходном складе ВМ СПМК-5 ГО «Средазспецстрой» с применением оборудования для растаривания ВВ.
3. Изучение способа вторичного дробления негабаритных кусков горных пород физическим методом, с использованием электрофизического метода на карьере «Гранит» ГАЖДК «Ўзбекистон темир йўллари».

## *ЛЕКЦИЯ 18*

# **ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ**

### **План лекции**

- 18.1. Цель и основные задачи
- 18.2. Организация работы взрывника
- 18.3. Маркшейдерское обслуживание взрывных работ
- 18.4. Подготовка и производства взрывов
- 18.5. Техника безопасности при взрывных работах
- 18.6. Персонал для взрывных работ
- 18.7. Безопасные расстояния

## 18.1. Цель и основные задачи

**Целью работы** является изучение организации и техники безопасности при производстве взрывных работ на открытых и подземных работах.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- изучение организации работы взрывника;
- изучение маркшейдерского обслуживания взрывных работ;
- изучение подготовки и производства взрывов;
- изучение техники безопасности при взрывных работах;
- изучение безопасных расстояний при производстве взрывных работ;
- ознакомление персоналом для взрывных работ.
- .

## 18.2. Организация работы взрывника

Рабочее время взрывника регулируется графиком выходов. Оно не совпадает с графиком выходов рабочих других профессий.

График работ взрывника (мастера-взрывника)

- **на открытых разработках:**

1. Оформление путевок, получение СВ и ВВ.
2. Подвозка (в случае необходимости) забоечного материала к скважинам.
3. Доставка ВМ к месту взрыва.
4. Выгрузка и разноска ВВ по скважинам.
5. Зарядка и забойка скважин.
6. Монтаж взрывной сети, оцепление.
7. Расстановка замедлителей в схеме соединения зарядов.
8. Подача боевого сигнала.
9. Взрыв.
10. Осмотр места взрыва.
11. Оформление документов, сдача остатков ВМ на склад.

- **на подземных разработках:**

1. Оформление путевок, получение СВ и ВВ.
2. Доставка забойки в забой.
3. Доставка ВМ в забой.
4. Проверка и чистка шпуров (скважин).
5. Изготовление патронов-боевиков.
6. Замер содержания газа в забое и в выработках, примыкающих к нему.
7. Проверка выполнения требований по борьбе с пылью, для рудников и шахт, опасных по газу или пыли.
8. Зарядка и забойка шпуров и скважин.
9. Выставление постов охраны опасной зоны.

10. Монтаж взрывной сети (при электровзрывании).
11. Замер газа у места, откуда будет включаться ток (при электровзрывании) для рудников и шахт, опасных по газу или пыли.
12. Подача боевого сигнала.
13. Поджигание ОШ, включение рубильника или взрывной машины, взрыв.
14. Проветривание забоя.
15. Осмотр места взрыва.
16. Оформление документов, сдача остатков ВМ на склад.

На открытых разработках, взрывные работы производят не чаще одного раза в неделю. В связи с этим указанный выше график работ не является ежедневным, а видоизменяется. Взрывание камерных и скважинных зарядов выполняют по проектам, составляемым на каждый взрыв, или при систематическом взрывании - по типовому проекту, корректируемому для каждой взрывающей серии по фактическим данным расположения камер (скважин). Взрывание зарядов в шпурах (в том числе котловых шпурах), рукавах, а также взрывание наружных зарядов выполняют по паспортам.

Взрывание на выброс, взрывное разрушение зданий и сооружений, дробление металла и металлических конструкций, подводные взрывные работы, а также взрывные работы непосредственно в населенных пунктах выполняют только по проектам.

Организация и порядок проведения массовых взрывов на предприятиях предусматривают в типовой инструкции, утверждаемой для аналогичных условий вышестоящими хозяйственными организациями по согласованию с управлением «Саноатконтехназорат» Республики Узбекистан.

Проекты утверждает директор (начальник) предприятия, на котором ведутся взрывные работы, или по согласованию с ним, главный инженер организации, ведущий взрывные работы.

Паспорт утверждает начальник или главный инженер рудника, шахты, карьера, промысла и т.п. или руководитель взрывных работ. Паспорт БВР составляется для каждой выработки на основании опытных данных. С паспортом БВР должны быть ознакомлены под расписку инженерно-технические работники данного участка (объекта), а также персонал, выполняющий БВР. Для аналогичных условий паспорт БВР может быть общим.

### 18.3. Маркшейдерское обслуживание взрывных работ

Одним из этапов подготовки и производства массовых взрывов, является составление его технического проекта. С общего плана горных работ на карьере, делают выкопировку блока, намеченного к взрыву, на которой наносят верхние и нижние отметки уступа, а также категории пород по буримости и по взрываемости. На этот же план наносят границы и пределы допустимых величин одновременно взрываемых ВВ. Начальник буровзрывного участка рассчитывает и наносит на план взрывные скважины с принятыми для

данных условий параметрами расположения сетки скважин и глубины персбуров. По скважинам первого и последующих рядов, а иногда по отдельным скважинам в геолого-маркшейдерском отделе составляют профили с указанием геологических особенностей уступа и мощности напластования отдельных пачек пластов, что является основой для расчета зарядов в скважинах, общего количества ВВ, рациональной конструкции зарядов, величины перебуров и др.

Начальник буровзрывного участка или смены совместно с маркшейдером и техническим руководителем карьера переносят скважины в натуру, отмечая места расположения их колышками и принимая определенные расстояния скважин от верхней бровки уступа. На каждом колышке указан номер скважины и ее проектная глубина.

После подготовки забоя к взрыву, маркшейдер при повторной съемке данного участка замеряет фактические расстояния между скважинами, СПП уступа и глубину скважин. Если фактические данные отличаются от проектных, величины зарядов в скважинах пересчитывают.

