

Министерство образования Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

В.И. Телешев, Н.Б. Колосова

# **Технология общестроительных работ**

(конспект лекций)

Раздел 2. Технология буровзрывных работ

Санкт-Петербург  
2003 г.

## Введение

Технология строительства является научной дисциплиной о способах и средствах выполнения строительно-монтажных работ в период строительства различных сооружений.

Она отвечает на вопросы, "Как и какими способами, осуществлять данные строительно-монтажные работы?". Эффективность строительства во многом зависит от уровня технологии работ, от умения инженеров строителей использовать и внедрять наиболее эффективные технологические схемы и механизацию.

Инженеры-строители предназначены в основном для работы в строительных, проектных научных и эксплуатационных организациях имеющих отношение к строительству.

Для инженеров-строителей, работающих непосредственно на строительстве или ремонте сооружений, дисциплина "Технология" является основной профилирующей дисциплиной и здесь важность этой дисциплины наиболее очевидна.

Но и работа в проектных и научных организациях на конструкторской, расчётной или исследовательской работе требует от инженера-строителя ясного представления о способах, технических и производственных возможностях выполнения той или иной проектируемой и исследуемой конструкции и их учёта при проектировании.

При изучении технологии отдельных видов работ основное внимание необходимо уделять не просто вопросу, как и чем, выполнять данную работу, а физической сущности процесса, факторам, влияющим на эффективность его применения и рабочему обоснованию параметров этого процесса с возможной их оптимизацией.

При изучении "технологии" необходимы знания и умения, приобретённые студентами в процессе освоения курсов строительных материалов, механики грунтов, конструкций сооружений, техники безопасности. Курс тесно связан с дисциплинами "организация и планирование строительства" и "экономики строительства". Эти курсы взаимно дополняют друг друга.

Трудности изучения дисциплины "технология" связаны с тем, что это - первая дисциплина, связанная непосредственно с производством. Многие студенты ни разу не были на стройках, не видели многих строительных машин и технологических процессов. Для облегчения усвоения учебного материала предполагается использовать технические средства обучения, компьютерную технологию обучения с демонстрацией аудио видео материалов.

Большая роль отводится лабораторным, курсовым работам и проектам и производственным практикам.

Таким образом, целью обучения студентов по данному курсу является:

1. Знание методов выполнения различных видов работ, средств механизации, технологических схем, физической сущности процессов, основных параметров процессов, факторов влияющих на эффективность процессов, областях их применения.
2. Умение выбрать и обосновать методы производства работ, подобрать машины для их выполнения, составлять технологические карты, сравнивать варианты технологии и механизации и на этой основе выбирать наиболее эффективные, оценивать технологичность конструкции, пользоваться справочной литературой.
3. Получение производственного опыта творческой работы по выполнению п. 2 на основе выполнения упражнений, курсовых работ, прохождения

производственной практики.

Дисциплина «Технология общестроительных работ» изучается на всех специальностях строительного профиля ИСФ.

Настоящая работа представляет собой краткий конспект лекций по этой дисциплине, читаемой авторами на ИСФ и предназначенной для студентов ИСФ в помощь при выполнении курсовых работ и проектов и при подготовке и сдаче экзаменов.

Весь курс лекций разбит на отдельные части и разделы, в соответствии с учебным планом и программами, и их публикация в электронном виде, предполагается отдельно по мере их готовности. Графический материал готовится специально для лекций в упрощенном виде удобном для воспроизведения их студентами.

Данный выпуск относится к 1 разделу «Технология разработки мягких грунтов».

В подготовке раздела к электронному изданию активное участие принимали студенты 4 курса ИСФ Богач Д.Б., Цицулко Д.И., Кемниц А.П., Полукарова. Е.М., Павлова А.В., за что автор выражает им глубокую благодарность.

## Тема 5.

### Буровые работы

- 5.1. Общий состав процесса.
- 5.2. Способы бурения.
- 5.3. Механические способы бурения.
  - 1. Ударное бурение.
  - 2. Ударно-поворотное.
  - 3. Ударно-вращательное.
  - 4. Вращательное колонковое.
  - 5. Вращательное роторное.
  - 6. Вращательное шнековое.
- 5.4. Физические способы бурения.
  - 1. Термический.
  - 2. Гидравлический.
  - 3. Электрогидравлический.
  - 4. Электро-звуковой.

## Буровые работы.

### 5.1. Общий состав процесса.

Первоначально разработка скальных и мерзлых пород осуществляется предварительным рыхлением. Предварительное рыхление производится с помощью взрывов с использованием различных взрывчатых веществ (ВВ)

Общий состав работ представляет следующую последовательность:

- бурение - подготовка выработки для закладки заряда ВВ
- зарядание - закладка заряда
- взрыв - взрыв заряда и разрушение породы
- разработка грунта - уборка разрушенной породы

Для закладки зарядов выполняют выработки различных видов (скважины, шпуры, шурфы и др.)

Скважины представляют собой цилиндрические выработки в породах диаметром  $D > 75$  мм, глубиной  $> 5$  м.

Выработки диаметром  $D < 75$  мм, глубиной  $< 5$  м – называют шпурами.

Работа по проходке скважин и шпуров называются бурением – буровыми работами.

### 5.2. Способы бурения.

Способы бурения делятся на механические и физические.

Механические способы бурения основаны на следующих воздействиях:

- Ударное разрушение с возможным последующим скалыванием при повороте или вращении бура;
- Силовое резание под воздействием осевой нагрузки и крутящего момента, вызывающих постоянное скалывание.

В зависимости от вида воздействия механические способы бурения подразделены на следующие:

- ударное;
- ударно-поворотное;
- ударно-вращательное;
- вращательное с кольцевым забоем (колонковое);
- вращательное со сплошным забоем;
- роторное;
- шнековое;

Физические способы бурения основаны на воздействии различных физических видов энергии. Они подразделяются на термический, гидравлический, электрогидравлический, ультразвуковой и др.

### 5.3. Механические способы бурения.

#### 5.3.1 Ударное бурение.

Сущность этого способа представляет собой - разрушение породы на забое под действием кратковременной ударной нагрузки. Основным механизмом ударного бурения является станок ударно-канатного бурения (УКС).

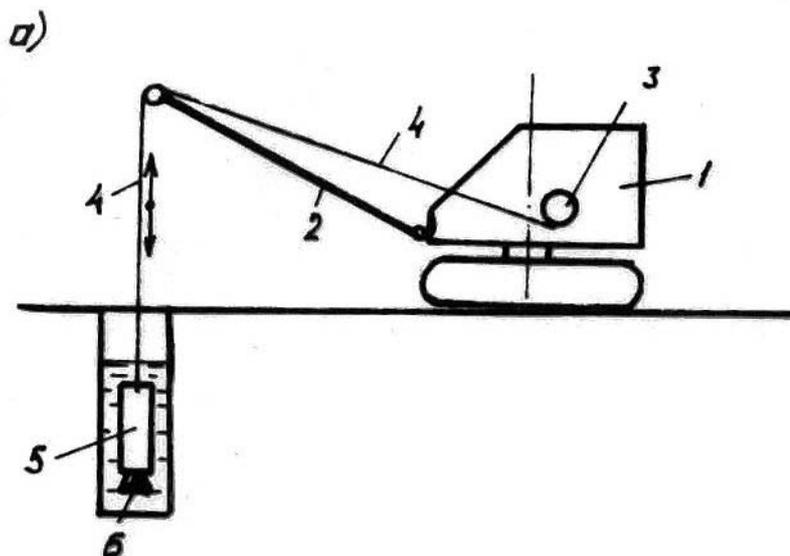


Рис. 5.1 Схема ударно-канатного бурения

1. Шасси (трактор, а/машина);
2. Стрела;
3. Механизм возвратно-поступательного движения;
4. Трос;
5. Ударная штанга;
6. Долото (бурильная коронка)

Разрабатываемая порода в скважине разрушается под ударами падающего бурового долота, которое движется под действием собственного веса и прикрепляется массивной штанге, закрепленной на опорной мачте. Во время бурения в скважину подается вода, которая образует с разрушенной породой так называемый шлам. Его периодически вычерпывают специальным полым цилиндром-желонкой с клапаном на нижнем конце.

Такой способ применяется при проходке скважины диаметром до 300-400мм, глубиной до 250-300м.

Также разновидностью ударного бурения являются ударно-поворотное бурение и ударно- вращательное бурение.

#### 5.4.2. Ударно-поворотное бурение.

Его сущность заключается в разрушении скальной породы под воздействием ударной нагрузки с последующим поворотом долота и срезом породы.

Основной представитель – пневматический вибратор.

