

## ВЗРЫВАНИЕ ДЕТОНИРУЮЩИМ ШНУРОМ

Для производства взрывных работ на горных предприятиях широко используется детонирующий шнур ДШ-А и ДШ-В. Благодаря своим свойствам ДШ может использоваться для взрывания всех видов зарядов ВВ, практически в любых условиях.

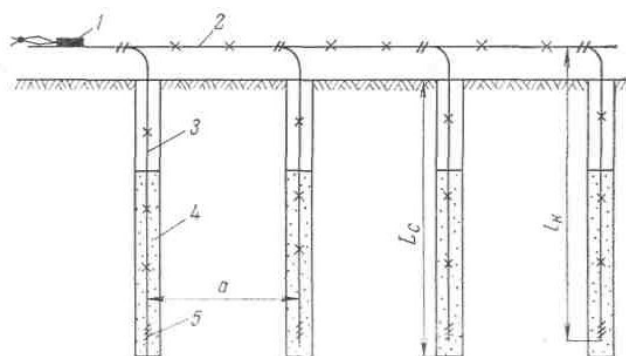


Рис. 35. Схема параллельно-ступенчатой взрывной сети из детонирующего шнура:  
 1 – электродетонатор; 2 – магистраль ДШ; 3 – концевой отрезок ДШ; 4 – заряд ВВ;  
 5 – узел ДШ;  $l_k$  – длина концевой отрезка;  
 $L_c$  – глубина скважины;  $a$  – расстояние между скважинами

Взрывная сеть из ДШ имеет несколько схем соединения: параллельно-ступенчатую (рис. 35), последовательную (рис. 36), параллельно-пучковую, пучковую (рис. 37). Короткозамедленное взрывание сетей из ДШ производится при помощи пиротехнических реле короткозамедленного действия (см. главу VI).

Расход ДШ зависит от схемы соединения взрывной сети, принятого способа дублирования, места расположения и числа боевиков в зарядах.

ДШ, прокладываемый по поверхности уступа вдоль взрывааемых зарядов, называют магистральным ДШ, или магистралью.

Дублированная магистраль состоит обычно из двух нитей ДШ. В особых случаях, при взрывании камерных зарядов, под водой или на болотах магистраль прокладывают из трех или четырех нитей ДШ. Отрезки ДШ, идущие от магистрали до боевика (последнего

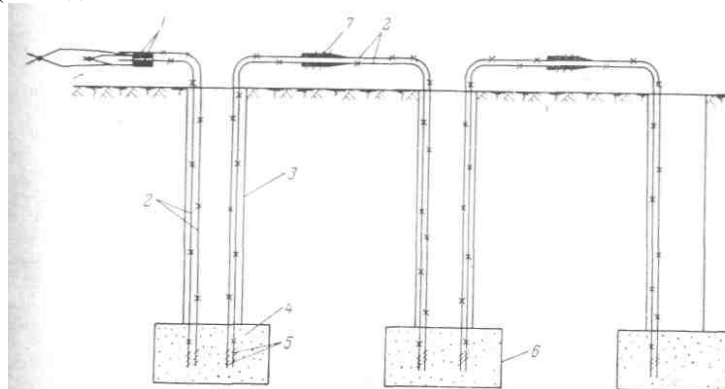


Рис. 36. Схема последовательной взрывной сети из детонирующего шнура:  
 1 – электродетонатор; 2 – детонирующий шнур; 3 – шурф; 4 – заряд ВВ; 5 – узел ДШ;  
 6 – зарядная камера; 7 – сросток ДШ

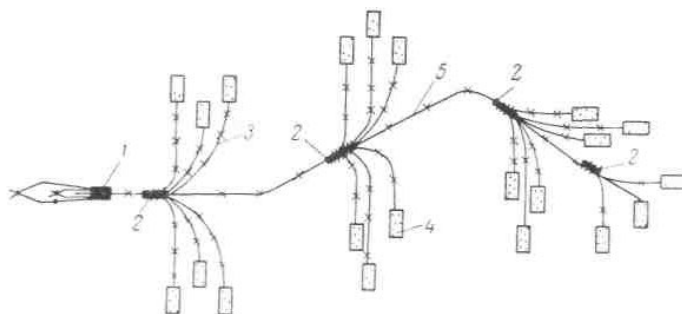


Рис. 37. Параллельно-пучковая (пучковая) схема взрывной сети из детонирующего шнура:  
 1 – электродетонатор; 2 – пучок отрезков ДШ; 3 – отрезок ДШ; 4 – заряд ВВ;  
 5 – магистраль ДШ