После производства взрыва выполняют горизонтальную съемку, составляют профили взорванной горной массы и по ним определяют объем фактически взорванной горной массы. Маркшейдерская служба помимо этого определяет величину и угол развала, линии откоса и коэффициент разрыхления взорванной горной массы.

В результате маркшейдерских замеров, определяют технико-экономические показатели взрыва: выход горной массы с 1 м скважины, удельный расход ВВ, выход горной массы с 1 м фронта работ, а также качество проработки подошвы уступа.

При подземных разработках, для составления технического проекта выполняют предварительную геолого-маркшейдерскую съемку предполагаемого участка работ, сбор цифрового и графического материала. При подготовке графического материала по каждому взрываемому объекту (выемочный блок, панель и т. д.) составляют план участка взрыва в масштабе 1:500 и, если имеются материалы от прежних взрывов, поперечные профили через каждую скважину. Технический проект на отбойку рудного блока подлежит соответствующему утверждению. Все подготовительные работы по взрыву выполняют в соответствии с техническим проектом.

Геолого-маркшейдерская служба рудника производит разбивку точек для бурения скважин с учетом физико-механических свойств руды, а в процессе бурения контролирует глубину и направление скважин. При этом уделяется внимание возможно более точному соблюдению проектных расстояний, особенно между расходящимися концами скважин при веерном расположении.

По окончании бурения выполняют детальную геолого-маркшейдерскую съемку рудного блока и всех пробуренных скважин с промером их глубины.

## 18.4. Подготовка и производства взрывов

На открытых разработках каждому массовому взрыву предшествует составление организационно-календарного плана, в содержание которого входит график организации и последовательности выполнения отдельных операций на участке взрыва.

Массовые взрывы на карьерах в последние годы увеличились до 1000 т ВВ с отбойкой около 2,0-2,5 млн. т горной массы. Подготовка таких взрывов длится несколько дней. Перед заряданием скважин, определяют конструкцию заряда, исходя из горно-геологических условий и обеспечения равномерного дробления породы.

ВВ доставляют в машинах и распределяют по скважинам в соответствии с величиной заряда, рассчитанной на каждую скважину. Перед заряданием, взрывник обязан проверять состояние скважины, замерять ее глубину. В скважину опускают конец ДШ с боевиком, противоположный конец ДШ закрепляют у устья скважины. После этого взрывник засыпает ВВ, контролируя процесс зарядания скважины промером уровня ВВ. Если нужно, на определенной глубине рассредоточивают ВВ инертной забойкой или воздушным промежутком.

После зарядания скважины засыпают забоечным материалом, в качестве которого применяют глинисто-песчанистую смесь или отходы дробильно-обогажительных фабрик. Концы ДШ, выходящие из скважин, подсоединяют к основной магистрали и устанавливают замедлители.

В подземных условиях взрывник, основываясь на паспортные данные, проверяет число и глубину шпуров, угол их наклона и качество очистки от буровой мелочи, а затем производит зарядание шпуров. При числе шпуров более 25, взрывнику помогают рабочие, прошедшие специальные курсы.

Патрон ВВ в шпур вводят с помощью забойника до дна шпура или до предыдущего патрона. Плотность прилегания патронов один к другому взрывник контролирует по соответствующим насечкам на забойке. При зарядании восстающих шпуров, патроны посылают забойником одновременно по несколько штук.

Патроны-боевики изготавливают на месте работ в забое. При проходке шахтных стволов их изготавливают на поверхности в предназначенном для этого помещении. Число патронов-боевиков должно соответствовать числу одновременно взрываемых зарядов в шпурах. Патрон-боевик располагают первым от устья шпура. ЭД необходимо помещать в ближайшей к устью шпура торцевой части патрона-боевика так, чтобы дно гильзы ЭД было направлено ко дну шпура. Допускается расположение патрона-боевика с ЭД первым от дна шпура; при этом дно гильзы должно быть направлено к устью шпура. Возможность обратного инициирования при огневом взрывании устанавливает руководитель предприятия по согласованию с местными органами «Саноатконтехназорат».

В качестве забойки при взрывных работах применяют смесь глины и песка, воду или водяные ампулы (гидрозабойка). По окончании зарядания

шпуров перед взрывом, взрывник обязан удалить всех рабочих, находящихся поблизости от места взрыва, и проверить наличие охранных постов на подступах к забою.

После взрыва и проветривания забоя, взрывник должен его осмотреть и в том случае, если все шпуры взорвались, дает сигнал, после чего рабочие возвращаются в забой. При наличии невзорвавшихся зарядов, взрывник извещает об этом технический надзор и приступает к ликвидации отказов.

Скважинные заряды обычно инициируют ДШ, протянутым по всей длине скважины. Длину забойки принимают равной или несколько больше расчетной ЛНС.

При массовом взрыве, целесообразно присоединять скважинные заряды к электровзрывной сети через узел-боевик (пучок отрезков ДШ, усиленный зарядом из высокобризантного ВВ), который инициируют ЭД. При взрывании, всю электровзрывную сеть включают к общему рубильнику.

При взрывании всю электровзрывную сеть включают к общему рубильнику.

## 18.5. Техника безопасности при взрывных работах

Перед началом взрывных работ устанавливают границы опасной зоны, которые на поверхности отмечают условными знаками на местности. На границах опасной зоны во время взрывных работ выставляют посты охраны этой зоны. Охрану из лиц вахтерской службы или хорошо проинструктированных рабочих организуют так, чтобы все пути, ведущие к месту выполнения взрывных работ (дороги, тропы, подходы, выработки), находились под постоянным наблюдением. Каждый пост, расположенный на дневной поверхности, находится в поле зрения смежных с ним постов.

В подземных выработках перед заряданием шпуров в местах возможных подступов к забою, где ведут взрывные работы, должны быть выставлены посты охраны.

