

Взрывные работы

- **Взрыв** -это протекающая в веществе со сверхзвуковой скоростью химическая (в основном, окислительная) реакция, сопровождающаяся образованием большого количества газов и значительным выделением тепла, в результате чего газы нагреваются до высокой температуры и в месте нахождения ВВ развивается высокое давление.

- Скорость реакции достигается за счет процесса **детонации** – чрезвычайно быстрого распространения по ВВ со сверхзвуковой скоростью ударной волны, которая характеризуется резким скачкообразным изменением параметров вещества – давления, плотности, температуры.
- За фронтом ударной волны идет зона химической реакции, шириной от долей мм до нескольких см.
- Скорость волны от 2 до 8 км/сек.

- **Взрывчатыми веществами** называют смеси и химические соединения, способные под влиянием внешнего воздействия (нагрева, удара, трения и т. д.) чрезвычайно быстро превращаться в другие соединения с образованием большого количества тепла и газов.

Свойства ВВ

- Работоспособность ВВ - характеризует способность взрывчатого вещества производить механическую работу по разрушению и отрыву породы от массива. Она зависит от объема газов и количества тепла, образующегося при взрыве.
- Бризантность ВВ - характеризует способностью взрывчатого вещества производить дробящее действие (дробление породы на большие или меньшие обломки). Зависит она, главным образом, от скорости взрыва.

- Чувствительность ВВ - это степень их восприимчивости к различным внешним воздействиям: тепловому /огонь, искре, повышение температуры/, механическому /удар, трение/, а также к передаче детонации.
- Кислородный баланс – это соотношение окислителя и горючих компонентов (С,Н, АI) в составе ВВ. Может быть **отрицательным** (недостаток окислителя), **положительным** (избыток окислителя) и **нулевым**.

Классификация ВВ

- ВВ, предназначенные для взрывных работ для производственных целей, называют *промышленными*.
- По составу ВВ подразделяются на химические соединения, в молекулах которых содержатся горючие элементы и окислитель, и смесевые, представляющие механическую смесь твердых, жидких или газообразных компонентов.

- По *агрегатному состоянию* промышленные ВВ классифицируют на порошкообразные, гранулированные, прессованные, литые и водонаполненные (жидкие).
- По характеру воздействия на окружающую среду ВВ делятся на две группы: *бризантные* (дробящие) и *метательные* (пороха).
- Среди бризантных ВВ в особую группу выделяют обладающие высокой чувствительностью *инициирующие* ВВ

Бризантные ВВ

- Аммиачно-селитренные ВВ — механические смеси **аммиачной селитры** (NH_4NO_3) с горючими материалами (древесной мукой, опилками), алюминием или нитросоединениями.
- К аммиачно-селитренным ВВ относятся **аммониты**, широко используемые в горном деле при производстве взрывных работ.

ВВ типа химических соединений

- ВВ этого типа содержат связанные с атомами углерода нитрогруппы (NO_2) или нитратные группы (NO_3).
- К этой группе относят тротил $\{\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3\}$, динамиты, нитроглицерин $\{\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3\}$ и др.

Метательные ВВ

- Пороха. В зависимости от состава компонентов различают дымный и бездымный пороха.
- Дымный (черный) порох состоит из смеси серы, калиевой (реже натриевой) селитры и древесного угля.
- Выпускается порох для взрывных работ (при добыче штучного камня) и шнуровой порох для изготовления огнепроводного шнура. Опасен в обращении, легко взрывается от искры, имеет сравнительно небольшую скорость взрыва (100—400 м/с).

Иницирующие ВВ.

- К иницирующим относят ВВ, легко детонирующие под действием начального импульса (пламя, искра, трение, удар) и вызывающие при этом детонацию промышленных ВВ. Они применяются для производства капсулей-детонаторов и детонирующего шнура.
- Иницирующие ВВ обладают высокой чувствительностью к внешним воздействиям.
- Их делят условно на первичные и вторичные иницирующие ВВ.

- Первичные инициирующие ВВ, воспринимая тепловую энергию, передают ее в виде детонации заряду вторичного инициирующего ВВ. К ним относятся гремучая ртуть, азид свинца.
- Вторичные инициирующие взрывчатые вещества усиливают детонацию первично инициирующего ВВ и передают ее основному заряду ВВ. К этой группе относятся тетрил, гексоген, ТЭН.

