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 (C,H, Al) 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 {$C_6H_2(NO_2)_3CH_3$}, динамиты, нитроглицерин {$C_3H_5(ONO_2)_3$} 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).

Инициирующие ВВ.

- К инициирующим относят ВВ, легко детонирующие под действием начального импульса (пламя, искра, трение, удар) и вызывающие при этом детонацию промышленных ВВ. Они применяются для производства капсюлей-детонаторов и детонирующего шнура.
- Инициирующие ВВ обладают высокой чувствительностью к внешним воздействиям.
- Их делят условно на первичные и вторичные инициирующие 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 $м^3$ 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

$$q = q_1 c\, e\, w, \quad кг/м^3$$

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

$$Q_{зах} = q\, V_{зах},\ кг$$

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

$$V_{зах} = l_{зах}\, S,\quad м^3$$

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

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

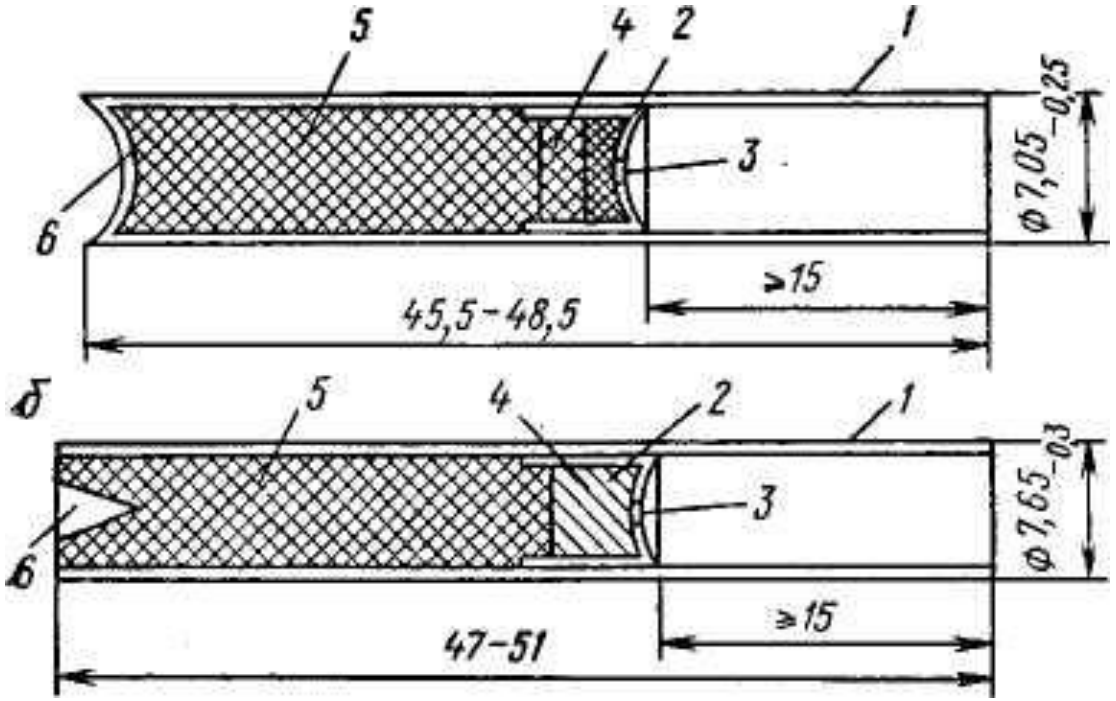
где $q_{вр\ шп}$ - масса врубового шпура, $n_{вр}$ - количество врубовых шпуров, $q_{отб\ шп}$ - масса отбойного (вспомогательного) шпура, $n_{отб}$ - количество отбойных и вспомогательных шпуров.