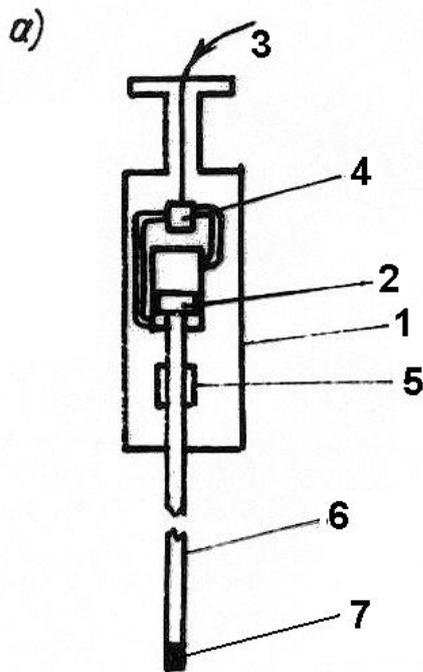


Рис. 5.2 Схема перфоратора  
(ударно-поворотное бурение)

1. Цилиндр
2. Поршень
3. Подвод воздуха
4. Воздухораспределительный клапан
5. Механизм поворота
6. Буровая штанга
7. Коронка

Принцип действия: сжатый воздух при  $P=0,4-0,6$  МПа поступает в цилиндр то с одной, то с другой стороны, в результате чего поршень 2 совершает возвратно-поступательное движение и наносит удары по хвостовику буровой штанги с буровой коронкой на конце. При обратном движении поршня осуществляется поворот штанги на 12-15 град.

При таком способе наблюдается жесткая кинематическая связь между ? Порода, разрушенная вибратором, удаляется из скважины сжатым воздухом или водой.

Штанги - в пневматическом вибраторе изготавливаются из специальной стали круглого или шестигранного сечения. Буровые коронки - являются съемным, армированным твердым сплавом (победитом, алмазом).

В зависимости от крепости породы применяются различные формы лезвия буровых коронок. Лезвия снимаются и заменяются в зависимости от крепости породы

Применяют ручные перфораторы массой до 24 кг и  $d=36-56$  мм, для бурения неглубоких шпуров (до 3-5 м). Для более глубокого бурения применяют также колонковые (или станковые) перфораторы массой до 40 кг.

### 5.3.2 Ударно-вращательное бурение.

Его сущность заключается в разрушении под действием удара и вращения бурового инструмента (рис. 5.3).

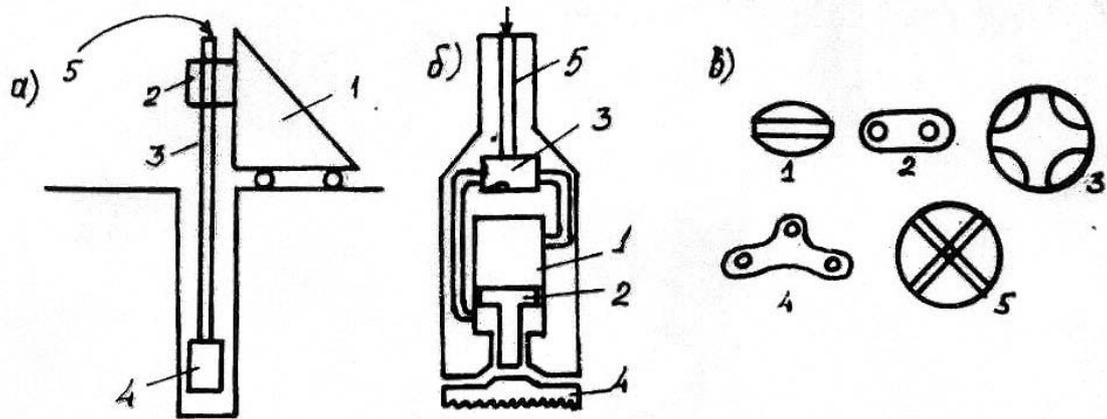


Рис. 5.3. Схема ударно-вращательного бурения

а) Схема станка	б) Пневмоударник	в) Типы коронок	} для пород средней крепости
1. рама (шасси)	1. цилиндр	1. долотчатые	
2. вращатель	2. поршень	2. штыревые	
3. буровая штанга	3. воздухо – распре- делительный клапан	3. трехлезвенные	
4. пневмоударник	4. коронка	4. трехштыревые	
5. подача воздуха к пневмоударнику	5. подача воздуха	5. крестовые	

Удар осуществляется пневмоударником, расположенным на забое скважины. Главная особенность этого способа состоит в том, что вращение и ударное действие инструмента выполняется двумя независимыми механизмами: вращателем и пневмоударником. Сжатый воздух поступает к пневмоударнику через буровые штанги. Вращатель состоит из электродвигателя и редуктора, который приводит во вращение буровую штангу пневмоударника.

Как и в ударно-поворотном применяются различные формы лезвий и коронок:

- одно-долотчатая коронка – для мягких и не трещиноватых пород
- 2-х и 3-х долотчатые - для вязких и трещиноватых пород
- крестообразная - для трещиноватых пород.

Для работы требуется воздух, а следовательно компрессорное хозяйство.

Применяется для проходки скважин в породах различной крепости глубиной до 50 метров и диаметром до 150мм.

### 5.3.3 Вращательно-колонковое бурение.

Сущность – разрушение породы путем вращения бурового инструмента при силовом воздействии давления.

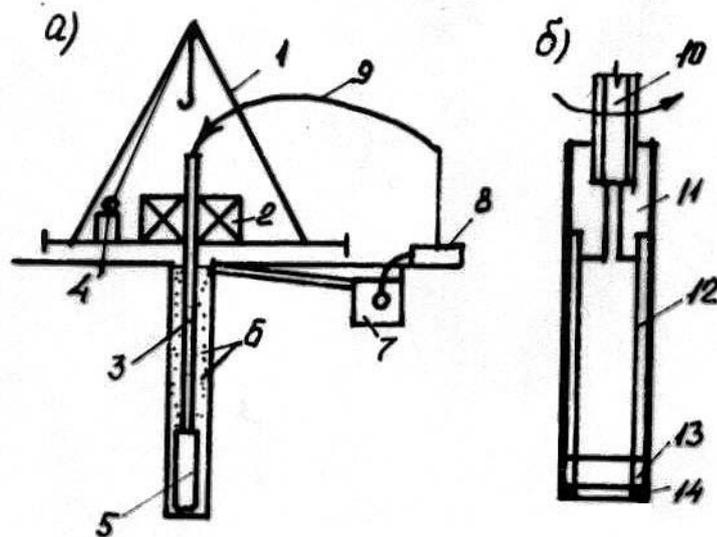


Рис. 5.4. а) Схема вращательного (колонкового) бурения  
б) Колонковый снаряд

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1. буровая платформа | 8. насос                                      |
| 2. двигатель         | 9. трубопровод для подачи глинистого раствора |
| 3. буровые штанги    | 10. буровая штанга                            |
| 4. лебедка           | 11. переходная труба                          |
| 5. колонковый снаряд | 12. колонковая труба                          |
| 6. глинистый раствор | 13. кольцевая коронка                         |
| 7. шламоотстойник    | 14. алмазные (победитовые) резцы              |

Основные разновидности вращательного бурения: колонковое, роторное и шнековое.

Колонковое бурение (Рис. 5.4)

На буровой платформе размещается двигатель, который вращает буровые штанги с расположенным на забое колонковым снарядом. На конце колонкового снаряда располагается кольцевая коронка, армированная резцами из твердых сплавов или алмазами.

При вращении бурового снаряда коронка под действием осевого давления режется в породе, образуя кольцевую выработку породы вокруг керна. Керн породы входит в колонковую трубу. После проходки на некоторую глубину буровые штанги вместе с колонковым снарядом и керном поднимают лебедкой на поверхность.

В процессе бурения в забой подают через бурильные трубы (штанги) глинистый раствор или воду. Смешиваясь с частицами разрушенной породы, глинистый раствор или вода выносит их на поверхность, и охлаждают бурильный инструмент.

Глинистый раствор, кроме того, укрепляет стенки скважины и предохраняет их от обрушения.

Для отстоя шлама на поверхности устраивают шламоотстойник, а отчищенный глинистый раствор снова используют.

Колонковое бурение применяют для проходки скважины диаметром от 45 до 155 мм и глубиной до 200 м.

Колонковое бурение, в основном, применяют при изыскательских работах, когда необходимо извлечь керны породы из глубины скважины.

### 5.3.5 Вращательное роторное бурение.

Сущность – та же, что и во всех вращательных – разрушения при вращении бурового инструмента.

