

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра геотехнологии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по проведению практических занятий**  
**и самостоятельной работе студентов**

**«ПОДЗЕМНАЯ РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ**  
**ИСКОПАЕМЫХ»**

Новокузнецк  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения .....	4
1. Расчет зарядов ВВ .....	5
2. Определение глубины шпуров.....	7
3. Определение числа шпуров и их расположение .....	8
4. Определение расхода ВВ на заходку (цикл) .....	12
5. Расчет скорости проведения выработки.....	15
6. Основные схемы и расчет электровзрывных цепей.....	17
7. Индивидуальное задание.....	21
8. Меры безопасности взрывных работ в угольных шахтах.....	24
Контрольные вопросы .....	29
Список рекомендуемой литературы.....	31

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Взрывной способ разрушения горных пород универсален. Он может применяться при любой крепости угля и пород как в очистных, так и в подготовительных выработках.

Данный способ разрушения горных пород основан на применении взрывчатых веществ, при быстротечном процессе детонации которых освобождающаяся энергия отделяет от массива породу и осуществляет ее дробление.

Применяют следующие способы ведения взрывных работ: шпуровой, скважинный, камерный и накладными зарядами. Шпуровой метод применяют при проведении выработок.

Шпуром называется продольное цилиндрическое углубление глубиной до 5 м и диаметром до 75 мм, пробуриваемое в разрушаемом массиве бурильными машинами. При шпуровом методе ведения взрывных работ применяют сплошной заряд. На шахтах, опасных по газу и пыли, применяют предохранительные ВВ и сплошные заряды.

По условиям применения взрывчатые вещества (ВВ) подразделяются на три группы: непридохранительные – для взрывных работ на поверхности и в шахтах, не опасных по газу и пыли (скальные аммониты, гранулиты, аммоналы, аммонит); предохранительные – для шахт, опасных по газу и пыли (аммонит АП-5ЖВ, ПЖВ-20 и др.); повышенной предохранительности для взрывных работ по углю (угленит Э-6, П-12ЦБ, патроны СП-1).

При проходке подземных горных выработок применяют ВВ только в патронированном виде.

Различают огневое, электроогневое и электрическое взрывание зарядов. На шахтах, опасных по газу и пыли, применяют электрический способ. В качестве средств инициирования (СИ) используют электродетонаторы короткозамедленного действия типа ЭДКЗ-ПК и ЭДКЗ-ПКМ.

Проведение подземных горных выработок буровзрывным способом в обязательном порядке производится на основании технической документации – паспорта БВР.

Паспорта должны утверждаться руководителем той организации, которая ведет взрывные работы. Паспорта составляются на основании и с учетом результатов не менее трех опытных взрываний. По разрешению руководителя взрывных работ организации допускается

вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведенных в аналогичных условиях.

Паспорт должен включать:

- а) схему расположения шпуров, наименования взрывчатых материалов, число шпуров, их глубину и диаметр, массу и конструкцию зарядов и боевиков, последовательность и количество приемов взрывания зарядов, материал забойки и ее длину, схему монтажа электровзрывной сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схему и время проветривания забоев;
- б) размер радиуса опасной зоны;
- в) схему мест укрытия мастера-взрывника и рабочих на время производства взрывных работ, которые должны располагаться за пределами опасной зоны.

Кроме того, для шахт, опасных по газу или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли).

## 1. РАСЧЕТ ЗАРЯДОВ ВВ

Наиболее широкое распространение для определения удельного расхода ВВ получила методика Н. М. Покровского [2].

Удельный расход ВВ на 1 м<sup>3</sup> обуренной породы определяют по формуле:

$$q=0,1 \cdot f \cdot f^1 \cdot v \cdot e, \text{ кг/м}^3 \quad (1)$$

Однако, в процессе выполнения практических задач, полученные результаты удельного расхода ВВ по формуле 1 при крепости пород  $f < 2$  малы, т. е. не удовлетворяют требованиям практического опыта. В связи с этим, для расчета удельного расхода ВВ при  $f < 2$  предлагается руководствоваться формулой:

$$q=0,5 \cdot f \cdot f^1 \cdot v \cdot e, \text{ кг/м}^3 \quad (2)$$

где:

$f$  – коэффициент крепости породы по шкале проф. М. М. Протодьяконова;

$f^I$  – коэффициент структуры породы.

$\nu$  – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки.