Расчет ВВ

- *Заряд* — это определенное количество ВВ в шпуре, подготовленное к взрыву.
- Для расчета шпурового заряда ВВ необходимо:
 - 1) определить удельный расход ВВ на 1 м³ породы;
 - 2) рассчитать расхода ВВ на одну заходку,
 - 3) рассчитать заряд каждого шпура.

Удельный расход ВВ

- Удельный расход ВВ определяется по формуле М.В. Покровского

$$q = q_1 c e w, \text{ кг/м}^3$$

где : q_1 – нормальный удельный расход ВВ, e – работоспособность ВВ, w – коэффициент зажима породы, c – структурный коэффициент .

Расход ВВ на одну заходку

- Определяется по формуле

$$Q_{зах} = q V_{зах}, \text{ кг}$$

где $V_{зах}$ объем взорванной породы за одну заходку

$$V_{зах} = l_{зах} S, \text{ м}^3$$

где $l_{зах}$ - длина заходки, S – площадь забоя выработки

Заряд шпуров

- Шпуровой заряд для канав одинаковый во всех шпурах

$$q_{шп} = Q_{зах} / N , кг$$

где N – количество шпуров на забое.

- Шпуровые заряды врубовых шпуров в подземных выработках увеличены на 20 – 30 % по сравнению с отбойными и вспомогательными.
- Масса шпуровых зарядов определяется по уравнению

$$Q_{\text{зах}} = q_{\text{вр шп}} n_{\text{вр}} + q_{\text{отб шп}} n_{\text{отб}}, \text{ кг}$$

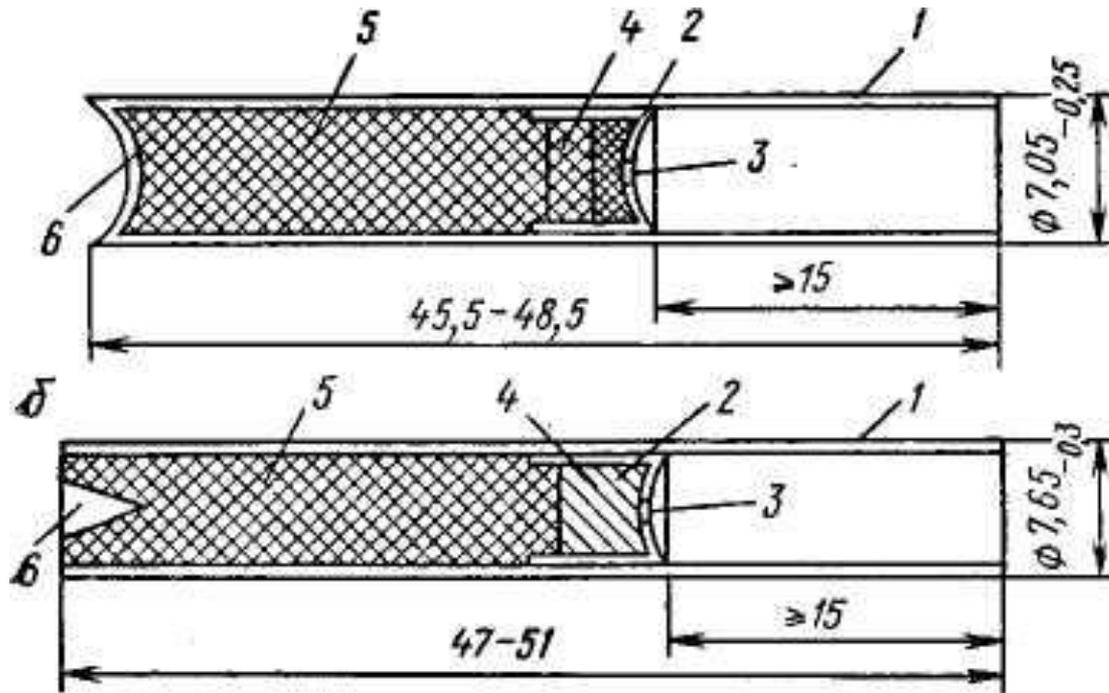
где $q_{\text{вр шп}}$ - масса врубового шпура, $n_{\text{вр}}$ - количество врубовых шпуров, $q_{\text{отб шп}}$ - масса отбойного (вспомогательного) шпура, $n_{\text{отб}}$ - количество отбойных и вспомогательных шпуров.