В выработках с исходящей вентиляционной струей, по которым направляются газообразные продукты взрыва, посты не выставляют. Эти выработки должны быть закрешены досками, на которых вывешивают четкую надпись, запрещающую вход в них. После окончания взрывных работ и полного проветривания, выработку открывают и надписи снимают.

При взрывных работах на дневной поверхности обязательно применение в светлое время суток звуковых, а в темное время суток звуковых и световых сигналов. Воспрещается подача сигналов голосом. Звуковые сигналы должны быть хорошо слышны, а световые сигналы хорошо видны на границах опасной зоны.

Звуковые сигналы подает взрывник (мастер-взрывник), а при одновременной работе нескольких взрывников - руководитель взрывных работ (старший взрывник), в следующем порядке:

1. Первый сигнал - предупредительный (один продолжительный). Люди, не занятые заряданием и взрыванием, удаляются за пределы опасной

зоны или в безопасное место, заранее указанное лицом, ответственным за ведение взрывных работ, а у мест возможного входа в опасную зону должны быть выставлены посты охраны.

После окончания работ по заряданию и удалению, связанных с этим лицом, взрывники монтируют электровзрывную сеть, а также проверяют исправность ее с безопасного места.

2. Второй сигнал - боевой (два продолжительных). По этому сигналу взрывники зажигают ОШ и удаляются в укрытия или за пределы опасной зоны, а при электрическом взрывании - включают ток.

3. Третий сигнал - отбой (три коротких). Подается после осмотра места взрыва и означает окончание взрывных работ.

При взрывании камерных, скважинных и котловых зарядов, когда на зарядание требуется длительное время, разрешается не выводить всех не связанных с производством этих работ лиц за пределы опасной зоны до начала укладки боевиков в заряды, а при взрывании с помощью ДШ - до начала монтажа взрывной сети при условии нахождения этих лиц в радиусе не менее 50 м от ближайшего заряда и применения только ВВ II группы.

На открытых горных работах радиус опасной зоны 50 м относится только к рабочей площадке того уступа, на котором выполняют зарядание. При этом запрещается ведение каких-либо работ, кроме движения транспорта по установленным трассам, на нижележащем уступе в створе и в 50 м от крайней заряжаемой скважины и на вышележащем уступе, если участки этих работ находятся на расстоянии менее 50 м по горизонтали от заряжаемой скважины.

Допуск рабочих к месту взрыва разрешается лицом технического надзора, ответственным за ведение взрывных работ в данной смене, только после того, как будет установлено совместно с взрывником, что работа в месте взрыва безопасна.

Запрещается обматывание ОШ патронов-боевиков. Запрещается опускание боевиков на ОШ, на проводах ЭД или на ДШ. При рассредоточенных зарядах, в каждой части заряда может быть помещен только один патрон-боевик. Боевики вводят в заряды осторожно, без толчков. При зарядании запрещается уплотнять боевики, а также проталкивать их даже легкими ударами забойника.

Забойку выполняют с максимальной осторожностью.

Запрещается ведение взрывных работ на поверхности и при проходке стволов шахт с поверхности во время грозы. Если при электровзрывании цепь смонтирована до наступления грозы, то перед грозой необходимо произвести взрывание или же отсоединить участковые провода от магистральных, концы тщательно изолировать, а людей удалить за пределы опасной зоны.

Взрывники (мастера-взрывники) обязаны во время работы иметь при себе часы.

При обнаружении отказа (или при подозрении на него) на открытых работах, взрывник немедленно выставляет отличительный знак у невзорвавшегося заряда, а в подземных условиях закрепляет забой выработки и в обоих случаях, уведомляет об этом руководителя взрывных работ или

заменяющее его лицо сменного технического надзора. Работы, связанные непосредственно с ликвидацией отказов, производят по указанию руководителя взрывных работ, начальника участка или лица сменного надзора.

В местах отказов запрещаются какие-либо работы, не связанные с их ликвидацией.

Если взрывные работы ведет мастер-взрывник, то отказавшие заряды должны быть ликвидированы им немедленно. Если ликвидировать отказ не представилась возможность, то мастер-взрывник должен уведомить об этом руководителя взрывных работ или заменяющее его лицо сменного технического надзора, закрестив предварительно забой, где произошел отказ. Отказ ликвидируют по указанию и в присутствии лица технического надзора.

Если работы по ликвидации отказа могут быть закончены в данной смене, разрешается поручать продолжение их взрывнику (мастеру-взрывнику) очередной смены с соответствующей отметкой в выдаваемой ему наряд-путевке. В этом случае допуск рабочих в забой может быть разрешен начальником той смены, в течение которой ликвидируют отказ.

Каждый отказ и время его ликвидации после окончания смены должны быть записаны в журнал для записи отказов при взрывных работах. Если в отказавшем заряде имелись ЭД и провода их обнаружены, то они должны быть немедленно накоротко замкнуты.

Запрещается разбуривать стаканы вне зависимости от наличия или отсутствия в них остатков ВВ.

Для ликвидации отказавшего наружного заряда, можно снять осторожно руками часть забоечного материала, поместить на отказавший заряд новый боевик или зажигательную трубку, восстановить забойку и выполнить взрывание в обычном порядке.

Отказавшие шпуровые заряды разрешается ликвидировать взрыванием зарядов во вспомогательных шпурах, пробуренных параллельно отказавшим на расстоянии не ближе 30 см при шпуровых зарядах и 60 см - при котловых шпуровых зарядах.

Число вспомогательных шпуров и места заложения, намечает технический надзор или мастер-взрывник, причем для определения направления таких шпуров разрешается вынимать из шпура забоечный материал на длину до 20 см от его устья.