Средства взрывания

К средствам взрывания относят:

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

Капсюль-детонатор



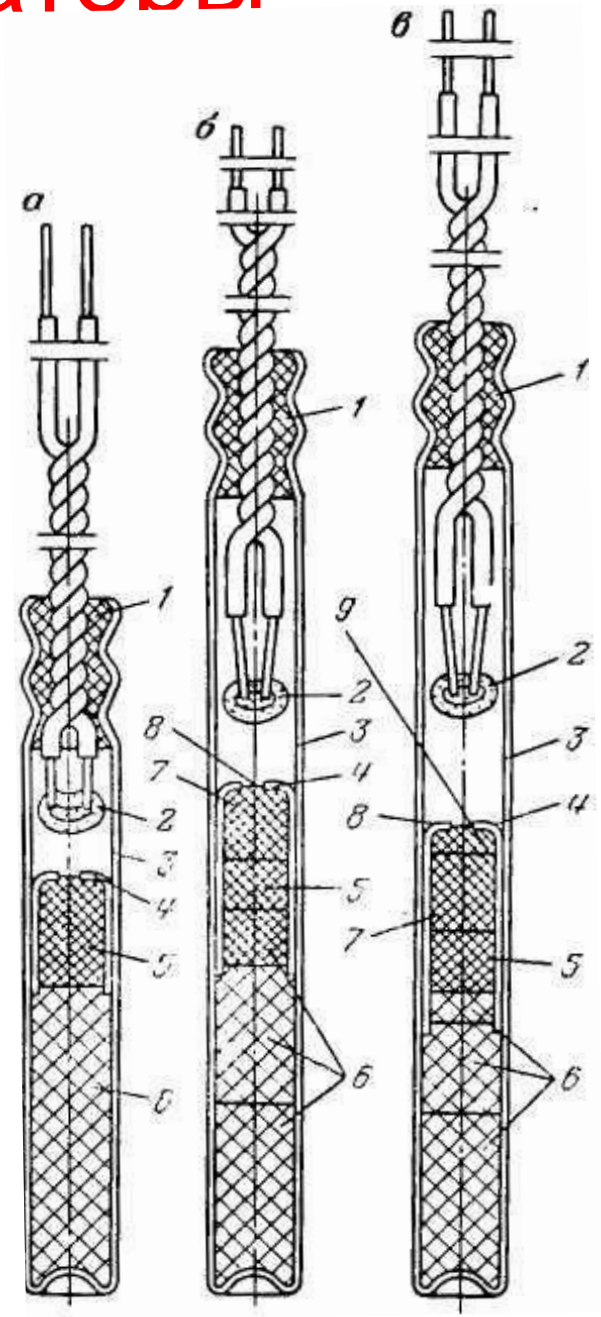
Капсюль-детонатор:

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

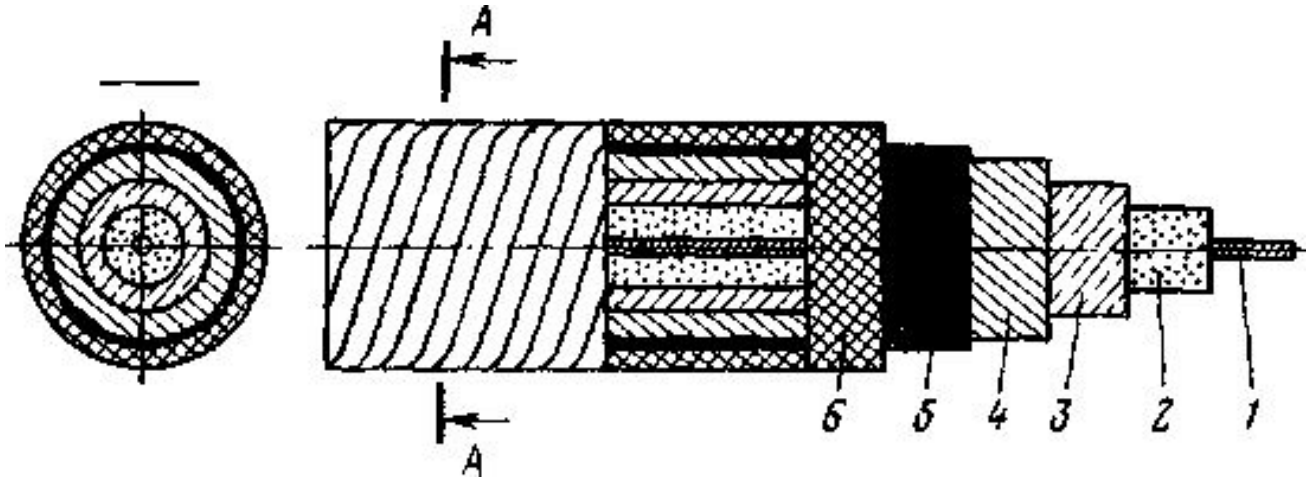
Электродетонаторы

- *а, б, в* — мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия соответственно; *1* — пластикатная 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



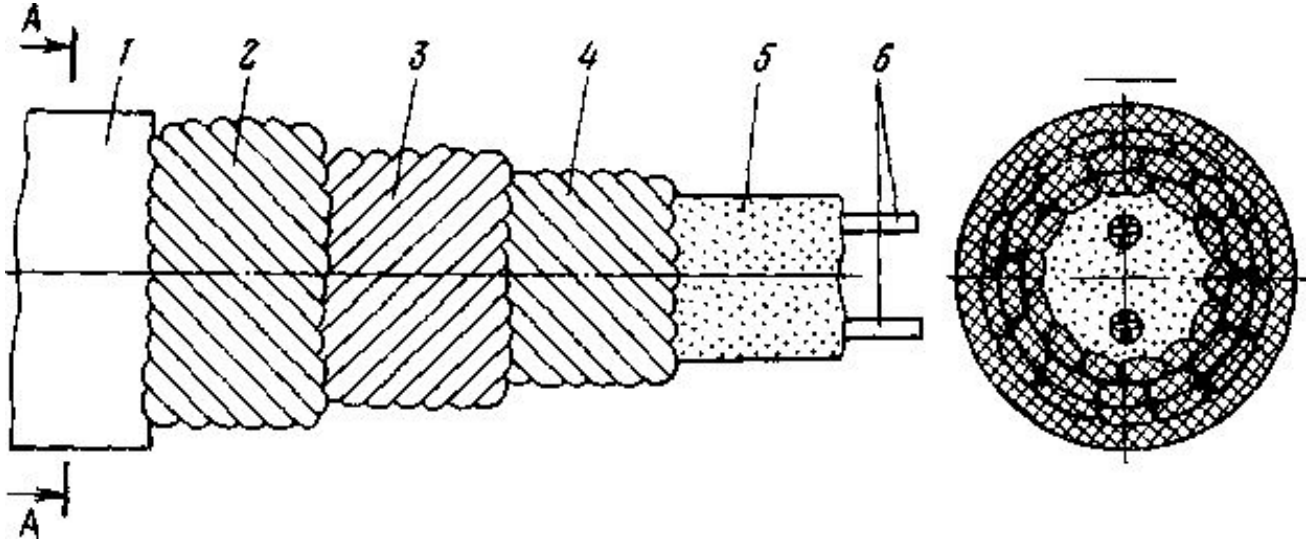
Огнепроводный шнур



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.