узла ДШ в заряде), называют концевыми отрезками. В обычной взрывной сети магистраль и концевые отрезки имеют по одной нити ДШ (см. рис. 35). При полном дублировании магистраль и концевые отрезки ДШ состоят из двух нитей, при частичном – концевые отрезки ДШ из двух нитей, магистраль – из одной (рис. 38).

Расчет параллельно-ступенчатой взрывной сети ДШ (см. рис. 35). Длина магистрали

$$L_M = k_3 a N, \text{ м} \quad (\text{V.1})$$

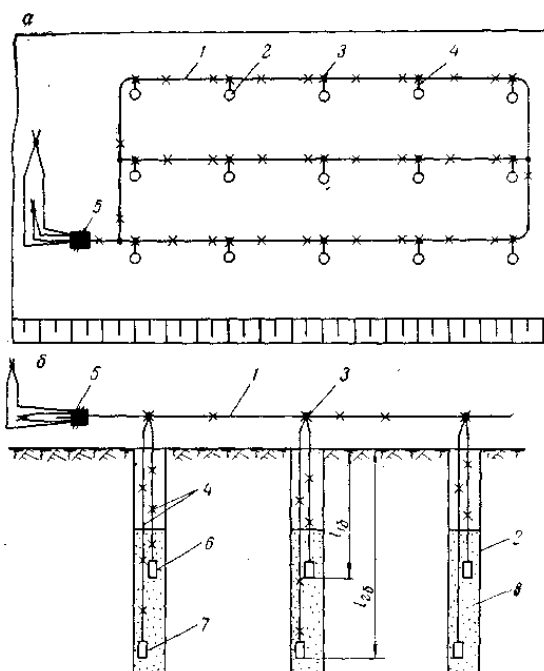


Рис. 38. Кольцевая схема взрывной сети из детонирующего шнура:

- a* – схема кольцевой сети; *б* – дублирование в кольцевой сети; 1 – магистраль ДШ;
- 2 – скважина; 3 – соединение ДШ морским узлом;
- 4 – концевые отрезки ДШ; 5 – электродетонаторы; 6 – верхний боевик;
- 7 – нижний боевик; 8 – заряд ВВ

где  $k_3 = 1,05-1,15$  – коэффициент запаса, учитывающий расход ДШ на слабину, соединение рядов зарядов, отрезков ДШ и КЗДШ и т. п. Для расчета в задачах принято среднее значение  $k_3 = 1,10$ ;

*a* – расстояние между зарядами, м;

*N* – число взрывааемых зарядов.

Длина концевых отрезков ДШ в скважине

$$l_{к.ш} = k_1 l_6, \text{ м} \quad (\text{V.2})$$

где  $k_1$  – коэффициент запаса, учитывающий расход ДШ на узлы, слабину, соединение с магистралью и т. п., среднее значение  $k_1 = 1,2$ ;

$l_6$  – расстояние от поверхности уступа до боевика (последнего узла ДШ в заряде), м.

Расход ДШ на параллельно-ступенчатую взрывную сеть: без дублирования

$$L_{ш} = k_3 a N + k_1 l_6 N = L_M + L_K, \text{ м} \quad (\text{V.3})$$

при полном дублировании

$$L_{ш} = 2k_3 a N + 2k_1 l_6 N = 2(L_M + L_K), \text{ м} \quad (\text{V.4})$$

при дублировании только концевиков

$$L_{ш} = k_3 a N + 2k_1 l_6 N, \text{ м} \quad (\text{V.5})$$

дублирование только магистрали

$$L_{ш} = 2k_3 a N + k_1 l_6 N, \text{ м} \quad (\text{V.6})$$

При одновременном инициировании заряда снизу и сверху концевые отрезки ДШ не дублируются. Независимо от глубины скважины расход ДШ при двухточечном инициировании определяется по формуле

$$L_{ш} = k_3 a N + k_1 N (l_{16} + l_{26}), \text{ м} \quad (\text{V.7})$$

где  $l_{16}$  и  $l_{26}$  – длина отрезков ДШ у верхнего и нижнего боевиков, м.