В выработках шахт, опасных по газу или пыли, в случае обнаружения проводов ЭД, выходящих из отказавшего, но не обнаженного заряда, ЛНС которого не уменьшилась, взрывнику (мастеру-взрывнику) разрешается из безопасного места проверить допущенными для этой цели приборами проводимость мостика ЭД и взорвать отказавшийся заряд в обычном порядке.

На рудниках, не опасных по газу и пыли (кроме угольных шахт) и на открытых работах, где взрывание производили без забойки, отказавшие заряды можно взрывать введением в шпур или скважину дополнительного патрона-боевика.

В забоях, где установлены гидромониторы, допускается ликвидация отказов в шпурах струей воды под наблюдением взрывника (мастера-взрывника)

и лица технического надзора. В момент ликвидации отказа в забое не должны находиться люди. Пуск воды для ликвидации отказа производят дистанционно. Непосредственно в выработке должны быть приняты меры по улавливанию ЭД из размытого патрона-боевика.

После взрыва заряда, предназначенного для ликвидации отказа, взрывник (мастер-взрывник) обязан тщательно осмотреть взорванную массу и собрать все обнаруженные ВМ отказавшего заряда. Лишь после этого рабочие могут быть допущены к разборке и уборке породы ручным способом с принятием мер предосторожности, пока не будет установлено отсутствие остатков ВМ от отказавшего заряда.

## 18.6. Персонал для взрывных работ

- Персонал для руководства взрывными работами.

Руководство взрывными работами возлагается на специально выделенное приказом лицо, на технического руководителя предприятия, а при подрядном способе - на руководителя взрывных работ подрядной организации или назначенное им лицо.

К руководству взрывными работами допускаются лица, имеющие оконченное горнотехническое образование или окончившие специальные учебные заведения или курсы, дающие право технического руководства (ответственного ведения) горными или взрывными работами.

- Персонал для производства взрывных работ и для работ, связанных с хранением взрывчатых материалов.

К производству взрывных работ допускаются лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие «Единую книжку взрывника (мастера-взрывника)».

К сдаче экзаменов квалификационной комиссии по специальной программе для подготовки взрывников на получение права производства взрывных работ допускаются лица не моложе 19 лет для открытых и не моложе 20 лет для подземных работ, имеющие образование не ниже семи классов и стаж не менее одного года на открытых (других) горных работах или на проходке подземных горных выработок и в очистных забоях.

Ведение взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только мастерам-взрывникам.

К взрыванию горячих массивов допускаются взрывники, имеющие стаж взрывных работ не менее 2 лет.

Лица, сдавшие экзамены в квалификационной комиссии и получившие «Единую книжку взрывника (мастера-взрывника)», допускаются к самостоятельной работе на предприятии после работы в течение месяца под руководством опытного взрывника (мастера-взрывника).

Лица, имеющие право руководства взрывными работами, могут быть допущены к производству взрывных работ только после сдачи

соответствующих экзаменов и получения «Единой книжки взрывника (мастера-взрывника)».

В тех случаях, когда взрывные работы производятся мастером-взрывником, к этой должности допускаются лица в возрасте не моложе 22 лет, имеющие образование не ниже семи классов средней школы, стаж подземных работ на проходке подземных горных выработок или в очистных забоях не менее 2 лет. Эти лица должны пройти обучение на специальных курсах при горных колледжах, подготавливающих техников эксплуатационной и шахтостроительной специальности, или в учебно-курсовых комбинатах по специальной программе, согласованной с «Саноатконтехназорат» РУз, и сдать экзамен в квалификационной комиссии под председательством представителя соответствующего управления «Саноатконтехназорат» Республики Узбекистан и получить «Единую книжку мастера-взрывника».

Разрешается присваивать звание мастера-взрывника без обучения на курсах горного колледжа эксплуатационной и шахтостроительной специальности, проработавшим на подземных работах по проходке горных выработок или в очистных забоях не менее одного года и сдавшим в квалификационной комиссии экзамен по утвержденной программе с выдачей им «Единой книжки мастера-взрывника».

Повторная проверка знаний мастера-взрывника и взрывника должна производиться комиссиями, образуемыми на предприятиях под председательством представителя «Саноатконтехназорат», не реже одного раза в 2 года. Такая проверка может производиться также при выявлении нарушения мастером-взрывником (взрывником) требований настоящих правил, однако в этом случае участие представителя «Саноатконтехназорат» в работе комиссии не обязательно.

Для проверки знаний, вызванной нарушением правил техники безопасности, мастер взрывник (взрывник) отстраняется от производства взрывных работ.

Лица, не сдавшие испытаний, лишаются звания взрывника (мастера-взрывника) и могут быть допущены к сдаче экзаменов в квалификационной комиссии не ранее, чем через 3 месяца.

При переводе взрывников и мастеров-взрывников с одного вида взрывных работ на другой они должны пройти специальную переподготовку по новому виду работ и сдать дополнительные экзамены в квалификационной комиссии, которая должна сделать отметку о сданном экзамене в «Единой книжке взрывника (мастера-взрывника)». При переводе мастеров-взрывников на шахты, опасные по газу или пыли, после сдачи экзаменов квалификационной комиссии, мастера-взрывники должны пройти двухнедельную стажировку под руководством опытного мастера-взрывника.

Взрывники (мастера-взрывники), принимаемые для производства взрывных работ после перерыва в работе по своей квалификации свыше одного года, могут быть допущены к самостоятельному производству взрывных работ только после повторного экзамена в квалификационной комиссии и декадного практического стажирования.

Все лица, занятые на взрывных работах, должны быть проинструктированы руководителем взрывных работ о свойствах и особенностях принимаемых ВМ и аппаратуры и мерах предосторожности при обращении с ними. Такой же инструктаж должен производиться при применении на предприятиях новых видов ВМ.

Всем рабочим, привлекаемым к подготовке и проведению взрывных работ, должны быть выданы под расписку инструкции по безопасным методам работ по их профессии.