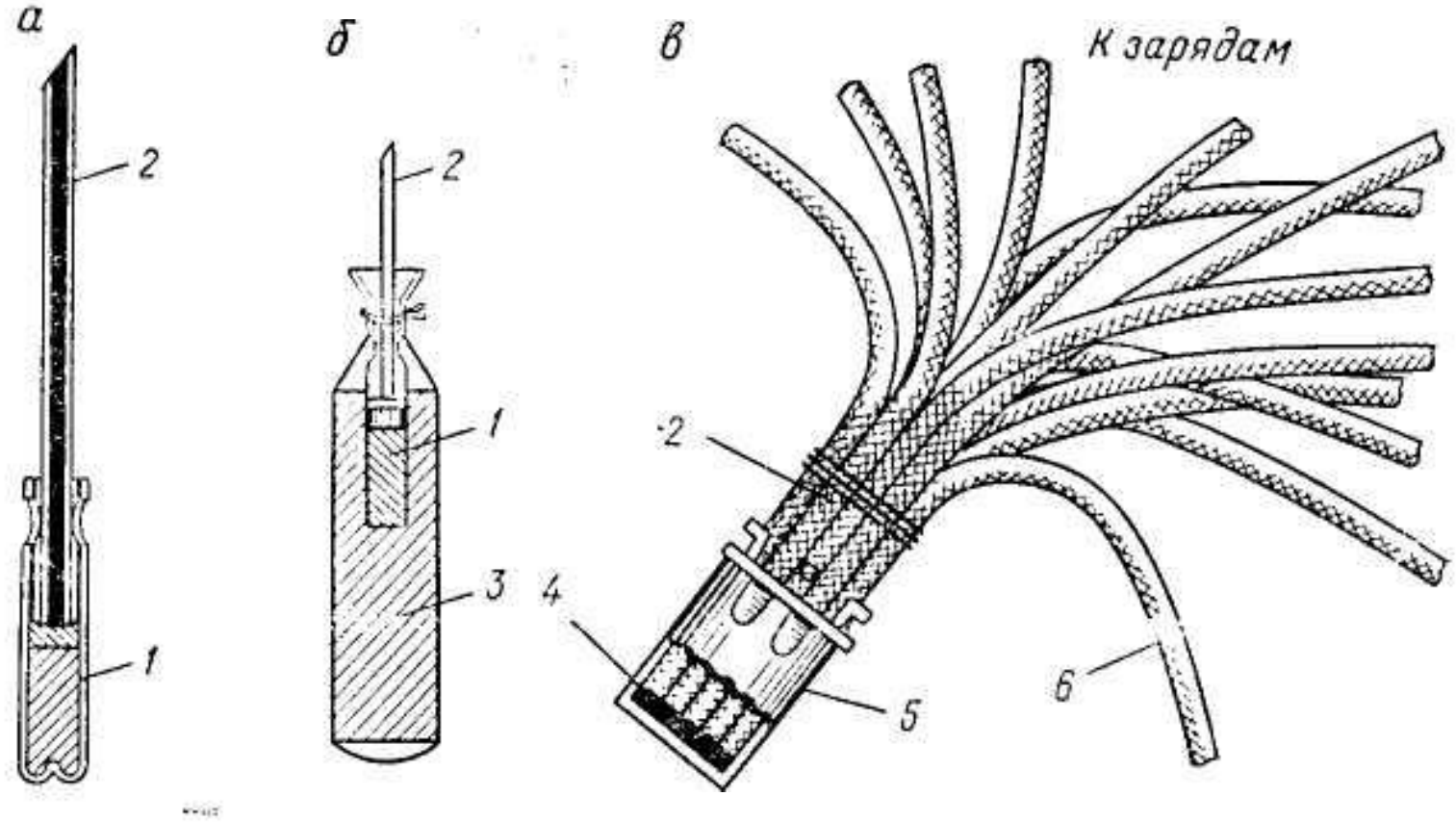
Огневое взрывание

- 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 заряжание и забойку шпуров,
- зажечь отрезки ОШ, подсоединенные к патронам-боевикам,
- уйти в безопасное укрытие.

- Зажигательная трубка – капсюль-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* - вос-пламенительный состав; 5 —бумажная гильза; *6* — воспламеняющий отрезок



- Достоинства огневого взрывания — простота способа, легкость обеспечения, надежность взрывания зарядов в определенной последовательности, низкая стоимость.