Значение коэффициента крепости  $f$  принимают в зависимости от категории породы, которая дана в *таблице 10* для индивидуального задания.

Значение коэффициента  $f^I$  принимается в зависимости от свойств и структуры пород, их залегания и трещиноватости [2]:

- вязкие, упругие, пористые – 2;
- дислоцированные с неправильным или параллельным оси выработки залеганием и мелкой трещиноватостью – 1,4;
- со сланцевым залеганием и меняющейся крепостью, с напластованием, перпендикулярным к направлению шпуров – 1,3;
- массивные, хрупкие, плотные – 1,1.

Коэффициент зажима породы  $\nu$  подготовительных выработок, как указывает проф. Н. М. Покровский, имеет наибольшее значение для малых поперечных сечений; с увеличением площади поперечного сечения выработок, проводимых в одних и тех же породах, расход ВВ уменьшается. Значение коэффициента  $\nu$  при одной обнаженной плоскости определяют по формуле:

$$\nu = 6,5 / \sqrt{S_v} \quad (3)$$

где:

$S_v$  – площадь поперечного сечения выработки в черне, м<sup>2</sup>.

$e$  – коэффициент работоспособности применяемого ВВ определяют как

$$e = 380 / P_x, \quad (4)$$

где:

380 – работоспособность стандартного ВВ.

$P_x$  – работоспособность применяемого ВВ, зависящая от крепости пород (*табл. 1*) [2, 5, 3].

## Работоспособность ВВ

Коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова	1-3		3-8	8-10	более 10
	Работоспособность рекомендуемых ВВ, м <sup>3</sup>	130 Угленит Э-6	265-280 ПЖВ-20 Т-19	320 АП-5ЖВ	320-365 Игданит, АП-6ЖВ

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ШПУРОВ

Глубина шпуров принимается на основании практических данных и рекомендуемой глубины шпуров [3] в зависимости от крепости пород и площади забоя (табл. 2).

Таблица 2

## Рекомендуемая глубина шпуров в зависимости от крепости пород и сечения выработок

Коэффициент крепости пород $f$	Глубина шпуров $l_{ш}$ , м, для выработки сечением, м <sup>2</sup>	
	6-12	13-16
< 3	1,0-1,6	1,0-1,8
3-6	2,0-2,5	2,5-3,0
Более 6	1,5-2,0	2,0-2,5

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ШПУРОВ И ИХ РАСПОЛОЖЕНИЕ

Число шпуров в забое  $N$  зависит от крепости пород, площади поперечного сечения выработки вчерне, вместимости шпуров и определяется по формуле [2]:

$$N = \frac{1,27q \cdot S_4}{d^2 k_3 \otimes}, \quad (5)$$

где:

$S_4$  – площадь поперечного сечения выработки вчерне,  $\text{м}^2$ ,  
определяется из выражения [4]:

$$S_4 = S_{ap} + P_a(H + \delta_3), \quad (6)$$

где:

$S_{ap}$  – сечение горной выработки до осадки выбираем из *табл. 10*;

$P_a$  – параметры периметра арки до осадки выбираем из *табл. 11*, м;

$H$  – высота профиля арки – выбираем из таблицы в соответствии с *рис. 4б*, м;

$\delta_3$  – толщина затяжки ( $\delta_3 = 50$  мм);

$d$  – диаметр патрона ВВ, м (принимают  $d=0,036$  м);

$k_3$  – коэффициент заполнения шпура  $k_3$  для шахт, опасных по газу и пыли, склонных к внезапным выбросам угля и газа, определяют по условиям минимально допустимой длины забойки шпуров. При глубине шпуров  $l=0,6-1,0$  м,  $k_3=0,5$ ; при  $l>1,0$  м,  $k_3=0,7-0,72$ .

$\Delta$  – плотность ВВ в заряде (принимают применительно к предохранительным ВВ, равным  $1000-1150 \text{ кг/м}^3$ ).

## Характеристика специальных профилей

Номер профиля	Масса, кг/м	Размеры, м							Площадь сечения, см <sup>2</sup>
		<i>B</i>	<i>в</i>	<i>м</i>	<i>т</i>	<i>н</i>	$\delta$	<i>h</i>	
СВП17	17,0	131,5	91,5	60,0	51,0	94,0	8,5	23,0	21,73
СВП19	19,2	136,0	94,0	60,0	51,0	102,0	9,5	24,0	24,44
СВП22	21,9	145,5	99,5	60,0	51,0	110,0	11,0	25,5	27,91
СВП27	26,9	149,5	99,5	59,5	50,6	123,0	13,0	29,0	34,37

Шпуров подразделяются на: врубовые, отбойные и оконтуривающие (рис. 1).