Средства взрывания

К средствам взрывания относят:

- при **огневом** взрывании - огнепроводный шнур, средства его поджигания и капсули-детонаторы;
- при **электрическом** - электропроводный шнур, источники тока и капсули-электродетонаторы.
- при **детонирующем** - детонирующий шнур и средства его инициирования (капслюль- или электродетонатор).

Капсюль-детонатор

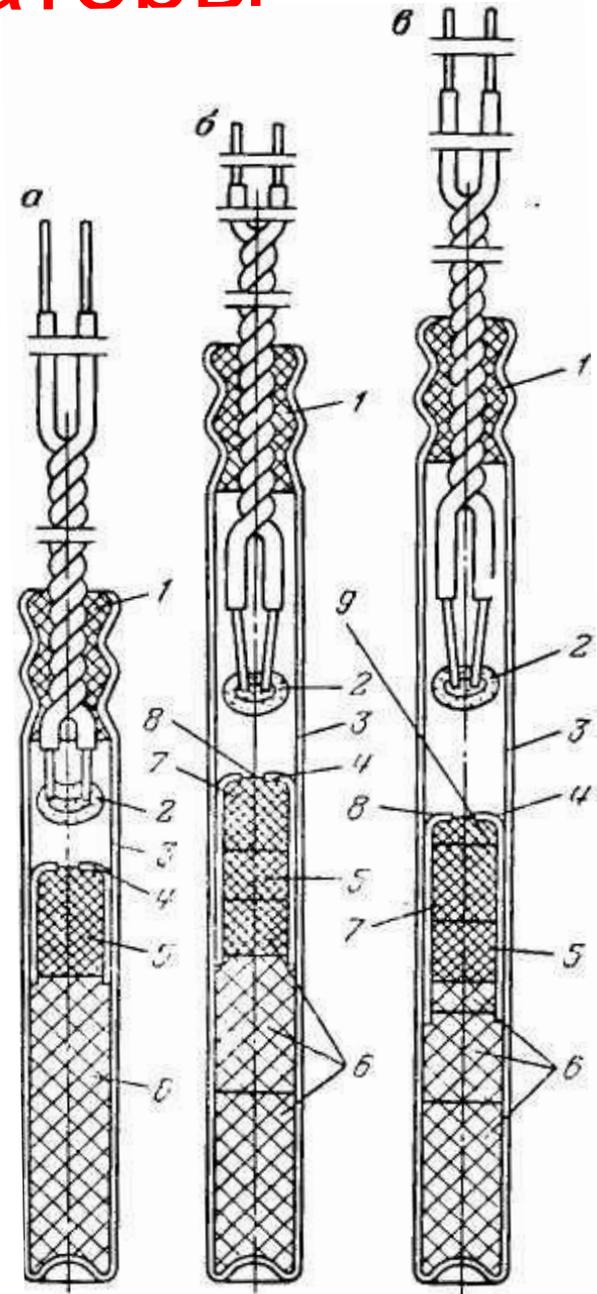


Капсюль-детонатор:

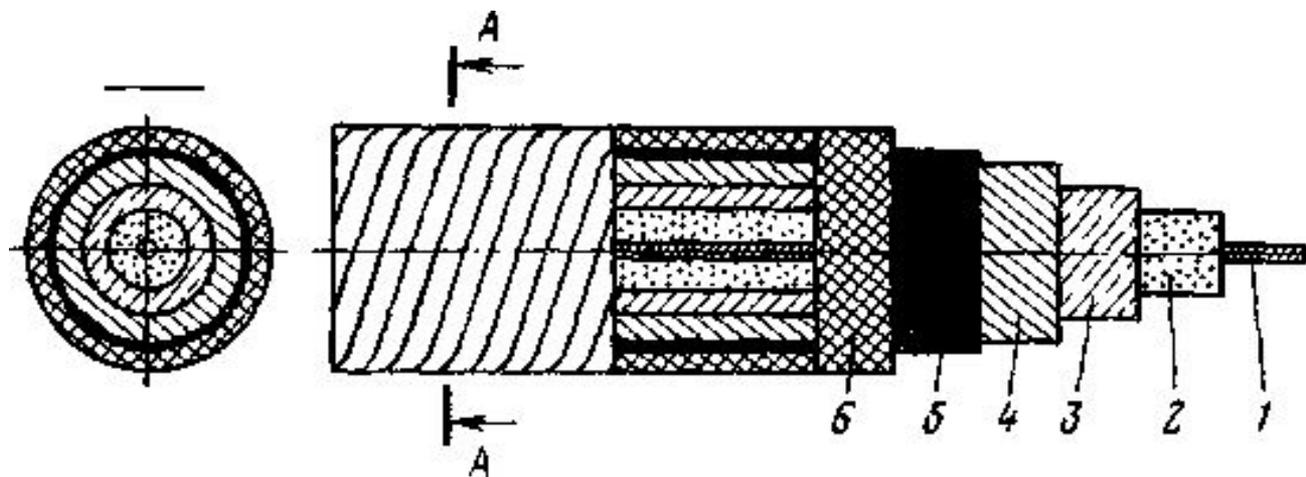
а, б — в металлической и бумажной гильзах; 1 — гильза; 2 — чашечка; 3 — отверстие; 4, 5 — первичный и вторичный инициаторы; 6 — доньшко, вогнутое для концентрации энергии взрыва

Электродетонаторы

- *а, б, в* — мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия соответственно; *1* — пластиковая пробка; *2* — электровоспламенитель; *3* — гильза детонатора-*4* — чашечка; *5, 6* — первичное и вторичное инициирующее ВВ; *7, 9* — замедленный и зажигательный составы; *8* — шелковая сетка
- время замедления
- 25-250 мс
- 0,5-10 с



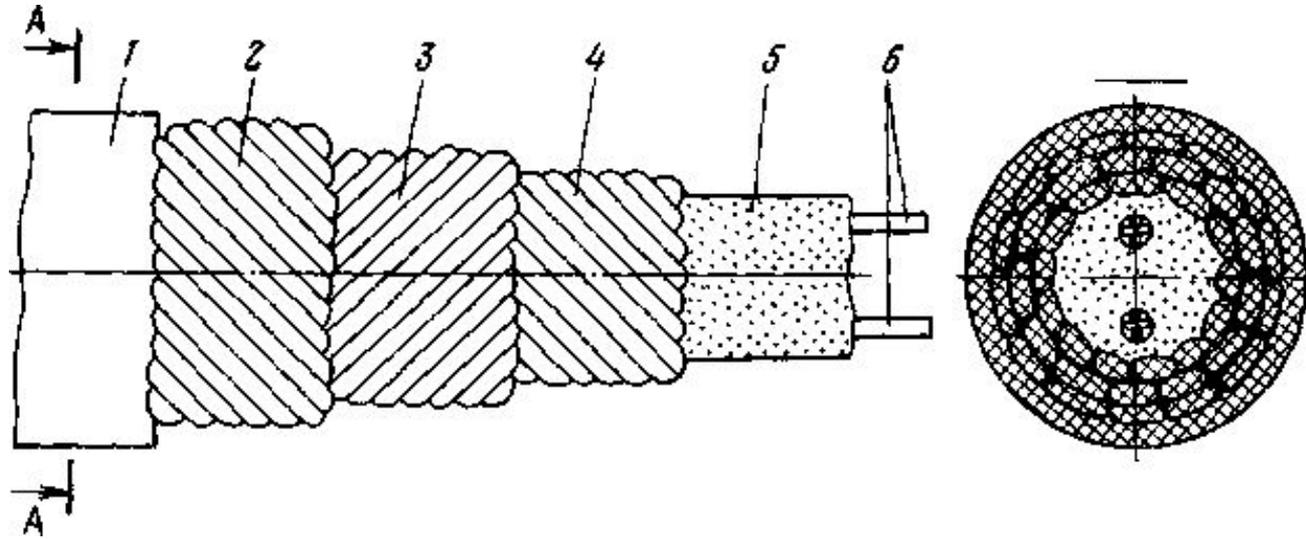
Огнепроводный шнур



Огнепроводный шнур марки ОША:

- 1 — направляющая нить; 2 — сердцевина из дымного пороха; 3, 4, 6 — первая, вторая и третья оплетки соответственно; 5 — водоизолирующее покрытие
- Скорость горения: 0,5 – 1,0 см/сек, диаметр 5-6 мм

Детонирующий шнур



Детонирующий шнур марки ДШВ:

- 1, 2, 3 — полихлорвиниловая, хлопчатобумажная и льняная оплетки соответственно; 4 — полиэтиленовая пленка, 5 — взрывчатая смесь из тэна; 6 — направляющие нити.

Способы взрывания

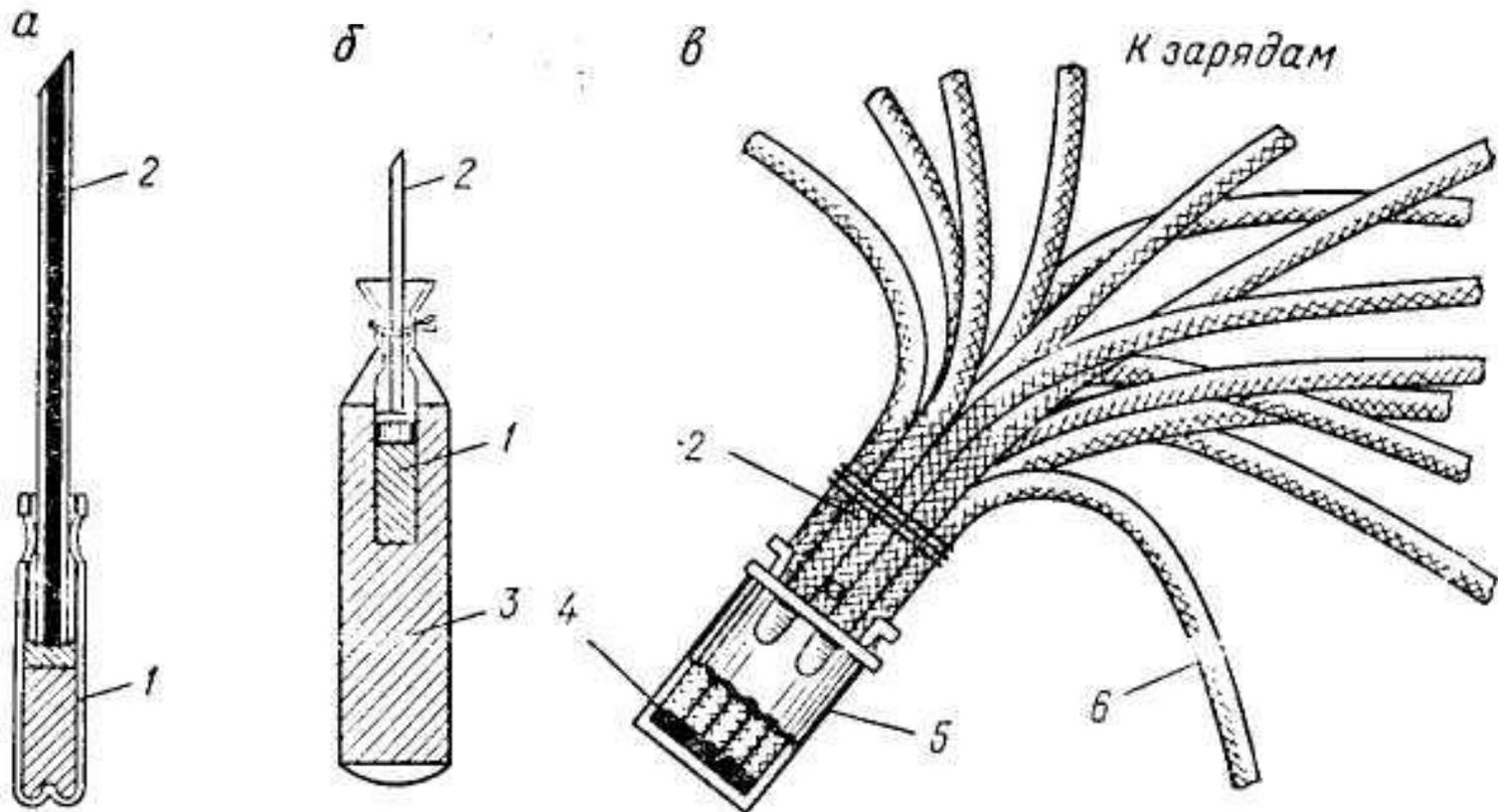
- Существует три основных способа подрыва зарядов:
- **огневой,**
- **электрический,**
- **детонация.**
- Выбор того или иного из них обусловлен с одной стороны доступностью средств взрывания, а с другой – условиями и требованиями техники безопасности.