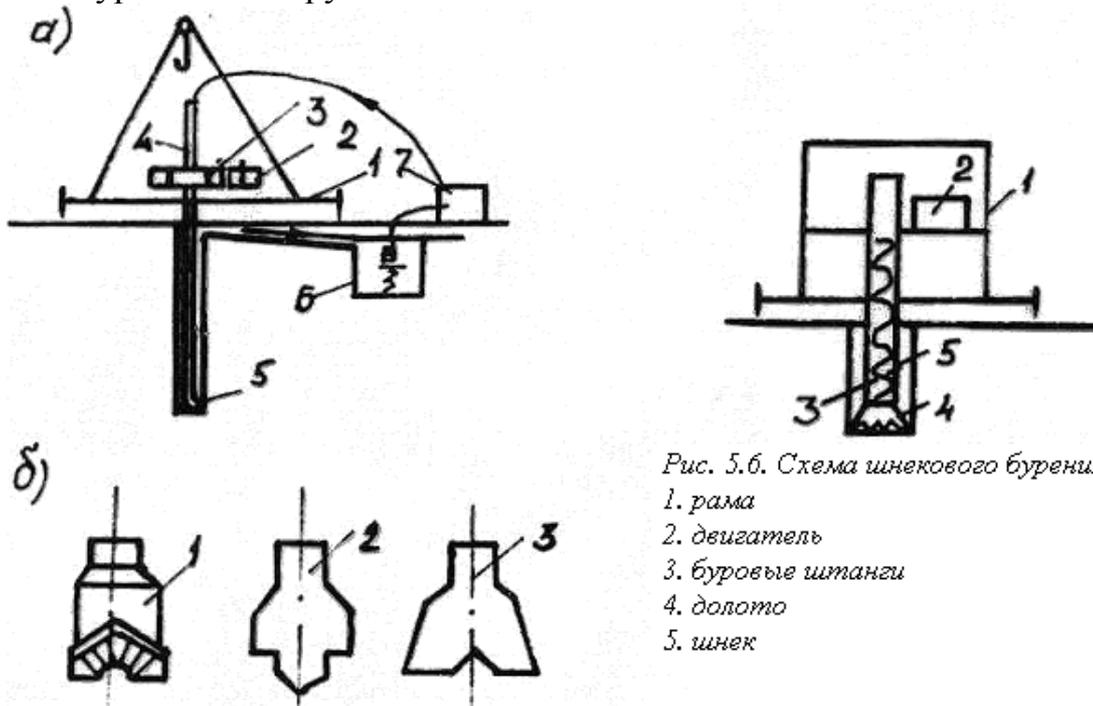


Рис. 5.6. Схема шнекового бурения

- 1. рама
- 2. двигатель
- 3. буровые штанги
- 4. долото
- 5. шнек

Рис. 5.5. Схема роторного бурения

- |                        |                |
|------------------------|----------------|
| а) буровая рама        | б) типы долот  |
| 1. рама                | 1. шарошечные  |
| 2. станок (вращатель)  | 2,3. лопастные |
| 3. ротор               |                |
| 4. буровые штанги      |                |
| 5. долото              |                |
| 6. отстойник для шлама |                |

Применяется для бурения скважин большого диаметра (300-400мм) и значительной глубины (до 1200-1500 м).

Схема станка подобна колонковому бурению.

Вращение от двигателя передается не непосредственно на штанги и трубы, а через массивный ротор.

### 5.3.6. Вращательное шнековое бурение (разновидность вращательного).

Так же применяется, в основном, в мягких грунтах для бурения скважин диаметром 110-125 мм и глубиной до 30 м.

Шнековые буровые станки имеют обычно металлическую раму, состоящую из 2-х направляющих стоек. По направляющим стойкам рамы

движется электродвигатель с редуктором, вращающим рабочие буровые штанги. На штангах по винтовой линии наварены стальные полосы – реборды, образуя как бы шнек. С помощью такого шнека выбуренная порода поднимается на поверхность.

#### 5.4. Физические методы бурения.

##### 5.4.1 Термический способ бурения.

Сущность – разрушение горных пород высокотемпературным источником тепла – открытым пламенем.

Рис 5.7.

В результате происходит хрупкое разрушение пород с частичным плавлением.

Рабочим органом является термобур с огнеструйной горелкой, из которой со сверхзвуковой скоростью на забой направляется газовая струя с высокой температурой. Одновременно в скважину подается вода, она и разрушает породу. Температура газовой смеси до 2000 градусов Цельсия, скорость примерно равна 2000 м/с.

Передвижными станками термического бурения можно бурить шпур и скважины диаметром до 130 мм и глубиной до 8 м.

Ручными – диаметром до 60мм и глубиной до 1,5-2 м.

Мощные термобуры диаметром до 500мм и глубиной до 20м

##### 5.4.2. Гидравлические способы бурения.

Сущность – разрушение с помощью воздействия струи воды с большой скоростью и большим напором, т.е. размыва водой.

Рис. 5.8.

Воду нагнетают на забой скважины через колонку труб и специальную струйную насадку. Струя размывает грунт, и обсадная труба постепенно оседает. Гидросмыв выжимается вдоль наружных стенок обсадной трубы. По окончании бурения обсадная труба извлекается лебедкой.

Применяется для бурения скважин в мягких суглинках и пльвунах. Можно проходить скважины глубиной до 8-10 м.

##### 5.4.3. Электрогидравлический способ бурения.

Сущность – разрушение породы под действием гидравлического удара при электрических разрядах высокого напряжения.

Рабочим органом является электрогидравлический бур.

Рис. 5.9.

Применяется при проходке скважин в плотных глинистых и скальных породах

#### 5.4.4 Ультразвуковое бурение.

Сущность – разрушение под воздействием огромного изменения давления (колебания давления) в окружающей среде при ультразвуковых колебаниях.

Рис. 5.10.

В жидкости создаются кавитационные пузырьки.

Тема 6.  
Взрывные работы

- 6.1. Действие взрыва в среде
- 6.2. Взрывчатые вещества и их свойства
- 6.3. Промышленные взрывчатые вещества
- 6.4. Способы и средства взрывания
- 6.5. Методы рыхления скальных пород
  - 1. общие положения
  - 2. метод шпуровых зарядов
  - 3. метод скважинных зарядов
  - 4. метод камерных зарядов
  - 5. метод котловых зарядов
  - 6. другие методы
- 6.6. Расчет параметров взрывных работ
  - 1. расчет одиночного сосредоточенного заряда
  - 2. расстояние между одиночными зарядами
  - 3. расчет удлиненного заряда

## Взрывные работы

### 6.1. Действие взрыва в среде, форма и параметры взрывной воронки

Взрыв это чрезвычайно быстрое, самораспространяющееся превращение взрывчатого вещества (ВВ) в газе с выделением большого количества тепла.

Характер действия взрыва в среде (в породе) зависит от свойств породы, от типа ВВ, условие размещения зарядов.

Зарядом называют величину (вес) ВВ, закладываемого в выработку. По форме заряды различают: сосредоточенные и удлиненные.

Сосредоточенные заряды имеют вид куба, шара, цилиндра, параллелепипеда при соотношении  $D/H < 3$ , где  $D$ -диагональ в поперечном сечении заряда, а  $H$  – высота.

Удлиненные заряды – заряды, длина которых превышает более чем в 5-ть раз их поперечный размер  $H \geq 5B$ , где  $B$  – ширина заряда.

При сосредоточенных зарядах характер действия взрыва определяется 2-мя случаями:

- взрыв в неограниченной среде (на большой глубине)
- взрыв вблизи обнаженной поверхности.

Характер действия взрыва в неограниченной среде выражается в образовании 4-ех зон (рис. 6.1.а)

I-я зона заряда – камуфлета

II-я зона сжатия

III-я зона разрушения

IV-я зона сотрясения

При взрыве в I-ой зоне образуется пустота.

Во II-ой наблюдается разрушения породы до состояния мелкого дробления (раздавленная порода).

В III-ей зоне наблюдается образование радиальных и сферических трещин, вследствие чего порода раздробляется на отдельные крупные куски.

В IV-ой зоне наблюдаются упругие колебания типа сейсмического воздействия без нарушения первоначального состояния (сплошности) породы.

Таким образом, взрыв в неограниченной среде соответствует взрыву так называемого «камуфлета».

Камуфлет – по словарю Даля – подземная вспышка пороха, малая мина, небольшой взрыв, для сотрясения и засыпки неприятельской подземной работы, или задушения землекопов его дымом и смрадом.

Упрощенно можно сказать, что камуфлет – подземный взрыв без выхода газов и разрушений на поверхности .

В начале взрыва деформации подобны схеме сосредоточенного заряда, до тех пор, пока волна сжатия не дойдет до поверхности. Далее волна сжатия отражается по закону акустики и идет внутрь, преобразуясь в волну растяжения. Волна растяжения, распространяясь внутрь сферы, значительно разрушают породу, так как породы сопротивляются растяжению значительно слабее, чем сжатию. Зона разрушения имеет форму шарового сегмента. По мере приближения к поверхности происходит интенсивный прорыв газов наружу с сильным разрушением грунта. При определенной массе ВВ и небольшом заглублении происходит выброс грунта с образованием видимой воронки.

Таким образом, взрыв вблизи поверхности соответствует взрыву зарядов рыхления и выброса.