Пример 61. Параллельно-ступенчатая взрывная сеть ДШ используется для взрывания 40 скважинных зарядов, расстояние между которыми  $a = 5$  м. Боевики располагают на глубине 8 м. Определить расход ДШ на взрывную сеть без дублирования (см. рис. 35).

Решение. По формуле (V.3) определяем расход ДШ на взрывную сеть

$$L_{\text{ш}} = k_3 a N + k_1 l_{16} N = 1,1 \cdot 5 \cdot 40 + 1,2 \cdot 8 \cdot 40 = 604 \text{ м}$$

Пример 62. Определить расход на полностью дублированную взрывную сеть ДШ для одновременного взрывания трех групп зарядов со следующими параметрами:

первой группы

$$N_1 = 20 \text{ шт.}, a_1 = 6 \text{ м}, l_{16} = 12 \text{ м}$$

второй группы

$$N_2 = 15 \text{ шт.}, a_2 = 6,8 \text{ м}, l_{16} = 14 \text{ м}$$

третьей группы

$$N_3 = 25 \text{ шт.}, a_3 = 7,4 \text{ м}, l_{36} = 16,0 \text{ м}$$

Решение. 1. При различном расстоянии между зарядами длину магистрали определяем по формуле

$$L_{\text{м}} = k_3 (a_1 N_1 + a_2 N_2 + a_3 N_3 + \dots + a_n N_n) = 1,1 (6 \cdot 20 + 6,8 \cdot 15 + 7,4 \cdot 25) = 447,7 \quad (\text{V.8})$$

Принимаем  $L_{\text{м}} = 448$  м.

2. Определяем общую длину концевых отрезков ДШ в сети при их различной длине в зарядах

$$L_{\text{к}} = k_1 (l_{16} N_1 + l_{26} N_2 + \dots + l_{n6} N_n) = 1,2 (12 \cdot 20 + 14 \cdot 15 + 16 \cdot 25) = 1020 \text{ м} \quad (\text{V.9})$$

3. По формуле (V.4) определяем расход ДШ на полностью дублированную взрывную сеть из ДШ

$$L_{\text{м}} = 2(L_{\text{м}} + L_{\text{к}}) = 2(448 + 1020) = 2936 \text{ м}$$

Пример 63. На взрывание 30 зарядов требуется 800 м ДШ. Расстояние между зарядами  $a = 6$  м. Определить длину концевых отрезков, нарезаемых для инициирования зарядов.

Решение. 1. По формуле (V.1) определяем расход ДШ на магистраль

$$L_{\text{м}} = k_3 a N = 1,1 \cdot 6 \cdot 30 = 198 \text{ м}$$

2. Находим общий расход ДШ на концевые отрезки

$$L_{\text{к}} = L_{\text{ш}} - L_{\text{м}} = 800 - 198 = 602 \text{ м}$$

3. Определяем длину концевого отрезка на один заряд

$$l_{\text{к}} = k_1 l_{16} = \frac{l_{\text{к}}}{N} = \frac{602}{30} \approx 20$$

Последовательная взрывная сеть из ДШ (см. рис. 36) состоит из дублированных концевых отрезков, которые не соединяются между собой в заряде, а иницируются последовательно по мере взрывания зарядов. Последовательное соединение ДШ находит ограниченное применение, например, при взрыве зарядов в шурфах, неглубоких скважин большого диаметра и т. п. Характерной особенностью последовательной взрывной сети из ДШ является отсутствие магистрали.

Расход ДШ на монтаж дублированной последовательной взрывной сети ДШ определяется по формуле

$$L_{\text{ш}} = 4k_1 l_{16} N + 2k_3 a (N - 1), \text{ м} \quad (\text{V.10})$$

где  $l_{16}$  – расстояние от поверхности земли до боевика (последнего узла ДШ), м.