Огневое взрывание

- Запрещается применение этого способа в выработках опасных по газу и пыли, в вертикальных и крутонаклонных горных выработках
- Для *огневого взрывания* зарядов необходимо:
- нарезать огнепроводный шнур на отрезки заданной длины,
- изготовить зажигательные трубки,
- изготовить патроны-боевики,
- произвести зарядание и забойку шпуров,
- зажечь отрезки ОШ, подсоединенные к патронам-боевикам,
- уйти в безопасное укрытие.

- **Зажигательная трубка** – капсуль-детонатор, в который вставлен отрезок огнепроводного шнура, необходимой длины.
- **Патрон-боевик** при огневом взрывании представляет обычный патрон ВВ, в который вставлена зажигательная трубка. Патрон-боевик вызывает взрыв всего заряда ВВ.

- Зажигательная трубка (а), патрон-боевик (б) и зажигательный патрон (в):
- 1-КД; 2-ОШ; 3 — патрон ВВ- 4 - воспламенительный состав; 5 —бумажная гильза; 6 — воспламеняющий отрезок

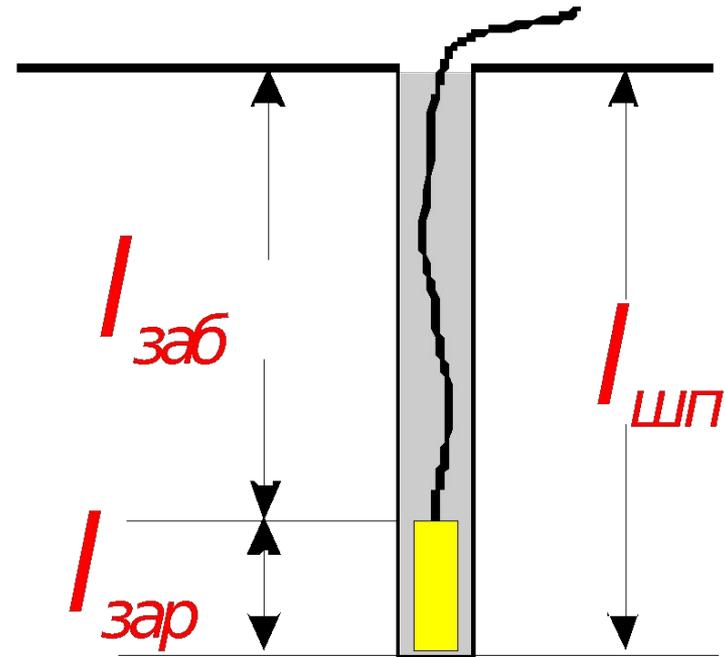


- Достоинства огневого взрывания — простота способа, легкость обеспечения, надежность взрывания зарядов в определенной последовательности, низкая стоимость.
- Недостатками являются относительная опасность (нахождение взрывника непосредственно на месте производства взрыва), невозможность проверки качества подготовки взрыва, затрудненность взрывания групп зарядов. Не исключен преждевременный подбой одного заряда другим.

- После заряжания шпура свободную часть зарядной камеры заполняют забоечным материалом.
- В качестве забойки для шпуров лучше всего применять песчано-глинистую смесь или песок. Забойка необходима для создания сопротивления выходу газообразных продуктов, образующихся при взрыве ВВ.