### Формы воронок

По внешнему виду воронка при выбросе приближается к форме конуса, параметры ее даны на Рис.6.1.в, а теоретическая схема на Рис.6.1.г

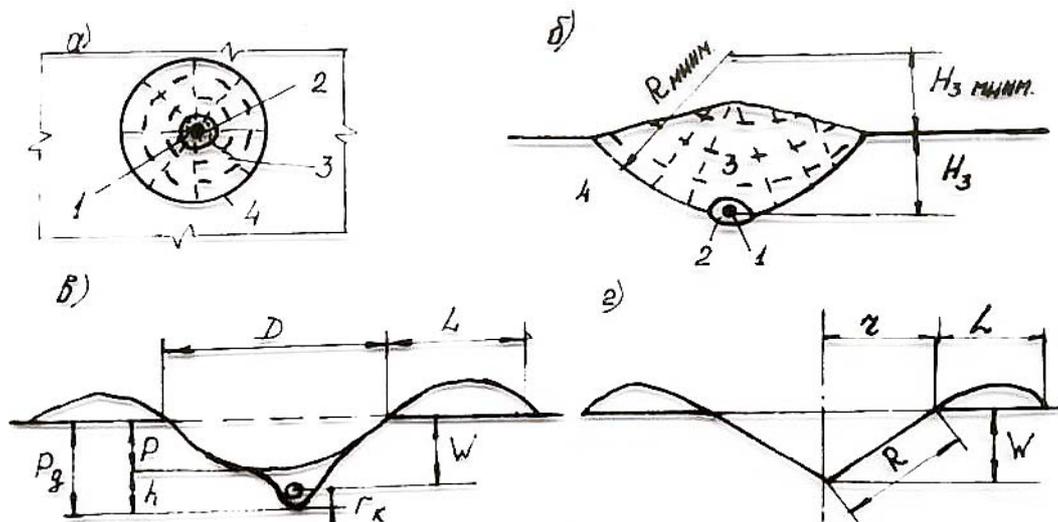


Рис. 6.1. Схема действия взрыва и параметры воронки взрыва  
 а) в неограниченной среде (взрыв заряда камуфлета)  
 б) при приближении заряда к поверхности (взрыв нарыхление)  
 1-заряд ВВ; 2-зона дробления; 3-зона разрушения; 4-зона сотрясения (сейсмического взрыва);  
 в) схема воронки взрыва при выбросе (действительная);  
 г) теоретическая схема воронки взрыва.

Различают 3 формы воронки взрыва в зависимости от соотношения радиуса взрыва "r" к глубине расположения заряда "W", которая называется показателем действия взрыва П

$$П = r/W,$$

при  $П < 1$  – заряд и воронка уменьшенного действия

при  $П = 1$  – заряд и воронка нормального действия

при  $П > 1$  – заряд и воронка усиленного действия

## 6.2. Взрывчатые вещества и их свойства.

Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое превращение ВВ из одного агрегатного состояния в другое с образованием газов сжатых до весьма больших давлений (несколько тыс. атмосфер) и обладающий большой энергией и температурой.

Характерный эффект действия взрыва зависит:

- а) от скорости разложения ВВ
- б) от запаса энергии в ед. заряда
- в) от объема образовавшихся газов
- г) от плотности заряжания – концентрации энергии в ед. заряда

### Характеристики ВВ.

Для выражения этих свойств существуют следующие характеристики, которые указываются в паспорте:

- детонация
- бризантность
- работоспособность

Детонация – скорость разложения ВВ или скорость прохождения ударной волны.

$V_{дет.} = 400$  м/с – форма горения

$V_{дет.} = 1500-8000$  м/с – форма детонации

При горении – передача путем теплопередачи в твердых телах, диффузии в газах.

При детонации передача ударной волной, вызывающее мгновенное сжатие и сильный разрыв.

Для применяемых в строительстве ВВ

$V_{дет.} = 2,6-5$  км/с

$V$  горения одного пороха  $\approx 0,8-1$  км/с

Бризантность (Б) – способность ВВ дробить породу вблизи заряда на мелкие части. Выражается в мм обжатия специального свинцового цилиндра при взрыве стандартной навески.

Для ВВ в строительстве бризантность равна 15-30 мм

Работоспособность (Р) – выражает способность ВВ разрушать объем породы, отбрасывать раздробленную массу. Зависит от объема газов, образующихся при взрыве. Этот объем колеблется в пределах  $0,2-1$  м<sup>3</sup> газа на 1кг ВВ. количественно работоспособность выражается в см<sup>3</sup> по объему полости, образующейся при взрыве 10гр. ВВ в стандартной свинцовой (колбе) бомбе Трауция. Он колеблется в пределах  $60-500$  см<sup>3</sup>. Для строительных ВВ работоспособность составляет  $350-500$  см<sup>3</sup>.

Кроме того эффект действия взрыва зависит от плотности заряжания – отношение веса заряда к объему зарядной камеры  $\Pi = Q/V$ .

По комплексному характеру действия на среду различают ВВ:

- инициирующие (первичные) ВВ – легко взрывающееся, вызывающие детонацию др. ВВ (гремучая ртуть)
- бризантные (вторичные) – с высокой скоростью горения (динамиты, аммониты, тротил) – применяются для дробления.
- метательные – с малой скоростью горения (дымный порох, аммоналы) – применяются для разрушения.

#### 6.4. Промышленные ВВ (ПВВ)

##### Состав промышленных ВВ

Современные промышленные ВВ в строительстве представляют собой в большинстве случаев смесь твердых химических веществ и различных добавок, в основном это смесь аммиачной селитры и нитроизводных и некоторых добавок: алюминия, древесной муки, масел и др.

##### Классы ПВВ

По условиям применения промышленные ПВВ делятся на 6 классов:

I – только для открытых работ

II – для открытых работ кроме шахт опасных по газу и пыли

III-VI – ВВ для забоев опасных по газу и пыли

ВВ выпускают в упакованном виде.

Сыпучи ВВ (граммониты, гранулиты, аммоним №6) фасуют в бумажных или в полиэтиленовых мешках массой 40-45 кг.

Пластичные и текучие ВВ (акваниты, акватолы) замораживают в полиэтиленовые пакеты 5-40 кг.

Все остальные ВВ выпускают в патронах из влагостойкой бумаги d 28,32,36,45 мм – для шпуровых и 90мм – для скважинных зарядов. Патроны M=150-250 гр. При L=200-250 мм. В заводской упаковке ВВ возможно, перевозить всеми видами транспорта с соблюдением специальных правил. ВВ хранят на специальных охраняемых складах.

Выбор ПВВ зависит от крепости пород, обводненности, методов проведения работ.

Для снижения затрат ВВ целесообразно комбинированные зарядания одной скважины разными ПВВ. Вниз укладывают более мощные и дорогие ПВВ (для надежного преодоления сопротивления по подошве), а в верхнюю часть скважины более дешевые, наибольшее применение имеют аммониты и аммоналы.

Главный недостаток – высокая гигроскопичность, поэтому приготовление патронов с гидроизоляцией.

В гидротехническом строительстве применяют, в основном, 2 класса. Используются, в основном, ПВВ заводского приготовления,

Для открытых работ применяются аммоналы, аммониты №6,7, гранулиты, зерногранулиты.

Для подземных работ применяются детониты, спецгранулиты, спецзерногранулиты.

#### 6.4. Способы и средства взрывания

Применяют 2 принципиально отличных способа взрывания: огневой и электрический.

Огневой способ наиболее старый, дешевый.

Он обеспечивает очередность взрыва в несколько секунд.

Средство взрывания – зажигательная трубка – соединение капсюля детонатора с отрезком огнепроводного шнура ( $V_{гор.}=5-10$  мм/с)

Применяется при работе шнуровыми зарядами. Недостаток – опасность для взрывника.

Разновидность огневого способа взрывания с помощью детонир. шнура ( $V_{дет.} 2000$  м/с). Детонир. шнур – основной способ взрывания при гидротехническом строительстве. Применяется для одновременного или короткозамедленного взрывания зарядов ВВ. Сеть состоит из магистрали, из огневого шнура и концевиков из д.ш.

К.З. взрыв обеспечивается с помощью пиротехнических реле КЗДШ с 3-х мм 4-мя ступенями замедления 10,20,35,50 м/сек.

КЗДШ монтируют в сеть.

Электрический способ.

Электровзрывание применяется для отдельных зарядов, групп зарядов и состоит из ДШ.

Средства: Электродетонаторы, источники тока, провода, кабели.

Основной источник тока – взрывная машина.

Разновидность – электроогневой – электрозажигательная трубка с капсюлем – детонатором + отрезок ОШ

#### 6.5. Методы рыхления скальных пород взрыванием.

##### 1. Общие положения.

Пространство размещения заряда над зарядной камерой.

По форме различают заряды:

- сосредоточенные,  $H < 3D$ ,  $H$  - наибольший размер заряда,  $D$ -диагональ.
- удлиненные  $H > 5B$ .

В зависимости от формы заряда и места его расположения различают следующие методы рыхления скальных пород:

- метод шпуровых зарядов
- метод скважинных зарядов
- метод камерных зарядов
- метод котловых зарядов

- метод линейно – распределенных зарядов
- метод наклонных зарядов

## 2. Метод шпуровых зарядов (Рис. 6.3.а 6.3.б)

Заряд располагается в шпуре, внизу располагают патрон – боевик, вдоль шпура – набраны ВВ, сверху забойка, электрические провода, ДШ. Шпуры располагаются по сетке.

$a=0,8-1,4 W$ ,  $b=0,8-1,0 a$ , часто  $a=b=0,9W$ .

$W$  – наименьшее расстояние от заряда до поверхности (заглубление заряда) или до откоса. Часть  $W$  обозначают ЛНС – линия наименьшего сопротивления или СПП – сопротивления по подошве.

Наибольшее применение находит в подземных выработках и при подготовке (зачистке) скальных оснований, при разработке защитного слоя скальных оснований.

Преимущество: простота, не требует сложного оборудования, нужен только перфоратор.

Недостаток – малая механизация, большая трудоемкость.