Значение  $k_3$  определяется по формуле (V.1),  $k_1$  – по формуле (V.2).

Параллельно-пучковая взрывная сеть из ДШ (см. рис. 37) используется для взрывания нескольких пучков зарядов от магистральной линии. Эта схема соединения отрезков ДШ используется при взрывании негабарита, пучков шпуров или скважин.

Длина магистрали при параллельно-пучковом соединении определяется по формуле

$$L_M = k_2 a_{\Pi} n_{\Pi}, \text{ м} \quad (\text{V.11})$$

где  $k_2$  – коэффициент непрямолинейности магистрали. В зависимости от расположения зарядов  $k_2 = 1,3-1,5$ ;  
 $a_{\Pi}$  – расстояние между пучками ДШ на магистрали, м;

$n_{\Pi}$  – число пучков ДШ на магистрали. Средняя длина концевых отрезков  $l_k$  зависит от расположения зарядов и определяется условиями производства работ или условиями задачи. В один пучок к одной нити ДШ обычно подсоединяют не более шести отрезков ДШ.

Расход ДШ в параллельно-пучковой взрывной сети определяется по формуле

$$L_{\text{ш}} = L_M + L_k = k_2 a_{\Pi} n_{\Pi} + n_k m_k l_k, \text{ м} \quad (\text{V.12})$$

При многорядном взрывании используется кольцевая взрывная сеть ДШ (см. рис. 38, а). Магистраль в кольцевой взрывной сети не дублируется. Длина магистрали в кольцевой взрывной сети определяется по формуле

$$L_M = k_3 (aN + bn_p), \text{ м} \quad (\text{V.13})$$

где  $b$  – расстояние между рядами зарядов, м;

$n_p$  – число взрываваемых рядов.

Расход ДШ на кольцевую взрывную сеть

$$L_{\text{ш}} = k_3 (aN + bn_p) + l_k N \quad (\text{V.14})$$

Длина концевых отрезков зависит от глубины расположения и числа боевиков (узлов) ДШ в заряде.

Пример 64. Для взрывания десяти камерных зарядов используется дублированная последовательная сеть ДШ. Боевики располагаются на глубине 16 м, расстояние между зарядами  $a = 20$  м. Определить расход ДШ на дублированную последовательную взрывную сеть.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему взрывной сети (см. рис. 36).

2. По формуле (V.10) находим расход ДШ на монтаж дублированной последовательной взрывной сети

$$L_{\text{ш}} = 4k_1 l_6 N + 2k_3 a (N - 1) = 4 \cdot 1,2 \cdot 16 \cdot 20 + 2 \cdot 1,1 \cdot 20(10 - 1) = 1164 \text{ м}$$

Пример 65. В карьере с наличием блуждающих токов для взрывания негабарита используется детонирующий шнур. При этом в параллельно-пучковой взрывной сети соединяется по 12 пучков. Среднее расстояние между пучками  $a_{\Pi} = 4$  м. Средняя длина концевых отрезков  $l_k = 2,5$  м, расход ДШ на параллельно-ступенчатую взрывную сеть  $L_{\text{ш}} = 278$  м. Определить среднее количество концевых отрезков ДШ в пучке.

Решение. 1. Составляем принципиальную схему параллельно-пучковой взрывной сети (см. рис. 37).

2. Определяем длину магистрали по формуле (V.11)

$$L_M = k_2 a_{\Pi} n_{\Pi} = 1,4 \cdot 4 \cdot 12 = 68 \text{ м}$$

3. Находим общую длину концевых отрезков

$$L_k = L_{\text{ш}} - L_M = 278 - 68 = 210 \text{ м}$$

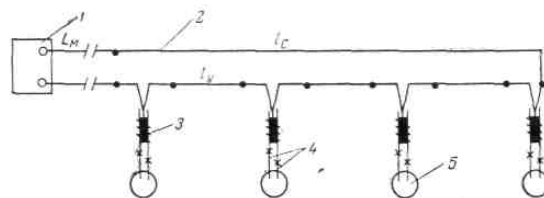


Рис. 39. Схема комбинированной взрывной сети:

1 – источник тока; 2 – провода электровзрывной сети; 3 – электродетонаторы,  
 4 – концевые отрезки ДШ; 5 – скважина

4. Определяем среднее число концевых отрезков в пучке

$$m_1 = \frac{L_k}{n_{\Pi} l_k} = \frac{210}{12 \cdot 2,5} = 7 \text{ шт}$$

Пример 66. Для взрывания трех рядов скважинных зарядов используется кольцевая взрывная сеть ДШ. В каждом ряду 12 скважин. В заряде располагается по два боевика:  $l_{16} = 8$  м,  $l_{26} = 16$  м. Расстояние между скважинами в ряду  $a = 9$  м, между рядами скважин  $b = 7,5$  м. Определить расход ДШ для данной кольцевой взрывной сети.

*Решение.* 1. Составляем принципиальную схему взрывной сети (см. рис. 38, а).

2. Определяем длину концевых отрезков для одного заряда

$$l_k = k_1 (l_{1\sigma} + 2l_{2\sigma}) = 1,2 (8 + 16) = 28,8 \text{ м}$$

3. По формуле (V.14) определяем расход ДШ на кольцевую взрывную сеть

$$L_{ш} = k_3 (aN + bn_p) + l_k N = 1,1 (9 \cdot 36 + 7,5 \cdot 3) + 28,8 \cdot 36 = 1418 \text{ м}$$

В комбинированной взрывной сети концевые отрезки ДШ у каждого заряда инициируются ЭД (рис. 39). При расчете комбинированной взрывной сети определяют параметры электровзрывной сети и расход ДШ на концевые отрезки. Электровзрывную сеть рассчитывают по формулам, приведенным в четвертой главе.

**Пример 67.** Для взрывания 12 скважинных зарядов используется комбинированная взрывная сеть. Электродетонаторы в инициирующей электровзрывной сети соединены последовательно. Боевики с дублированными концевыми отрезками располагаются на глубине  $l_\sigma = 18 \text{ м}$ , расстояние между зарядами  $a = 9 \text{ м}$ . Сопротивление магистрали  $R_m = 4,5 \text{ ом}$ , длина концевых проводов у ЭД – 2 м;

$$r_s = 2,60 \text{ ом}; r_y = r_c = 0,12 \text{ ом/м}$$

Определить сопротивление инициирующей электровзрывной сети и расход ДШ на взрывание данной серии зарядов.

*Решение.* 1. Составляем принципиальную схему комбинированной взрывной сети (см. рис. 39).

2. Определяем длину участковых проводов по формуле

$$l_y = 1,1N(a - 2l_d) = 1,1 \cdot 12(9 - 2 \cdot 2) = 66 \text{ м}$$

3. Находим длину соединительных проводов

$$l_y = 1,2aN = 1,2 \cdot 9 \cdot 12 = 130 \text{ м}$$

4. Определяем сопротивление инициирующей электровзрывной сети

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + R_y + Nr_s = 4,5 + 130 \cdot 0,12 + 66 \cdot 0,12 + 12 \cdot 2,6 = 59,2 \text{ ом}$$

5. Определяем расход ДШ по формуле

$$L_k = l_k N = 1,2 \cdot 2l_\sigma N = 1,2 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 12 = 519 \text{ м}$$

**Задача 174.** Определить длину магистрали из ДШ при взрывании 40 зарядов, расположенных один от другого на расстоянии 5,4 м.

**Задача 175.** Для инициирования каждого скважинного заряда два боевика располагают на различной глубине:  $l_{1\sigma} = 7 \text{ м}$ ,  $l_{2\sigma} = 16 \text{ м}$ . Определить расход ДШ на концевые отрезки при взрывании 34 зарядов.

**Задача 176.** При взрывании 27 зарядов на магистраль израсходовано 150 м ДШ. Определить расстояние между зарядами.

**Задача 177.** Параллельно-ступенчатая взрывная сеть ДШ используется для взрывания 62 скважинных зарядов. Определить расход ДШ на взрывную сеть, если известны величины  $l_\sigma = 8 \text{ м}$ ,  $a = 6,5 \text{ м}$ .