Число врубовых шпуров в зависимости от крепости пород, площади поперечного сечения горных выработок в черне должно быть не менее четырех и не более восьми. При однородных горных породах вруб располагается в центре площади сечения горной выработки.

В тех случаях, когда в сечении горной выработки присутствует угольный пласт, то вруб располагается, как правило, в плоскости пласта.

Оконтуривающие и врубовые шпуров располагаются между собой на расстоянии в соответствии с табл. 4 [1].

Пример расположения шпуров в забое выработок для конкретных условий представлен на рис. 1.

**Врубовые шпуров 1-4**, взрыв зарядов в которых создаст дополнительную поверхность обнажения в забое и улучшает условия работы остальных шпуров. Врубовые шпуров обычно бурят на 0,2-0,3 м глубже остальных. В практике встречается множество схем расположения врубовых шпуров.

**Отбойные шпуров 5-13**, заряды которых взрываются после врубовых, предназначены для расширения объема первоначального вруба. При малых сечениях выработки отбойных шпуров может и не быть, а при большом сечении отбойными шпурами разрушается большая часть породы в забое.

**Оконтуривающие шпуров 14-26**, заряды которых взрываются последними. Они придают выработке проектную форму поперечного сечения.

В связи с тем, что в шахтах, опасных по взрыву метана и угольной пыли, взрывание должно производиться за один прием, но с разным ин-



тервалом замедления взрыва врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров. Период замедления осуществляется за счет применения электротонаторов в соответствии с таблицей 5.

Врубовые шпуры рекомендуется заряжать с интервалом замедления ноль (0 мс).

Таблица 4

### Расстояние между шпурами

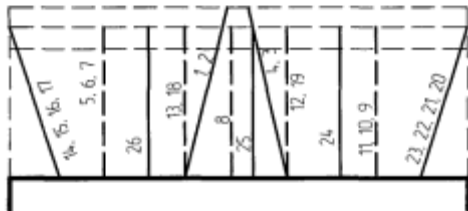
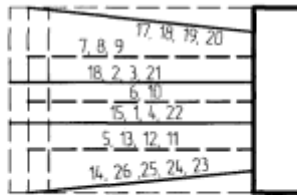
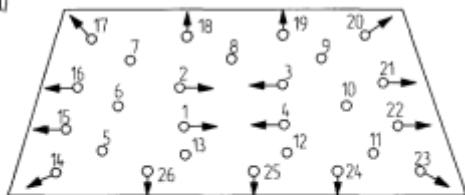
По породе:		
Врубовыми и отбойными	при $f < 7$ не менее 0,45 м	при $f > 7$ не менее 0,3 м
Оконтуривающими: между собой 0,6-0,8	от контура выработки 0,15-0,25 м	от контура выработки 0,1-0,2 м
По углу:		
Врубовыми и отбойными	0,5-0,6 м	–
Оконтуривающими: между собой 0,6-0,8	от контура выработки 0,2-0,3 м	–

Таблица 5

### Техническая характеристика средств электрического инициирования зарядов ВВ

Электротонатор	Число серий замедлений	Интервал серий замедлений, мс	Безопасный ток, А	Примечание
ЭД-КЗ-ПК	1-9	0; 25; 50; 75; 100; 125; 150; 175; 250	0,18	Пониженная чувствительность к воздействию зарядов статического электричества и блуждающих токов. Для ВР в шахтах опасных по газу и угольной пыли
ЭД-КЗ-ПКМ	1-10	0; 20; 40; 60; 80; 100; 125; 150; 175; 200	0,18	Пониженная чувствительность к воздействию зарядов статического электричества и блуждающих токов. Для ВР в шахтах опасных по газу и угольной пыли

а)



б)