## 3. Метод скважинных зарядов.

Конструкция:

Заряды располагаются в скважинах (в вертикальных, наклонных, горизонтальных)

Скважины располагаются в 1 или несколько рядов (Рис. 6.3.а)

Конструкция скважины дана на Рис.6.3.б

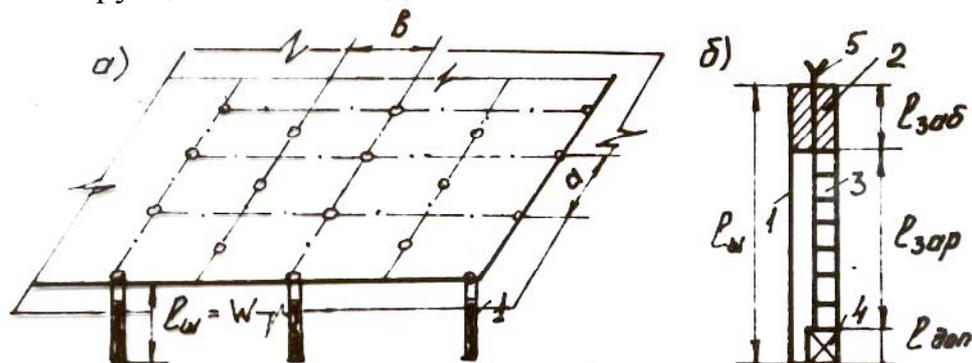


Рис. 6.3. Шпуровой метод рыхления

а) плановое расположение шпуров;

б) схема шпурового разряда;

1- шпур; 2- забойка; 3- патроны ВВ; 4- патрон-боевик; 5- провода.

Внизу также располагается патрон – боевик – в так называемом «??» скважины – заглубленном ниже уровня разработки.

Выше располагается ВВ и забойка.

В зависимости от формы, вила заполнения скважины ВВ различают скважины со сплошным зарядом и скважины с рассредоточенным зарядом.

Скважины располагаются обычно по квадратной сетке.

$$a=v=W$$

диаметр скважины обычно 105-150 мм  $W=\varphi$  (Dскв., свойства породы, свойства ВВ, величина заряда)

$$l_{зар} \approx 40D_{зар}$$

Сверху скважины располагается “забойка”

$$l_{заб} \approx K_3 * D_{скв.}, K_3 = 20-35.$$

Для забойки используются любой местный грунт

Детонация зарядов в основании осуществляется с помощью ДШ; соединяющего все заряды в единую взрывную сеть, или с помощью ЭД иницирование – капсуль – детонатором или электродетонатором.

Заряды могут взрываться одновременно или в определенной последовательности с помощью пиротехнических реле КЗДШ с замедлением 10, 20, 35, 50 миллисек.

Область применения.

Наиболее распространенный способ для дробления, рыхления и выброса.

Для дробления применяются взрывы серии удлиненных (рассредоточенных зарядов).

Для рыхления как правило используются сплошные заряды из рассыпных ВВ позволяет получать заряды максимальной плотности и снижает удельный расход бурения.

Скважинный метод позволяет широко применять механизацию при бурении так и при зарядании (буровые стяжки, пневмозарядники) регулировать интенсивность дробления породы, хорошо прорабатывать уступы.

#### 4. Метод камерных зарядов.

При методе камерных зарядов, заряд располагается в специальных горных выработках – минных камерах. Рис. 6.5.а.

Применяется:

а) для случаев, где невозможно применить метод скважинных зарядов. (создание полок, разработка уступов в горных районах)

б) для массовых взрывов на выброс и сброс.

в) для направленного перемещения больших объемов грунта (создание каменного банкета, создание взрыво – набросных плотин

#### 5. Метод котловых зарядов.

При этом методе заряд размещается в так называемых котлах, образованных предварительно малыми камуфлетными взрывами (Рис. 6.5.в.).

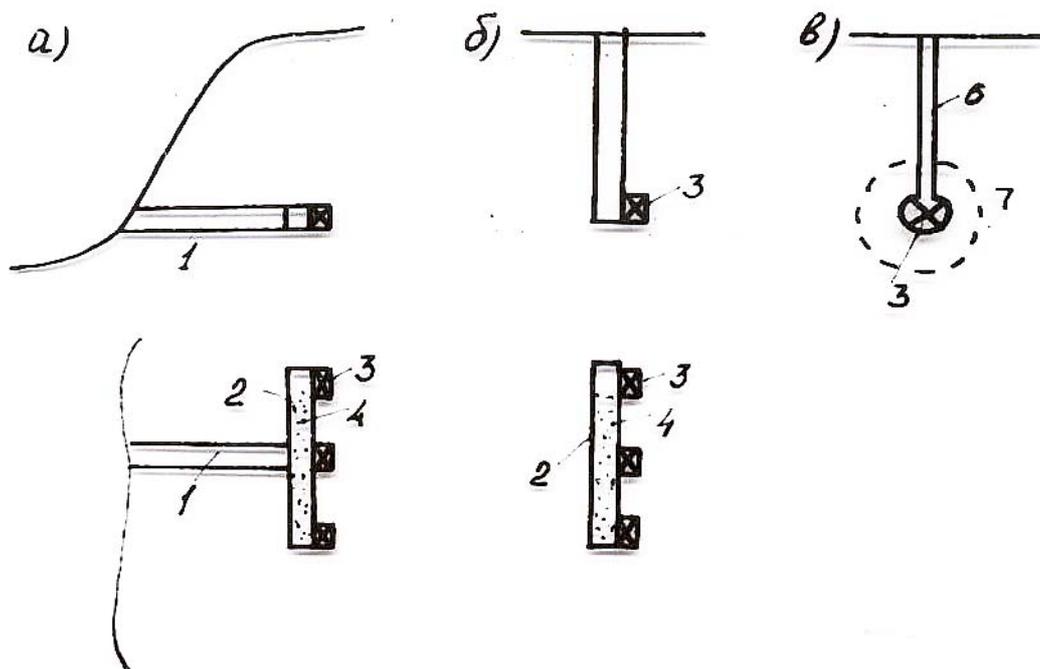


Рис. 6.5. Камерный (а,б) и котлованный (в) методы рыхления

1- подходная штольня;

2- минная штольня;

3- заряд ВВ;

4- забойка;

5- шахта;

6- скважина;

7- уширение скважины.

Применяется в случае, когда в скважине или в шпуре не размещается расчетный заряд ВВ.

Основной недостаток – неравномерное дробление и большой выход негабаритов.

## 6. Другие методы рыхления пород.

Существуют еще и такие методы рыхления как линейно – распределенный и накладной заряд.

При линейно – распределенном методе, заряды размещаются по одной протяженной линии. Применяется для устройства каналов, канав и др. протяженных объектов.

Накладной метод заключается в наружном расположении заряда.

Применяется для дробления камней, и подобных элементов.

## 6.6. Расчет параметров взрывных работ.

### 1. Расчет величины сосредоточенного одиночно заряда.

В связи с разнообразием инженерно – геологических и иных условий на эффективность и параметры взрыва, теоретический подход к определению параметров значительно затруднен.

Поэтому основные зависимости при выборе параметров в основном являются результатом анализа опыта практики и соответствующих опытных работ.

Как уже было отмечено выше, за теоретическую форму воронки взрыва принимают перевернутый конус с вершиной в центре заряда. В зависимости от показателя воронки взрыва различают воронки (Рис. 6.6.а).

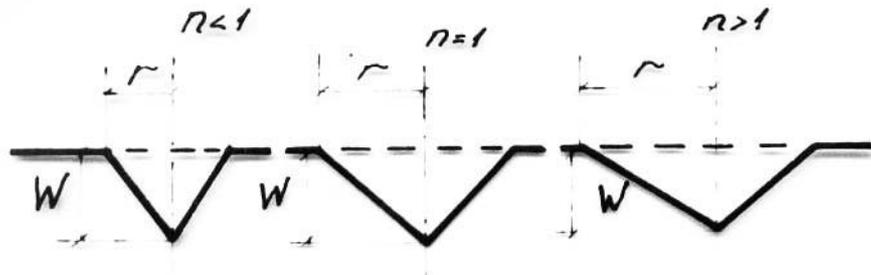


Рис. 6.6.а. Схема к определению объема заряда.

- Нормальные ( $n=1$ )
- Уменьшенные ( $n \leq 1$ )
- Увеличенные (усиленные) ( $n > 1$ )

Величина (объем) сосредоточенного заряда зависит от требуемой формы воронки взрыва

Для нормальной воронки взрыва

$$Q=qV, \text{ при } n=1 \quad V=W^3, \text{ а } Q=qW^3, \text{ где}$$

$Q$  – общий расход ВВ

$Q$  – удельный расход ВВ в кг необходимый для рыхления (выброса) единицы объема породы ( $m^3$ )

$V$  – объем грунта подлежащий рыхлению (выбросу)

$W$  – наименьшее расстояние от заряда до поверхности.

Для воронок с другими показателями воронок взрыва вводятся поправки на учет других факторов и показателя взрыва.