**Задача 178.** На взрывание 50 зарядов с дублированными концевиками параллельно-ступенчатой взрывной сети израсходовано 1410 м ДШ. Определить расход ДШ на магистраль при  $l_\sigma = 9 \text{ м}$ .

**Задача 179.** При взрывании без дублирования на параллельно-ступенчатую взрывную сеть израсходовано 1260 м ДШ, в том числе на магистраль 440 м. Определить глубину расположения боевиков при  $a = 8 \text{ м}$ .

**Задача 180.** В 24 зарядах взрывающей серии боевики располагаются на глубине  $l_{1\sigma} = 10 \text{ м}$  при  $a = 6 \text{ м}$ , в 16 зарядах –  $l_{2\sigma} = 12 \text{ м}$  при  $a = 6,5 \text{ м}$ , в 10 зарядах  $l_{3\sigma} = 14 \text{ м}$  при  $a = 7 \text{ м}$ . Определить расход ДШ на параллельно-ступенчатую недублированную взрывную сеть.

**Задача 181.** В полностью дублированной параллельно-ступенчатой взрывной сети боевики располагаются в зарядах на глубине 12 м. Определить расстояние между зарядами при расходе ДШ на взрывную сеть 1392 м, если  $N = 30$  шт.

**Задача 182.** Параллельно-ступенчатая взрывная сеть ДШ с дублированными концевиками используется для взрывания 80 зарядов. Определить расход ДШ на монтаж данной взрывной сети, если известны величины  $a = 6,8 \text{ м}$ ,  $l_\sigma = 8 \text{ м}$ .

**Задача 183.** Во взрываемых 64 зарядах боевики расположены на глубине  $l_\sigma = 6 \text{ м}$ . Расстояние между зарядами 4 м. Определить расход ДШ на монтаж параллельно-ступенчатой взрывной сети с дублированной магистралью.

**Задача 184.** Расход ДШ на монтаж полностью дублированной параллельно-ступенчатой взрывной сети составил 1780 м, в том числе на магистраль 880 м при  $a = 8 \text{ м}$ .

Определить глубину расположения боевиков в обводненных скважинах.

**Задача 185.** В параллельно-ступенчатой взрывной сети ДШ в каждом скважинном заряде на различной глубине расположены два боевика:  $l_{16} = 7$  м,  $l_{26} = 15$  м. Определить расход ДШ на монтаж взрывной сети при двухточечном инициировании зарядов, если  $N = 38$ .

**Задача 186.** При двухточечном инициировании скважинных зарядов расход ДШ на монтаж параллельно-ступенчатой взрывной сети составил 1412 м, в том числе на магистраль 308 м при  $a = 7$  м. Определить глубину заложения нижнего боевика  $l_{26}$  при  $l_{16} = 8$  м.

**Задача 187.** В полностью дублированной последовательной взрывной сети из ДШ боевики располагают на глубине 16 м. Определить требуемое количество ДШ на монтаж взрывной сети при  $N = 18$  и  $a = 22$  м.

**Задача 188.** На последовательную дублированную взрывную сеть израсходовано 1710 м ДШ при  $a = 18$  м,  $N = 18$  шт. Определить глубину заложения боевиков в зарядах.

**Задача 189.** При взрывании негабарита используется параллельно-пучковая взрывная сеть ДШ. Длина магистрали 66 м, число пучков 8, средняя длина концевых отрезков 2,4 м, на один пучок расходуется 12 м ДШ. Определить расход ДШ на данную взрывную сеть и количество зарядов в пучке.

**Задача 190.** При трехрядном расположении скважин на магистраль кольцевой взрывной сети израсходовано 380 м ДШ. Общий расход ДШ составил 900 м. Определить глубину заложения боевиков при  $N = 40$  шт.

**Задача 191.** В кольцевой взрывной сети из ДШ заряды располагаются на расстоянии 7,8 м, расстояние между рядами зарядов  $b = 7$  м. В каждом заряде по два боевика:  $l_{16} = 9,2$  м;  $l_{26} = 15,8$  м; число зарядов 28 шт. Определить расход ДШ на кольцевую взрывную сеть при двухрядном расположении скважин.