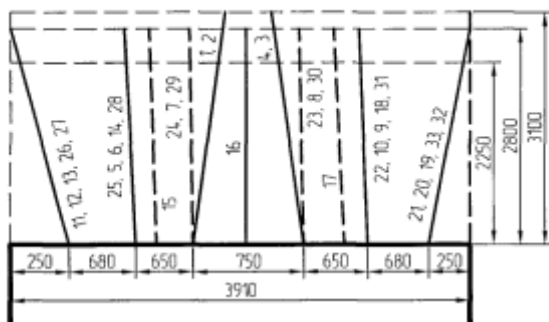
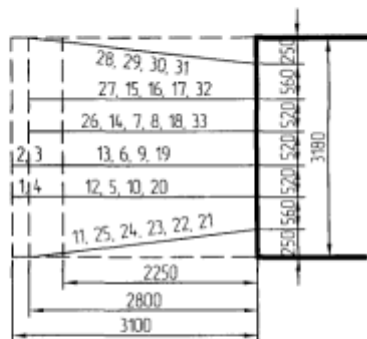
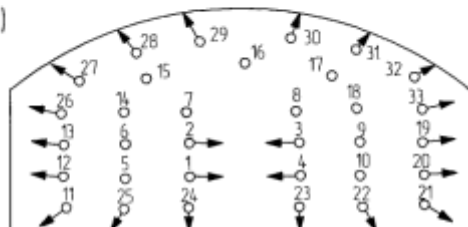


Рисунок 1. Схема расположения шпуров в забое выработки:  
*а* – трапециевидной формы сечения: 1-4 – врубовые шпуров; 5-13 – отбойные шпуров; 14-26 – оконтуривающие шпуров;  
*б* – арочной формы сечения: 1-4 – врубовые шпуров; 5-8 – отбойные шпуров; 11-33 – оконтуривающие шпуров.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ВВ НА ЗАХОДКУ (ЦИКЛ)

Массу заряда на одну заходку определяют по формуле [4]:

$$Q = q \cdot S_v \cdot l_{ш}, \text{ кг}, \quad (7)$$

где:

$S_v$  – площадь поперечного сечения выработки вчерне, м<sup>2</sup>;

$l_{ш}$  – глубина шпура, м;

$q$  – удельный расход ВВ, кг/м;

Масса заряда в среднем на один шпур:

$$q_{ш} = Q / N, \text{ кг}. \quad (8)$$

Масса шпурового заряда по группам шпуров ориентировочно равна

$$q_{вр} = (1,1-1,15) q_{ш}; \quad q_{от} = q_{ш}; \quad q_{ок} = (0,85-0,8) \cdot q_{ш}, \quad (9)$$

где

$q_{вр}$ ,  $q_{от}$ ,  $q_{ок}$  – масса шпурового заряда соответственно врубных, отбойных и оконтуривающих шпуров, кг.

Масса заряда в шпуре корректируется по целому числу патронов в шпуре. Обычно для шахт, опасных по газу и пыли, патроны предохранительных ВВ выпускаются массой 0,2 и 0,3 кг, длиной соответственно 200 и 300 мм, диаметром 36 мм.

Основные размеры патронов ВВ, применяемых в шахтах, приведены в табл. 6 [5].

## Длина и вес патрона промышленных ВВ

Тип ВВ	Диаметр патрона ВВ, (мм)	Длина патрона, (см), при массе, (г)		
		200	250	300
Аммонит 6ЖВ	31-32	25-23	31-29	
Детонит М	27-28; 31-32; 36-37	33-30; 25-23	31-29; 23-22	28-26
Аммонит АП-5ЖВ	36-37	18-17	23-21	27-26
Аммонит ПЖВ-20	36-37	17-16	22-20	26-24
Аммонит Т-19	36-37	17-16	22-20	26-24
Угленит Э-6	36-37	17-16	22-20	26-24

Число патронов на один шпур определяют как [4]:

$$n_{вр} = q_{вр} / q_n; \quad n_{от} = q_{от} / q_n \quad n_{ок} = q_{ок} / q_n, \quad (10)$$

где  $q_n$  – масса патрона ВВ, кг.

Число патронов определяют округлением величин  $q_{вр}$ ,  $q_{от}$ ,  $q_{ок}$  до целого кратного числа.

В связи с округлением величин  $q_{вр}$ ,  $q_{от}$  и  $q_{ок}$  изменится и величина заряда на заходку, поэтому окончательный фактический расход ВВ на цикл (заходку) определяем по формуле:

$$Q_{ф} = q_n (n_{вр} N_{вр} + n_{от} N_{от} + n_{ок} N_{ок}) + (0,25 - 0,35) q, \quad \text{кг}, \quad (11)$$

где  $(0,25-0,35) q$  – расход ВВ на проведение водосточной канавки.