В общем виде:

$$Q=f(Q, n, W^3, \text{ среда, вид ВВ})$$

В основном  $Q$  зависит от  $n$ .

$$Q=q W^3 f(n)$$

Формул для выражения зависимости  $f(n)$  много. Они зависят от назначения взрыва (рыхление, выброс).

Для расчета зарядов выброса применяется формула:

$$f(n)= 0,4+0,6n^3$$

Для расчетов зарядов рыхления из практики имеем:

Для нормального рыхления

$$f(n)=1/3$$

Для уменьшенного рыхления

$$f(n)=1/5; 1/6$$

Для усиленного рыхления

$f(n)=1/2; 1$ .

Удельный расход колеблется в пределах

$q=1,3-2,7 \text{ кг/м}^3$  – для XI кат. не выброс.

$q=0,45-0,75 \text{ кг/м}^3$  – для нормального рыхления.

## 2. Определение расстояния между сосредоточенными зарядами

Выемки больших размеров образуются взрывом серии зарядов, располагаемых так, чтобы между воронками не было больших недоборов. В общем виде расстояние между скважинами «а» равно  $a=mW$ , где  $m=f(n)$  – показатель сближения заряда

Сплошная выемка без гребней образуется при нормальном показателе сближения зарядов.

Формул для определения  $m$  – много.

Наиболее близка к действительности формула:

$M=0,55(n+1)$ , тогда  $a=0,55W(n+1)$

и формула

$$a = W\sqrt[3]{f(n)} = W\sqrt[3]{0.4 + 0.6n^3}$$

Приблизенно для зарядов рыхления при линейном взрыве

$a=1,0-1,2W$

при замедленном и коротко – замедленном взрыве

$a\approx 1,4W$ .

## 3. Расчет удлиненного заряда и перебура.

Действие взрыва удлиненного заряда подобен действию сферического заряда. Диаметр зоны разрушения образовавшегося около заряда пропорционален диаметру самого заряда.

Диаметр зоны разрушения при одном и том же заряде зависит от физико-механических свойств взрывающей среды и характеристики ВВ.

В общем виде:  $W=C*D$

где  $D$  – диаметр ВВ

$C$  – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства породы, характеристики ВВ и заряда.

$C=f(\text{ф.м. свойства, характеристики ВВ, } l \text{ зар, плотность заряда})$

Из практики, для скважинного метода:

$W=f(D_{\text{зар}}, l_{\text{зар}}, l_{\text{перебура}})$

$l_{\text{зар}}=f(Q_{\text{зар}})$

Проведенные исследования и опыт практики показали, что увеличение длины заряда ( $l_{\text{зар}}$ ) в скважине приводит к постепенному росту  $W$ , (Рис. 6.6.б)

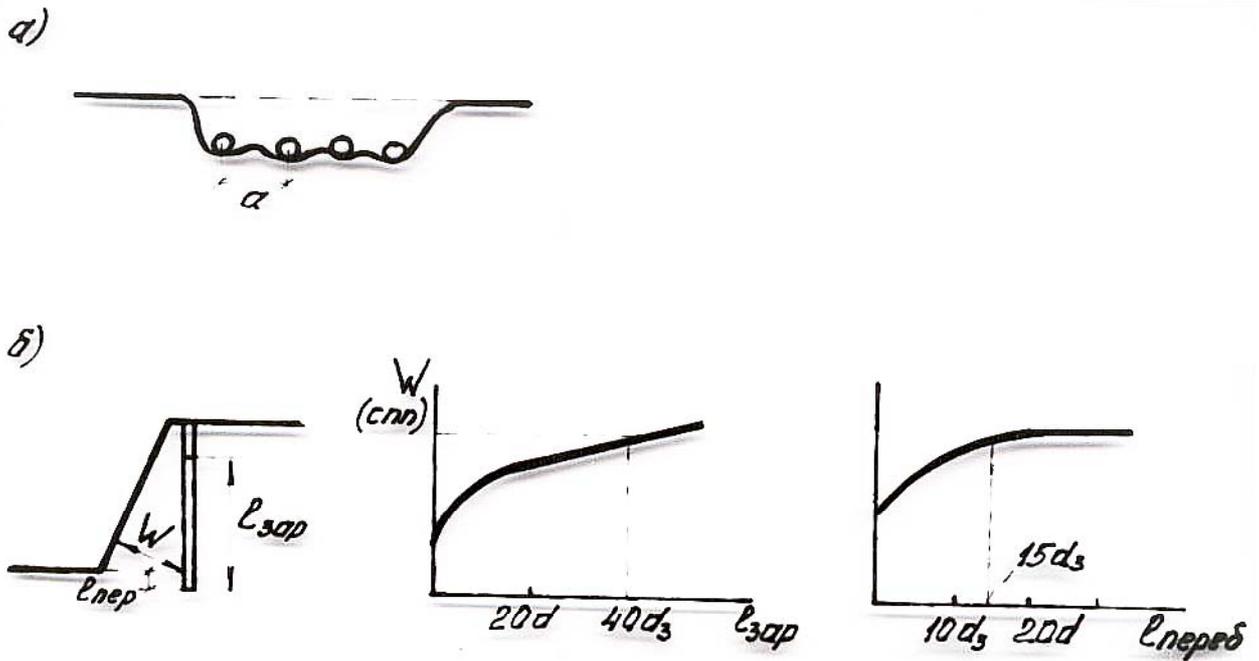


Рис. 6.6.б. Схемы к определению параметров взрыва  
 а- к расстоянию между зарядами  
 б- длина заряда (скважинного) и перебура.

$$a = mW$$

$$m = \varphi(n)$$

$$m = 0.55(n + 1)$$

Для зарядов рыхления:

$$a \approx (1.0 - 1.2)W \text{ - при мгновенном взрыве,}$$

$$a \approx 1.4W \text{ - при короткозамедленном взрыве.}$$

Но кривые зависимости  $W = \varphi(l_{зар})$  имеют асимптотический характер.

При значении  $l_{зар} \approx 40D$  этот рост практически прекращается. Дальнейшее увеличение длины заряда не увеличивает расчетного  $W$  и может быть допущено тогда, когда требуется увеличить степень дробления верхней части.

Т.о.  $l_{зар} \leq 40 D_{зар}$ .

5. На величину  $W$  (СПП) влияет и величина перебура ( $l_{пер}$ ).

Исследования показали (Рис. 6.6.), что  $W$  увеличивается при условии  $l_{пер}$  в пределах от 0 до  $0,15 D_{зар}$ .

Заглубление свыше  $0,15 D_{зар}$  является не только бесполезным но и вредным, т.к. разрушает основание и увеличивает заколы.

Таким образом,  $l_{пер} \leq 0,15 D_{зар}$ .

## Тема 7.

### Особенности разработки скальных пород в профильных выемках гидротехнических сооружений.

7.1. Требования к основаниям котлованов для различных групп сооружений.

7.2. Технология и последовательность буро - взрывных работ в котлованных гидротехнических сооружений.

7.3. Контурное взрывание.

7.4. Массовые обрушения и направленные взрывы на выброс.

7.1. Требования к основаниям котлованов для различных групп сооружений.

При разработке скальных пород в профильных выемках гидротехнических сооружений одним из основных требований являются требования связанные с сохранностью основания. Необходимо соблюдать такую технологию, которая в наименьшей мере нарушает естественное состояние основания. Особенно это касается напорных гидротехнических сооружений.

В зависимости от требований к сохранности оснований и откосов выемок сооружения согласно СНиПам делятся на 3-группы:

I – объекты для которых допускаются образование допустимых трещин и разуплотнения старых за пределами проектного контура (каналы ГЭС, водосбросов и др.).

II – объекты, в которых естественные и дополнительные трещины от взрыва перекрываются облицовкой, цементируются и др. (котлованы зданий ГЭС, деривационные каналы, подходные каналы шлюзов и др.)

III – объекты, для которых образование дополнительных трещин не допускаются (котлованы бетонных плотин, приплотинных зданий ГЭС и др.)

7.2. Технология и последовательность буровзрывных работ в котлованах гидротехнических сооружений.

Разработка скальных пород в котлованах гидротехнических сооружений 1-ой группы ведется скважинным методом без оставления защитного слоя (рис 7.1).

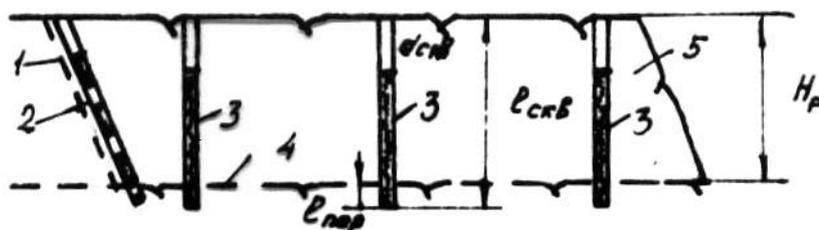


Рис. 7.1. Схема последовательности разработки котлованов для сооружений I группы.

1. Проектный контур котлована
2. Контурный ряд скважин
3. Скважины рыхления
4. проектное положение дна котлована
5. Рабочий уступ

Последовательность:

- бурение и взрывание контурных скважин (при методе МПЩ),
- разработка верхнего рабочего уступа.