Расчет длины зарядки и забойки

- Длина зарядки – длина заряда ВВ
- Длина забойки – вся свободная от заряда ВВ часть шпура



$$I_{\text{заб}} = I_{\text{шп}} - I_{\text{зар}}$$

$$I_{\text{заб}} \geq 30\% I_{\text{шп}}$$

Расчет длины огнепроводного шнура

- Длина отрезка огнепроводного шнура равна
$$l_{\text{заб}} + 15 \text{ см}$$
- Общая длина отрезка огнепроводного шнура **не может быть менее 100 см.**
- Длина отрезка огнепроводного шнура за пределами шпура **не может быть менее 15 см.**
- Необходимая очередность взрыва зарядов ВВ достигается изменением длины отрезков ОШ в зажигательных трубках или последовательностью их зажигания.

- Зажигание группы шнуров в забое осуществляют отрезком ОШ, имеющим надрезы через 5—6 см; тлеющим фитилем из льняных или хлопчатобумажных нитей, пропитанных раствором калиевой селитры; зажигательной свечой (бумажная гильза, наполненная с одной стороны горючим составом) общим временем горения 1, 2 и 3 мин или зажигательным патроном.

- Взрывнику за одну "отпалку" разрешается поджигать **не более 16 отрезков** огнепроводного шнура.
- Зажигательный патрон применяют для группового зажигания 10—38 отрезков ОШ. Он представляет собой бумажный стаканчик, на дне которого размещен в виде лепешки пороховой воспламенительный состав. Одновременно в патрон вводят короткий (15—30 см) воспламеняющий отрезок шнура.

Электрическое взрывание

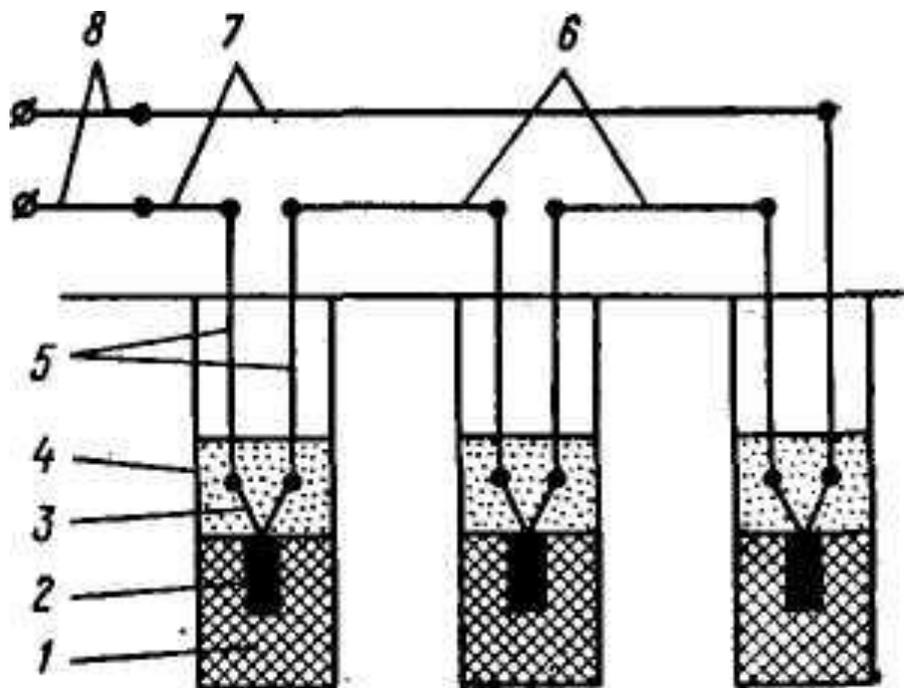
Для *электрического взрывания* зарядов необходимо:

- Проверить электродетонаторы,
- Подготовить магистраль,
- Изготовить патроны-боевики,
- Произвести зарядание и забойку шпуров,
- Смонтировать и проверить электровзрывную сеть,
- Произвести взрыв.

- Электрический способ взрывания может применяться в любых выработках,
- Количество одновременно взрывааемых шпуров не ограничивается,
- Способ несколько сложнее огневого, требует применения специального оборудования,
- Значительно безопаснее других.

- Расчет электровзрывной сети сводится к определению общего сопротивления сети R и силы тока, проходящего через ЭД, который не может быть меньше гарантийного тока при групповом взрывании.
- Расчетное сопротивление сети не должно превышать нормы, установленные для каждого взрывного прибора.