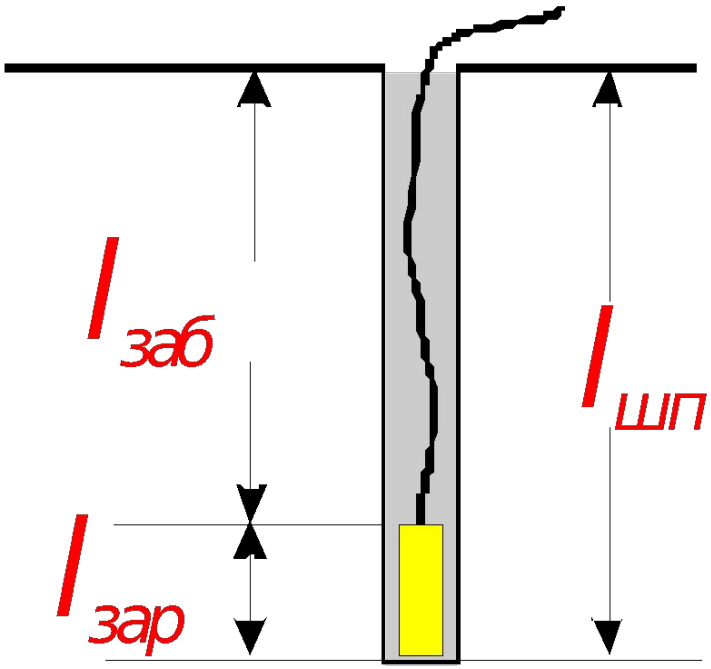
- Недостатками являются относительная опасность (нахождение взрывника непосредственно на месте производства взрыва), невозможность проверки качества подготовки взрыва, затрудненность взрывания групп зарядов. Не исключен преждевременный подбой одного заряда другим.

- 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



$$l_{заб} = l_{шп} - l_{зар}$$

$$l_{заб} \geq 30\% \; l_{шп}$$

Расчет длины огнепроводного шнура

- Длина отрезка огнепроводного шнура равна

$$l_{заб} + 15 \text{ см}$$

- 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 хлопчато-бумажных 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:

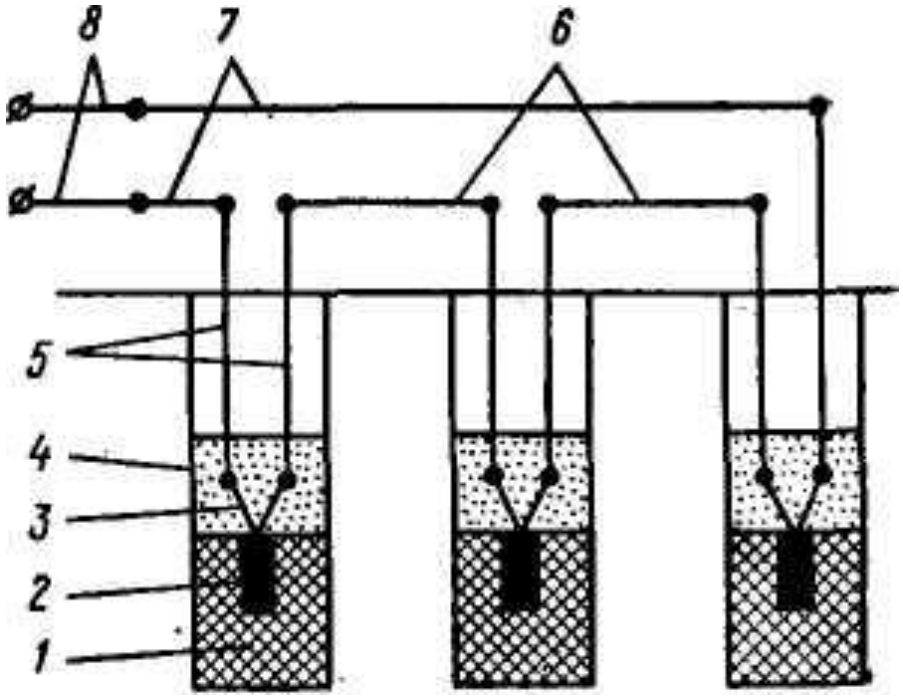
- Проверить электродетонаторы,
- Подготовить магистраль,
- Изготовить патроны-боевики,
- Произвести заряжание и забойку шпуров,
- Смонтировать и проверить электровзрывную сеть,
- Произвести взрыв.