Для I-ой группы сооружений допускается перебур скважин ниже проектной отметки основания. Разработку скальных грунтов на объектах II-III

группы производят не менее, чем в два уступа, из которых нижний является защитным (рис. 7.2, 7.3)

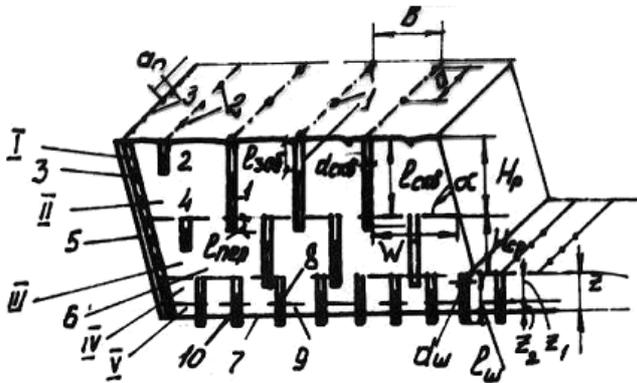


Рис. 7.2. Схема последовательности разработки котлована для сооружений II группы.

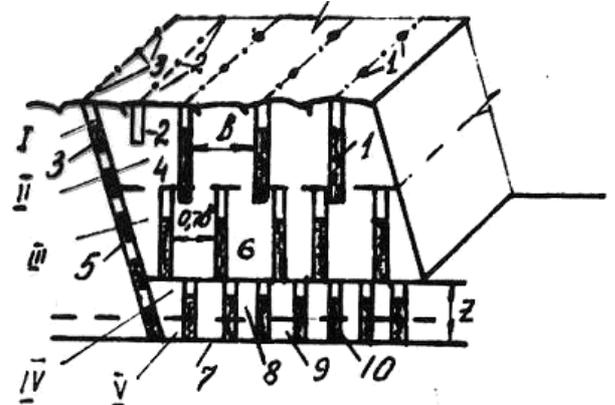


Рис. 7.3. Схема последовательности разработки котлована для сооружений III группы.

1. скважины рыхления
2. предконтурный ряд скважин
3. контурный ряд скважин
4. верхний рабочий уступ
5. проектный контур котлована
6. нижний рабочий уступ
7. проектная отметка дна котлована
8. верхний ярус защитного слоя
9. нижний ярус защитного слоя

На уступах, расположенных выше защитного слоя взрывные работы производят с помощью скважинных зарядов при  $h > 2\text{ м}$  и шпуровым способом при  $h < 2\text{ м}$ . При разработке верхних уступов не соприкасающихся с защитным слоем допускается перебур скважин до 12-15 $d_{\text{зар}}$  для трудновзрывааемых пород, до 9-10 $d_{\text{зар}}$  для легко взрывааемых пород.

Для II группы не допускается перебур скважин ниже проектной отметки основания.

Для III группы не допускается перебур даже в защитный слой.

Последовательность:

1. Бурение и взрывание контурных скважин.
2. Разработка верхнего рабочего уступа.
3. Разработка нижнего рабочего уступа.
4. Разработка верхнего яруса защитного слоя.
5. Разработка нижнего яруса защитного слоя.

При производстве БВР нарушаемая зона – зона законтурного массива, обычно делится на две части:

- верхнюю, характеризующуюся резковыраженными деформациями и значительным увеличением коэффициента фильтрации.

- Нижнюю с незначительными затухающими деформациями не влияющими на коэффициент фильтрации, но снижающими прочностные характеристики породы, что должно учитываться в расчетах устойчивости.

В целях обеспечения сохранности основания защитный слой разрабатывается в два яруса:

- верхний  $Z_1$  – с разрыхлением породы шпуровыми зарядами
- нижний  $Z_2$  – без применения взрывных работ.

$l_{зар}$  и  $l_{заб} = \varphi$  (степени дробления, развала пород)

$l_{заб\ опт.} = 20-25 l_{зар}$ .

Для верхнего яруса II группы  $Z \approx 4-7d_{зар}$

Для верхнего яруса III группы  $Z \approx 8-12d_{зар}$

Для II группы  $l_{пер} \leq 200$  мм.

Дно котлованов, траншей и каналов, а так же откосы не должны иметь недоборов. Перебуры допускаются в пределах 10-20 см при шпуровых взрывах, 5-10 см при разработке отбойным молотком.

### 7.3. Контурное взрывание.

Для защиты откосов основания от разрушения применяются предварительное контурное взрывание по методу предварительного щелеобразования (МПЩ) или по методу контурной отбойки (МКО).

Метод предварительного щелеобразования (МПЩ) применяется тогда, когда разработка откосов ведется одновременно с разработкой основного массива без оставления защитного слоя на откосе. В этом случае контурные скважины взрываются ранее основных скважин в массиве, в результате чего между основным массивом и законтурным массивом образуется щель. Эта щель препятствует прохождению взрывной волны при взрыве основного массива и волна сжатия отражается, преобразуясь в волну разрушения. При этом исключается или значительно уменьшается разрушение (дополнительное трещинообразование) откоса и законтурного массива и увеличивается эффективность взрыва основного массива.

Метод контурной отбойки (МКО) применяется тогда, когда разработка массива ведется с оставлением защитного слоя по откосу, по условиям производства работ и по климатическим условиям. В этом случае в первую очередь разрабатывается основной массив, а разработка защитного слоя ведется во вторую очередь непосредственно перед укладкой бетона.

В том и другом случае метод контурного взрывания обеспечивает:

- предотвращение опасного трещинообразования,
- возможность принятия более крутого откоса и сокращения объема выемки,
- уменьшение объема доборочных работ,
- уменьшение перебуров и объема бетона их заполняющего,

-сокращение продолжительности строительства.

Для получения качественных гладких откосов (полок) контурные скважины бурятся до проектной отметки без перебура (рис. 7.4)

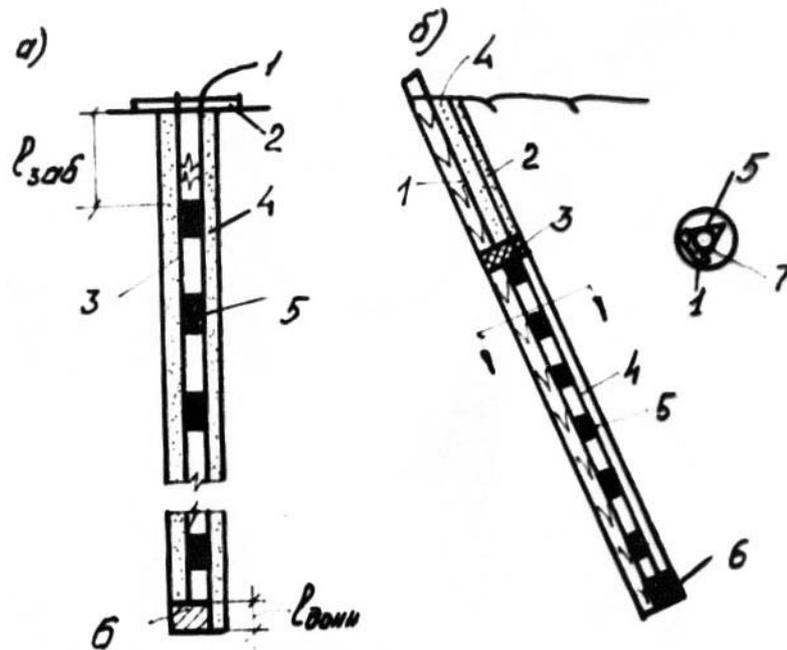


Рис. 7.4. Конструкция контурного заряда.

а) Вертикального

1. детонаторный шнур
2. перекладина
3. шпигат
4. забойка
5. патрон ВВ
6. донный заряд

б) Наклонного (на рейке)

1. рейка
2. забойка
3. бумажная пробка
4. нить ДШ
5. патрон ВВ
6. донный заряд
7. шпигат

Расстояние между скважинами:

$a \approx 20 d_{зар}$ , обычно  $a = 0,5-0,8$  м. Применяются рассредоточенные заряды. Линейная плотность заряжания  $q = 0,4-0,6$  кг/м,  $d_{шпура} \approx 2-3d_{зар}$ . Наиболее эффективный  $d_{шпура} = 60-70$  мм или скважины  $d=110$  мм, при  $d_{зар} 32$ мм. При завышении заряда – гладкой поверхности не получается, появляются заколы осыпи. Рекомендуются патронированные ВВ средней бризантности, водоустойчивые (аммониты №6ЖВ, 7ЖВ в патронах  $d = 32$ мм). Взрывание зарядов предварительного щелеобразования (МПЩ) производится заблаговременно до взрывания скважин рыхления. Возможно короткозамедленное взрывание, с замедлением не менее 75мсек.