При производстве взрывных работ двумя и более взрывниками в пределах одной опасной зоны должен быть назначен старший взрывник (бригадир), которым может быть лицо, имеющее стаж работы взрывника не менее одного года.

Назначение старшего взрывника оформляется записью в наряде-путевке. В тех случаях, когда руководство взрыванием осуществляется лицом технического надзора, назначение старшего взрывника не обязательно.

Запрещается использование мастеров-взрывников, взрывников и персонала взрывных работ, имеющих при себе ВМ, на работах, непосредственно не связанных с проверкой забоев перед взрыванием, с заряджанием, монтажом электровзрывной сети и собственно взрыванием.

Заведующими складами ВМ разрешается назначение лиц, имеющих право руководства взрывными работами, а также лиц, окончивших ВУЗы или колледжи по специальности технологии ВВ.

Заведующими складами ВМ также могут назначаться лица, имеющие право производства взрывных работ, прошедшие дополнительную подготовку по специальной программе и имеющие удостоверение.

Состав квалификационной комиссии для приема экзамена на присвоение права заведования складом (раздатчиков, лаборантов) утверждается руководителем предприятия, в распоряжении которого находится склад ВМ.

Обязанности заведующего складом, могут быть возложены по совместительству на лицо технического персонала, имеющее право руководства взрывными работами. Взрывники, производящие взрывные работы, не могут выполнять обязанности заведующего складом.

Заведование зарядными мастерскими геофизических предприятий разрешается поручать лицу, имеющему «Единую книжку взрывника» и стаж работы по взрывному делу в промысловой геофизике не менее одного года.

На передвижных складах ВМ, обязанности заведующего складом могут быть возложены по совместительству на лицо охраны, шофера и др., прошедших специальную подготовку по программе для заведующих складами ВМ.

Раздатчиками складов ВМ разрешается назначать лица, прошедшие специальную подготовку по программе для заведующих складами и получившие удостоверение, или взрывников (мастеров-взрывников), прошедших пятидневное стажирование в этой должности.

На обязанности кладовщика лежит непосредственный прием ВМ, поступающих на склад, выдача их и производство записей в книгах учета.

Лаборантами складов ВМ могут назначаться лица, сдавшие экзамен по специальной программе и имеющие специальное удостоверение. Экзамен на присвоение специальности лаборанта производится в соответствии настоящих правил.

Выполнение внелабораторных испытаний ВМ, может поручаться также взрывникам под руководством заведующим складов ВМ.

Специальные программы для подготовки взрывников, заведующих складов ВМ и лаборантов, разрабатываются в установленном порядке «Саноатконтехназорат» комитетом по профессионально-техническому образованию при Совете Министров Республики Узбекистан, Министерством и ведомствами и согласовываются с «Саноатконтехназорат» Республики Узбекистан.

## 18.7. Безопасные расстояния

При взрывных работах минимальное расстояние от заряда ВВ, на котором действие взрыва безопасно для людей, механизмов, зданий и сооружений или не вызывает передачу детонации другому заряду; служит границей опасной зоны взрыва. Расчёт опасных зон при взрывных работах производится в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах», а также «Техническими правилами ведения взрывных работ на дневной поверхности». В зависимости от назначения и условий проведения взрывных работ, определяют безопасные расстояния (или радиусы опасных зон): по разлёту кусков породы, действию ударной воздушной волны, передаче детонации, допустимой концентрации ядовитых газов и сейсмическим действием взрыва. БВР по разлёту кусков породы, исключают возможность повреждения осколками и обломками; зависят от показателя действия взрыва, максимальные значения ЛНС, метода взрывания, вида взрывных работ и местных условий.

**Безопасные расстояния по действию ударно-воздушной волны** зависят от расположения зарядов (открытые и заглублённые заряды) и рассчитываются по формулам:

$$r_B = k_B \sqrt{Q}, \text{ м.}$$

$$r_B = K_B \sqrt[3]{Q}, \text{ м.}$$

где  $Q$  – общая масса заряда ВВ, кг;

$k_B$  и  $K_B$  – коэффициенты пропорциональности, величина которых зависит от условий расположения и величины заряда, а также характера повреждения, значения которых приведены в табл. 18.1.

**Безопасные расстояния по передаче детонации**, исключают возможность передачи детонации от заряда к заряду и определяются по формуле:

$$r_D = \sqrt[3]{2(q_1 k_{D_1}^3 + q_2 k_{D_2}^3 + \dots + q_n k_{D_n}^3)} \cdot \sqrt[4]{D}, \text{ м.}$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – массы различных ВВ составляющих заряд, кг. (Сумма всех  $q$  равна полной массе ВВ в хранилище);

$k_1, k_2, \dots, k_n$  – коэффициенты, зависящие от типа ВВ и условий взрывания (расположения активного и пассивного зарядов);

$D$  – наименьший линейный размер пассивного заряда, равной ширине заряда или его удвоенной высоте, м.

**Минимальные безопасные расстояния по допустимой концентрации ядовитых газов** рассчитываются из условия, что на границе опасной зоны содержание ядовитых газов (в пересчёте на CO), выделяемых при взрыве ВВ, не превышает 0,008%:

$$r_r = k_3 \sqrt{cQ}, \text{ м.}$$

где  $k_3$  – экспериментальный коэффициент (0,5-1,0);

$c$  – количество ядовитых газов, выделяемое 1 кг ВВ,  $\text{дм}^3$ , зависит от климатических условий, особенностей района взрыва (направления и скорости ветра).