Схема последовательного соединения электровзрывной сети



- 1 — заряд ВВ; 2 — ЭД; 3 — выводной провод электродетонатора; 4 — забойка; 5, 6, 7, — соединительные провода, 8 — магистральные провода

Расчет сопротивления взрывной цепи для последовательного соединения

- Общее сопротивление цепи ($R_{\text{общ}}$)

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + n R_{\text{д}}, \text{ где}$$

- $R_{\text{м}}$ - сопротивление магистральных проводов;
- $R_{\text{с}}$ - сопротивление соединительных проводов;
- $n R_{\text{д}}$ – сопротивление всех электродетонаторов

- Сопротивление проводов

$$R = \rho l/S, \text{ где}$$

ρ – удельное сопротивление провода;

l – длина провода, м;

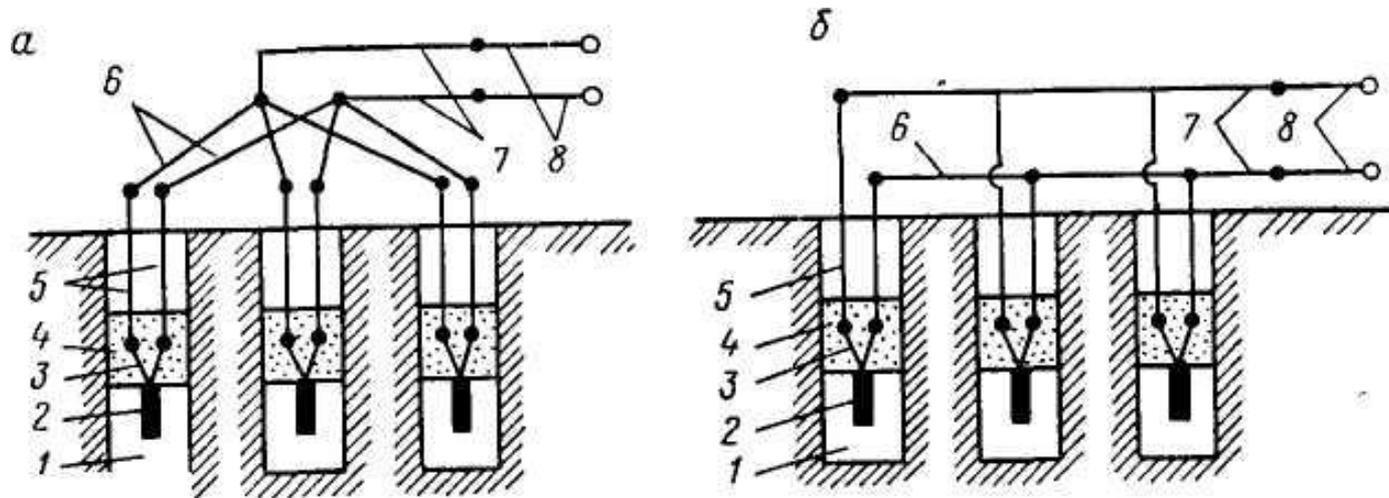
S – сечение провода

- Сила тока

$$I = U/R_{\text{общ}}, \text{ где}$$

- I – сила тока (не менее 1-2,5 а)

Схема параллельного соединения электровзрывной сети



а - пучковое; б — параллельно-ступенчатое;
1 - 8 — то же, что на предыдущем рисунке

Расчет сопротивления взрывной цепи для параллельного соединения

- Общее сопротивление цепи ($R_{\text{общ}}$)

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + R_{\text{д}}/n, \text{ где}$$

- $R_{\text{м}}$ - сопротивление магистральных проводов;
- $R_{\text{с}}$ - сопротивление соединительных проводов;
- $R_{\text{д}}/n$ – сопротивление всех электродетонаторов и концевых проводов (5,6 на рис).
- Условие безотказного взрывания

$$I_{\text{д}} > I_{\text{г}}$$

$I_{\text{г}}$ (гарантийный ток срабатывания электродетонатора) не менее - 1,0 – 2,5 а

- Монтаж взрывной сети начинают только после полного окончания зарядания зарядов и забойки всех шпуров или скважин.
- Монтаж производят всегда от зарядов к источнику тока.