Для облегчения отработки защитного слоя в основании сооружения II-III группы применяется горизонтальное контурное взрывание. Оно осуществляется так же методом МПЩ, если разрыв во времени между подготовкой основания и загрузкой невелик (рис. 7.5.а). Или МКО – если разрыв велик (рис. 7.5.б)

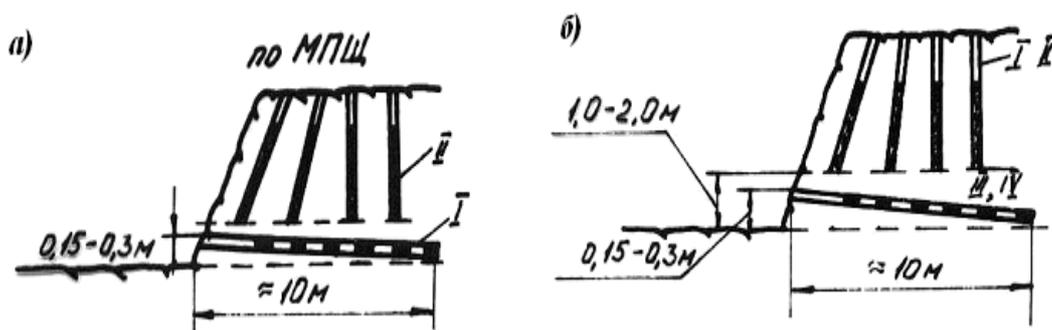


Рис. 7.5. Методы горизонтального контурного взрывания.

*а - метод горизонтального контурного взрывания (по МПЩ)*

- I. Бурение и взрывание горизонтальных контурных шпуров;*
- II. Бурение и взрывание скважин рыхления;*
- III. Уборка породы и зачистка оснований.*

*б - метод горизонтального контурного взрывания (по методу контурной отбойки).*

- I. Бурение и взрывание скважин рыхления;*
- II. Уборка взорванной породы;*
- III. Бурение и взрывание горизонтальных контурных шпуров;*
- IV. Уборка породы и зачистка основания.*

Возможность применения должна быть проверена на опытном участке, для отработки горизонтальных полок на склонах долины применяется бурение скважин для МПЩ из галерей (опыт Зейской ГЭС).

Как пример успешного применения контурного взрывания можно привести Чиркейскую ГЭС, Зейскую ГЭС, Саянскую ГЭС и др.

#### 7.4. Массовые обрушения и направленные взрывы на выброс.

При сопряжении бетонных плотин с бортами долин приходится снимать разрушенные трещиноватые участки, мощность которых иногда достигает десятки метров. В этих случаях для разработки таких участков применяют метод массовых обрушений. В зависимости от мощности толщи, подлежащей съему, применяют различные методы и их комбинации, рассмотренные выше. В наибольшей мере применяют метод скважинных зарядов и сочетание скважинного метода с методом камерных зарядов.

В первом случае заряды располагаются в скважинах. Бурение скважин и заряжание осуществляется из штолен, специально возводимых для этих целей (рис. 7.6.а). Этот способ применяется при небольшой мощности съема породы.

Во втором случае заряды располагаются и в камерах и в скважинах. Бурение скважин и сооружение зарядных камер так же осуществляется из специально возводимых штолен (рис. 7.6.б). Этот способ применяется при больших мощностях съема породы.

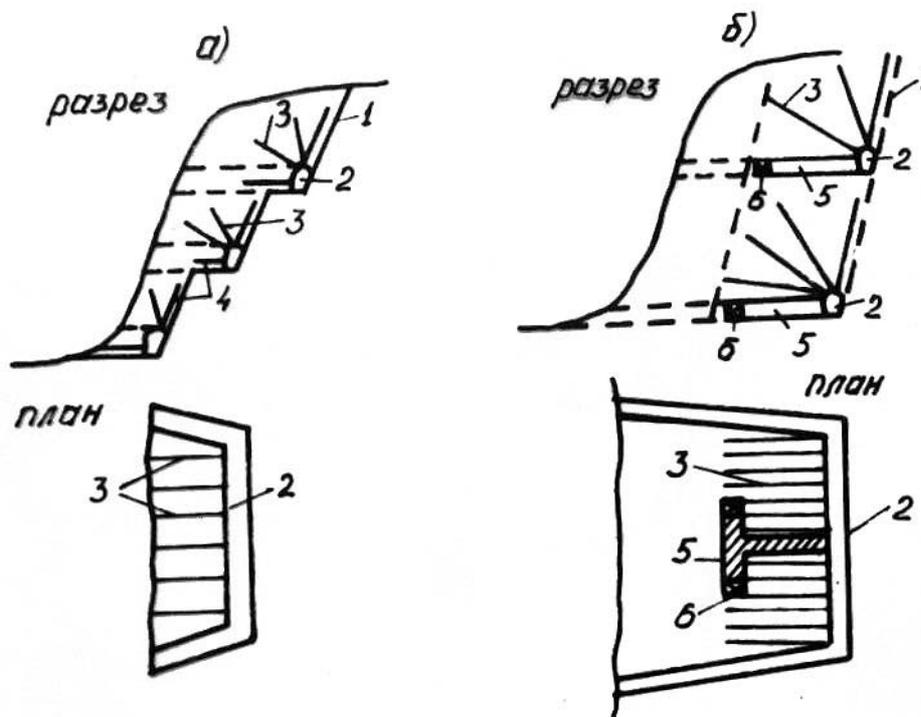


Рис. 7.6. Схемы разработки врезок методом массовых обрушений пород.

а) Методом скваженных зарядов (при малой мощности съема);

б) Методом и скваженных и камерных зарядов (при большой мощности съема);

1. проектный контур;
2. контурные буровые штольни;
3. веера скважин рыхления;
4. скважины контурного взрывания;
5. подходные выработки к зарядным камерам;
6. камерные заряды.

Взрывы с направленным выбросом.

В природе известны многие стихийные случаи образования высоких завалов с огромными объемами обрушившейся породы.

Современная техника позволяет при наличии благоприятных условий вызвать такой завал путем выполнения массового направленного взрыва. Его энергию, возможно, использовать для перемещения массы грунта в заданном направлении и уложить в определенном месте в пределах практически

заданного профиля с проектной плотностью. При этом до 80% выброшенной породы может быть уложено за пределами выемки в заранее намеченном месте.

Взрывы на выброс могут применяться и в мягких грунтах, например при строительстве каналов и других выемок (рис. 7.7.а).

В основе этого метода лежит взрывание серии сближенных камерных скважинных зарядов усиленного выброса. Чем больше  $n$ , тем больше выброс породы. При взрыве часть породы падает обратно в воронку, но большая часть вследствие повышенного давления газов над воронкой выбрасывается за пределы выемки.

В практике гидротехнического строительства метод направленного взрыва успешно применялся при возведении многих сооружений: плотины Медео, перемычки Чиркейской ГЭС и др (рис. 7.7.б).

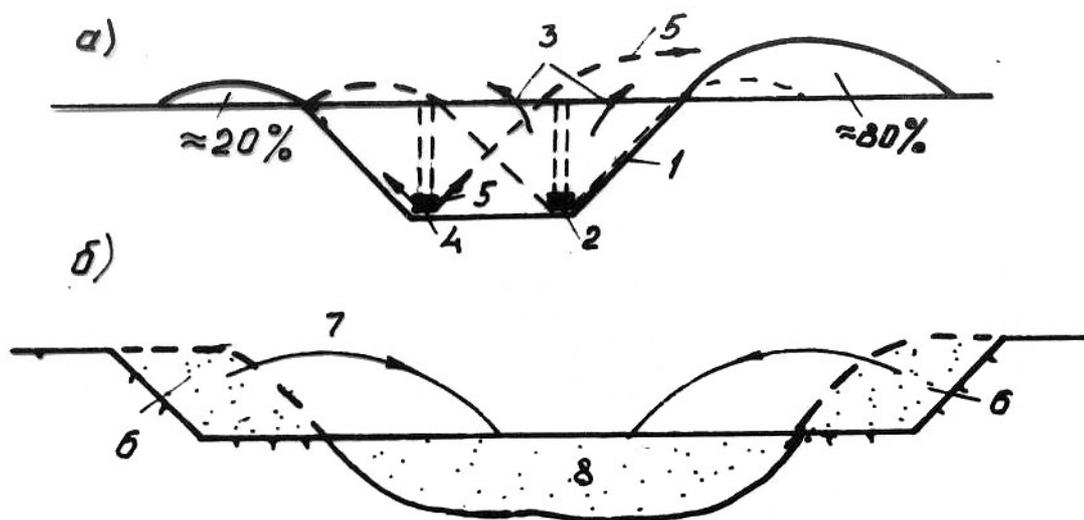


Рис.7.7. Схемы направленных взрывов

а) выемка каналов

б) насыпь взрывонабросных плотин

1. проектный контур канала;
2. заряд I очереди малой мощности;
3. направление разлета материала при взрыве I очереди;
4. заряд II очереди большой мощности;
5. направление разлета материала при взрыве II очереди;
6. карьер для взрывонабросной плотины;
7. направление разлета материала при взрыве;
8. взрывонабросная плотина (насыпь);

Например, плотина Медео высотой более 110 м и объемом насыпи более 3,5 млн. м<sup>3</sup> была возведена в 1966-67 гг. двумя мощными направленными взрывами с объемами зарядов около 3500 т ВВ и 4000 ВВ. В плотину взрывами было уложено 2,7 млн. м<sup>3</sup> камня с расходом ВВ около 2,5 кг/м<sup>3</sup>.