**Таблица 18.1.**

**Значения коэффициентов  $k_e$  и  $K_e$  для расчета расстояний, безопасных по действию воздушной волны взрыва**

Степень безопасности	Возможные повреждения	Открытый заряд			Заряд, углубленный на свою высоту			$n = 3$
		$Q, \text{ т}$	$k_e$	$K_e$	$Q, \text{ т}$	$k_e$	$K_e$	$k_e$
1	Отсутствие повреждений	Меньше 10 Больше 10	50-150 -	- 400	Меньше 10 Больше 10	20-50 -	- 200	3-10 -
2	Случайные повреждения застекления	Меньше 10 Больше 10	10-30 -	- 100	Меньше 10 Больше 10	5-12 -	- 50	- 1-2
3	Полное разрушение застекления. Частичные повреждения рам, дверей, нарушение штукатурки и внутренних легких перегородок.	Меньше 10 Больше 10	5-8 -	- 30-50		- 2-4	- -	- 0,5-1
4	Разрушение внутренних перегородок, рам, дверей, барачков, сараев и т.п.		2-4	-		1-2	-	Разрушения в пределах воронки
5	Разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание ж.-д. составов, повреждение линий электропередачи.		1,5-2	-		0,5-1	-	-

6	Пролом прочных кирпичных стен, полное разрушение коммунальных и промышленных сооружений, повреждение ж.-д. мостов и полотна		1,4	-	Разрушение в пределах воронки	-
---	---	--	-----	---	-------------------------------	---

**Безопасное расстояние по сейсмическому действию взрыва** рассчитывается таким образом, чтобы колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда ВВ (кроме открытых зарядов на поверхности), были безопасными для зданий и сооружений:

$$r_c = k_c \cdot \alpha \sqrt[3]{Q}, \text{ м.}$$

где  $k_c$  – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого сооружения (для скальных плотных пород, принимают  $k_c=3$ ; для водонасыщенных грунтов  $k_c=20$ );

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва.

При наличии повреждений в зданиях и проведении многократных взрывов вблизи одних и тех же объектов, расчётов безопасных расстояний для однократных взрывов, должно увеличиваться не менее чем в 2 раза; для зданий и сооружений уникального характера (высокое здание, башни и т.д.), сложных инженерных сооружений (мосты, радиомачты и др.) выполняются специальные расчёты.

### Резюме

Организацию и порядок проведения массовых взрывов на предприятиях, предусматривают в типовой инструкции, утверждаемой для аналогичных условий вышестоящими хозяйственными организациями по согласованию с управлением «Саноатконтехназорат» РУз. На открытых разработках каждому массовому взрыву, предшествует составление календарного плана, в содержание которого входит график организации и последовательности выполнения отдельных операций на участке взрыва.

Руководство взрывными работами возлагается на специально выделенное приказом лицо, на технического руководителя предприятия, а при подрядном способе - на руководителя взрывных работ подрядной организации или назначенное им лицо. К производству взрывных работ допускаются лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие «Единую книжку взрывника (мастера-взрывника)».

Ведение взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только мастерам-взрывникам. К взрыванию горячих массивов допускаются взрывники, имеющие стаж взрывных работ не менее 2 лет.

### ***Вопросы для повторения***

1. Опишите график работы взрывника на открытых горных работах.
2. Опишите график работы взрывника на подземных горных работах.
3. Основные задачи геолого-маркшейдерской службы при производстве массового взрыва.
4. Опишите график организации и последовательности выполнения отдельных операций при производстве взрывов на открытых горных работах.
5. Опишите график организации и последовательности выполнения отдельных операций при производстве взрывов на подземных горных работах.
6. Порядок подачи звуковых сигналов при производстве взрывных работ.
7. На кого возлагается руководство взрывными работами?
8. Персонал для производства взрывных работ.
9. Расскажите о персоналах для работ связанных с хранением ВМ.
10. Опишите формулу расчета безопасного расстояния по действию воздушной волны.
11. Опишите формулу расчета безопасных расстояний по передаче детонации.
12. Опишите формулу расчета сейсмически безопасных расстояний при взрывах.

### ***Темы докладов для семинарских занятий***

1. Изучение расчета параметров разлета грунтового потока взрывами траншейных зарядов выброса в грунтовом массиве.
2. Определение параметров разлета грунтового потока взрывами на выброс методом математического моделирования.
3. Исследование основных параметров навала грунта, образовавшихся на бортах выемок взрывами, обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса.
4. Составление распорядка проведения массового взрыва на карьере Мурунтау ЦРУ НГМК.
5. Составление проекта на зарядание блока №17, гор. + 460 м на карьере Мурунтау ЦРУ НГМК.
6. Составление корректировочного расчета блока №17, гор. + 460 м на карьере Мурунтау ЦРУ НГМК.

## ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Норов Ю.Д., Раимжанов Б.Р. Лабораторные и практические работы по курсу буровзрывные работы. Учебное пособие. Навоий, 2004, - 233 с.
2. Шеметов П.А., Норов Ю.Д. Буровзрывные работы. Учебное пособие. Навоий, 2005, - 207 с.
3. Норов Ю.Д. Действие взрыва траншейных зарядов выброса в грунтах. Монография. Ташкент, «Фан». 2005. - 289 с.
4. Мальгин О.Н., Рубцов С.К., Шеметов П.А., Шлыков А.Г. Совершенствование технологических процессов буровзрывных работ на открытых горных работах. Монография. Ташкент, «Фан» 2003. - 199 с.
5. Справочник. Открытые горные работы./К.Н.Трубецкой, М.Г.Потапов, К.Е.Виницкий, Н.Н.Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994. - 590 с.
6. Физический энциклопедический словарь./Гл.ред.А.М.Прохоров. Ред.кол. Д.М.Алексеев, А.М.Бонч-Бруевич, А.С.Боровик-Романов и др. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 928 с.
7. Сытенков В.Н. Управление пылегазовым режимом в глубоких карьерах. Монография. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 288 с.
8. Горная энциклопедия в пяти томах. /Под ред. Е.А.Козловского. М.: Сов. Энциклопедия, 1984.
9. Шеметов П.А., Повышение эффективности использования георесурсного потенциала при разработке месторождений. Монография. Ташкент. «Фан». 2005. – 122 с.
10. Правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. Ташкент. 1995. – 126 с.
11. Воробьев А.Е., Батугин А.С., Фейт Г.Н. Физические, химические и биохимические процессы горного производства. Часть 1 – Физические процессы горного производства. Учебное пособие. М.: МГГУ. 2000. – 116 с.
12. Муродов М.М., Славин О.К., Норов Ю.Д. Моделирование динамических задач механики твердого деформируемого тела. Монография. Ташкент. «Фан». 1997. – 217 с.
13. Ракишев Б.Р., Винокуров Л.В. Пленгация источников возмущения в массиве горных пород. Монография. Алматы. НИЦ «Ғылым». 2002 – 236 с.
14. Ракишев Б.Р. Энергоемкость механического разрушения горных пород. Монография. Алматы. МПКП «Баспагер». 1998 – 210 с.
15. Нифадиев В.И., Калинина Н.М. Низкоплотные и сверхнизкоплотные взрывчатые смеси. Монография. Бишкек. «Илм». 1998. - 188 с.
16. Мальгин О.Н., Коновалов В.В., Лалак А.Г., Сытенков В.Н. Инструкция по безопасному проведению массовых взрывов на открытых горных работах Навоийского горно-металлургического комбината. Навоий. 2002. – 31 с.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ЛЕКЦИЯ 1. КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ</b> .....	4
1.1. Краткий очерк истории развития промышленных ВВ .....	5
1.2. Цель и основные задачи предмета .....	7
1.3. Основные сведения о физических, механических и горно- технологических свойствах горных пород .....	8
<i>Вопросы для повторения</i> .....	10
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	11
<b>ЛЕКЦИЯ 2. СПОСОБЫ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ ШПУРОВ И СКВАЖИН</b> .....	12
2.1. Цель и основные задачи .....	13
2.2. Назначение буровых работ .....	13
2.3. Классификация способов разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин. ....	14
<i>Вопросы для повторения</i> .....	17
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	17
<b>ЛЕКЦИЯ 3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ И МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ</b> .....	18
3.1. Цель и основные задачи .....	19
3.2. Основные технологические требования к буровзрывным работам .....	19
3.3. Технология ведения взрывных работ шпуровыми зарядами .....	20
3.4. Технология ведения взрывных работ скважинными зарядами ВВ .....	20
3.5. Технология ведения взрывных работ траншейными зарядами ВВ .....	21
3.6. Технология ведения взрывных работ котловыми зарядами .....	22
<i>Вопросы для повторения</i> .....	23
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	23
<b>ЛЕКЦИЯ 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ</b> .....	24
4.1. Цель и основные задачи .....	25
4.2. Классификация промышленных ВВ .....	25
4.3. Основные требования, предъявляемые к промышленным ВВ .....	28
<i>Вопросы для повторения</i> .....	29
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	30

<b>ЛЕКЦИЯ 5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ</b> .....	31
5.1. Цель работы.....	32
5.2. 1 группа - водостойчивые гранулированные ВВ .....	32
5.3. 2 группа - водонаполненные ВВ .....	33
5.4. 4- группа промежуточные детонаторы для инициирования малочувствительных ВВ .....	36
<i>Вопросы для повторения</i> .....	38
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	38

<b>ЛЕКЦИЯ 6. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ, КРОМЕ ШАХТ ОПАСНЫХ ПО ГАЗУ И ПЫЛИ</b> .....	39
6.1. Цель работы.....	40
6.2. Изучение состава основных энергетических показателей и область применения гранулированных водостойчивых ВВ Граммонит 79/21 В, Грануллиты АС-4 В и АС-8 В.....	40
6.3. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения гранулированные неводостойчивые ВВ Грамманиты 79/21 и 82/18; Гранулиты АС-4, АС-8, С-2, М; Игданит. ....	41
6.4. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения прессованных высокомошных водостойчивых ВВ в патронах Аммонит скальный № 1; .....	42
6.5. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водостойчивых ВВ повышенной мощности в патронах Аммонит скальный № 3 и Аммонал. ....	43
6.6. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных водостойчивых ВВ средней мощности в патронах и россыпью Аммонит № 6ЖВ и Динафталит. ....	43
6.7. Изучение состава, основных энергетических показателей и область применения порошкообразных высокомошных нетроглицирированных ВВ в патронах Детонит М и 10-А; .....	44
6.8. Изучение основных характеристик и область применения водонаполненных пластичных ВВ Акваниты ЗЛ, №16, АРЗ; Акванал №1. ...	44
<i>Вопросы для повторения:</i> .....	46
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	46

<b>ЛЕКЦИЯ 7. ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЕТОНАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ</b> .....	47
7.1. Цель работы.....	48
7.2. Понятие о физической сущности детонации промышленных ВВ .....	48
7.3. Изучение методов измерения скорости детонационной волны .....	50
7.4. Факторы, влияющие на скорость детонации зарядов ВВ. ....	51

7.5. Теплота и температура взрыва промышленных ВВ. ....	52
7.6. Свойства ядовитых газов, содержащихся в продуктах взрыва промышленных ВВ. ....	53
7.7. Определение объема и давления газов при взрыве промышленных ВВ. .	55
7.8. Кислородный баланс промышленных ВВ. ....	56
<i>Вопросы для повторения:</i> .....	58
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	58