- Электрический способ взрывания может применяться в любых выработках,
- Количество одновременно взрываемых 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 предельные нормы, установленные для каждого взрывного прибора.

Схема последовательного соединения электровзрывной сети



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

Расчет сопротивления взрывной цепи для последовательного соединения

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

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

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

- Сопротивление проводов

$$R = \rho\, l/S\,,$$ где

ρ – удельное сопротивление провода;

l – длина провода, м;

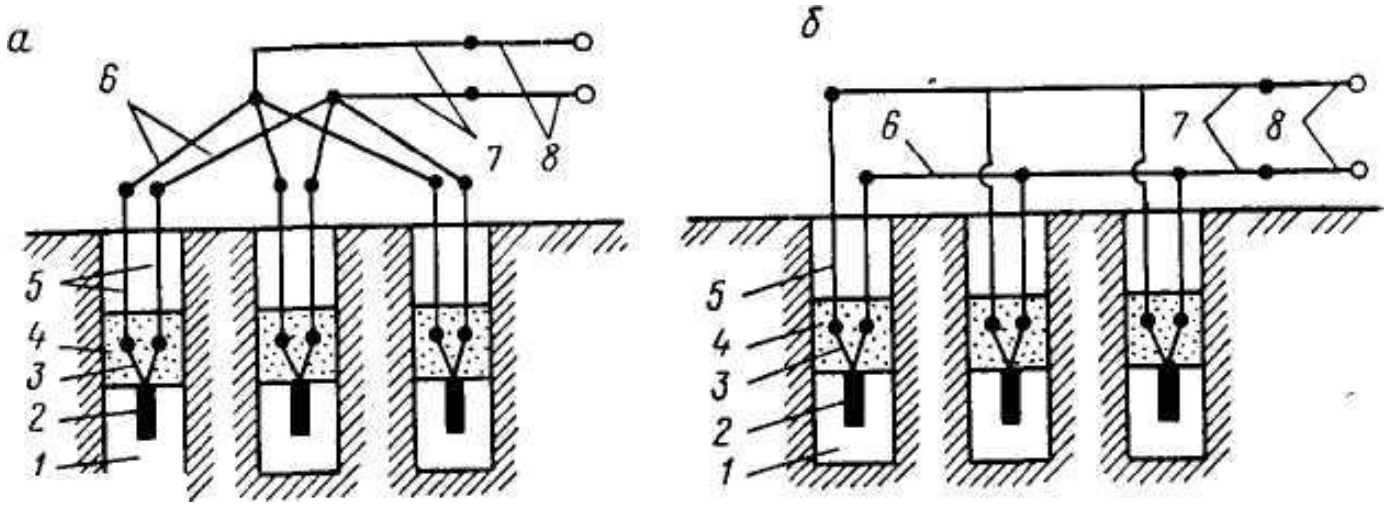
S – сечение провода

- Сила тока

$$I = U/R_{общ},$$ 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 ($R_{общ}$)

$$R_{общ} = R_м + R_с + R_д/n \text{ , где}$$

- $R_м$ - сопротивление магистральных проводов;
- $R_с$ - сопротивление соединительных проводов;
- $R_д/n$ – сопротивление всех электродетонаторов и концевых проводов (5,6 на рис).
- Условие безотказного взрывания

$$I\,д > I\,г$$

$I\,г$ (гарантийный ток срабатывания электродетонатора) не менее - 1,0 – 2,5 а

- Монтаж взрывной сети начинают только после полного окончания заряжания зарядов и забойки всех шпуров или скважин.

- Монтаж производят всегда от зарядов к источнику тока.