## **ЛЕКЦИЯ 8. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ.**

<b>ФОРМА ПРЕВРАЩЕНИЯ ВВ И РАБОТА ВЗРЫВА.</b> .....	59
8.1. Цель работы.....	60
8.2. Изучение классификации промышленных взрывов. ....	60
8.3. Изучение формы взрывчатого превращения промышленных ВВ .....	61
8.4. Изучение работы и баланса энергии при взрыве промышленных ВВ. ....	62
8.5. Начальный импульс и его виды .....	64
<i>Вопросы для повторения:</i> .....	66
<i>Темы для семинарских докладов.</i> .....	66

## **ЛЕКЦИЯ 9. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВМ** .....

9.1. Цель работы.....	68
9.2. Периодическое испытание ВМ .....	68
9.3. Изучение испытания промышленных ВВ. ....	69
9.4. Определение скорости детонации промышленных ВВ. Метод Дотриша.	70
9.5. Определение работоспособности и бризантности промышленных ВВ. .	72
9.6. Испытания электродетонаторов. ....	76
9.7. Испытания ДШ.....	77
9.8. Испытания огнепроводных шнуров. ....	78
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	79
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	79

## **ЛЕКЦИЯ 10. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ВЗРЫВАНИЯ.**

<b>ИНИЦИИРУЮЩИЕ ВВ И ИХ ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ</b> .....	80
10.1 Цель работы.....	81
10.2. Капсюль-детонатор .....	83
10.3. Огнепроводный шнур .....	84
10.4. Средства зажигания ОШ.....	85
10.5. Электродетонаторы.....	86
10.6. Детонирующий шнур.....	90
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	92
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	93

<b>ЛЕКЦИЯ 11. ХРАНЕНИЕ, УЧЕТ И ВЫДАЧА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ</b>	94
11.1 Цель и основные задачи.....	95
11.2 Классификация и назначение складов ВМ .....	95
11.3 Изучение порядка учета ВМ .....	98
11.4 Ответственность за нарушение порядка хранения, учета и использования ВМ .....	104
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	107
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	107
<b>ЛЕКЦИЯ 12. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И УНИЧТОЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВМ</b>	109
12.1. Цель и основные задачи.....	110
12.2. Основные понятия о транспортировке ВМ .....	110
12.3. Перевозка ВМ железнодорожным транспортом .....	111
12.4. Перевозка ВМ водным транспортом .....	113
12.5. Перевозка ВМ ручной кладью .....	115
12.6. Перевозка ВМ автотранспортом, гужевым транспортом и вьюками .....	115
12.7. Порядок получения разрешения на право производства взрывных работ .....	118
12.8. Порядок получения свидетельства на приобретение или перевозку ВМ .....	119
12.9. Уничтожение ВМ.....	122
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	125
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	125
<b>ЛЕКЦИЯ 13. ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА В СРЕДЕ</b>	126
13.1. Цель и основные задачи.....	127
13.2. Классификация зарядов ВВ по способу приложения к взрываемому объекту .....	127
13.3. Действие взрыва в грунтовом массиве .....	128
13.4. Действие взрыва в горном массиве.....	130
13.5. Управление механизмом при разрушении горных пород взрывом .....	133
13.6. Классификация методов управления дроблением горных пород взрывом .....	135
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	136
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	137
<b>ЛЕКЦИЯ 14. МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ КУСКОВАТОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ</b>	138
14.1. Цель и основные задачи.....	139
14.2. Короткозамедленное взрывание .....	139
14.3. Взрывание в зажатой среде .....	141

14.4. Взрывание высоких уступов параллельно-сближенными скважинными зарядами .....	146
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	153
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	153

### **ЛЕКЦИЯ 15. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ**

<b>ПАРАМЕТРАХ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ</b> .....	154
15.1. Цель и основные задачи.....	155
15.2. Выбор диаметра скважины.....	155
15.3. Исследования и выбор рациональной сетки расположения скважин.	157
15.4. Выбор рациональной величины перебура .....	158
15.5. Величина сопротивления по подошве уступа .....	159
15.6. Выбор высоты уступа .....	160
15.7. Конструкция заряда на карьерах.....	161
15.8. Методика расчета параметров взрывных работ на карьерах.....	162
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	166
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	167

### **ЛЕКЦИЯ 16. СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫЕМОК В РАЗЛИЧНЫХ ГРУНТАХ ВЗРЫВАМИ НА ВЫБРОС** .....

168	
16.1. Цель и основные задачи.....	169
16.2. Способы образования удлиненных выемок в сухих грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса. ....	169
16.3. Способ образования удлиненных выемок во влажных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса .....	173
16.4. Способ образования удлиненных выемок в оплывающих песчаных грунтах взрывами обвалованных грунтом траншейных зарядов выброса. ...	175
16.5. Конструкции траншейных зарядов выброса в различных грунтах.....	177
<i>Вопросы для повторения.</i> .....	181
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	182

### **ЛЕКЦИЯ 17. МЕХАНИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ** .....

183	
17.1. Цель и основные задачи.....	184
17.2. Машины и механизмы для погрузочно-разгрузочных работ .....	184
17.3. Оборудование для растаривания ВВ.....	185
17.4. Оборудование для приготовления ВВ на месте их применения .....	185
17.5. Оборудование для заряжания осушения и забойки скважин .....	188
17.6. Вторичное дробление негабарита .....	188
<i>Вопросы для повторения</i> .....	192
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	192

<b>ЛЕКЦИЯ 18. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ</b> .....	193
18.1. Цель и основные задачи.....	194
18.2. Организация работы взрывника.....	194
18.3. Маркшейдерское обслуживание взрывных работ.....	194
18.4. Подготовка и производство взрывов.....	1957
18.5. Техника безопасности при взрывных работах.....	198
18.6. Персонал для взрывных работ.....	201
18.7. Безопасные расстояния.....	201
<i>Вопросы для повторения</i> .....	206
<i>Темы докладов для семинарских занятий</i> .....	207

**ЛИТЕРАТУРА**..... **Ошибка! Закладка не определена.**