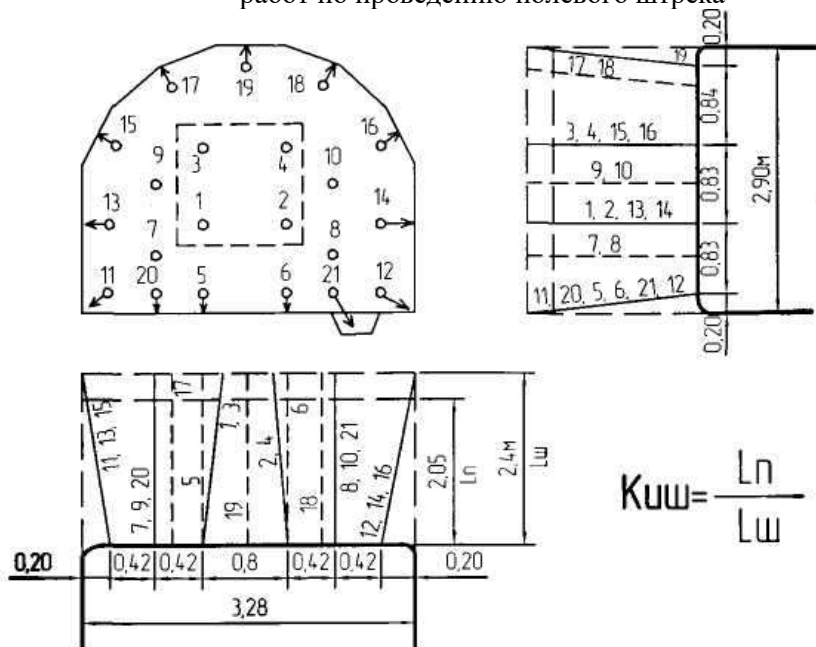
Длина забойки шпуров: при  $l_{шп} < l_m$ ,  $l_{заб} \geq 0,5 l_{шп}$ ; при  $l_{шп} > l_m$ ,  $l_{заб} \geq 0,5 m$ ; где,  $l_{шп}$  – длина шпура, м;  $l_{заб}$  – длина забойки, м.

Основные расчетные данные, полученные при выполнении индивидуального задания, должны быть представлены в виде пояснительной записки и прилагаемой графической части в масштабе 1:50 в соответствии с примером, представленном на рис. 2 [6].

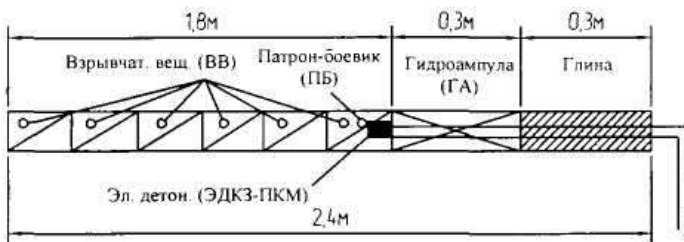
Показатели	Единицы измерения	Количество
Категория шахт	по газу - III По пыли - опасная	— —
Сечение выработки	вчерне всвету	м <sup>2</sup> 7,5 6,5
Категория крепости по шкале проф. Протоdjeяконова	угля породы	— — 5
Буровые машины	тип УБШ количество	шт — 2,0
Коронки, резцы	тип, диаметр количество	мм шт 43,0
Количество шпуров на цикл	по углю по породе	шт — 21
Количество шпурометров за цикл	по углю по породе	м — 50,4
Количество шпурометров на 1м проведения	по углю по породе	м — 24,6
К.И.Ш.	по углю по породе	— — 0,85
Тип ВВ - ПЖВ-20		— —
Расход ВВ	на цикл на 1м	кг 34,8 16,9
Тип электродетонаторов - ЭДКЗ-ПКМ		— —
Расход электродетонаторов	на цикл на 1м	шт 21 10,3
Тип взрывной машинки - ВМК-3/50		— —
Подвигание забоя за взрывание, Lп		м 2,05
Выход угля за цикл		— —
Выход породы за цикл		м <sup>3</sup> 15,3

Рисунок 2. Графическая часть паспорта буровзрывных

работ по проведению полевого штрека



### Конструкция шпура



№№ шпуров взрываемых за один прием	Длина каждого шпура, м	Углы наклона		Вес заряда каждого шпура, кг	Очередность взрывания
		в проек- ции II	в проек- ции III		
1-4	2,63	75	90	1,8	I
7-10	2,40	90	90	1,5	II
5-6, 11-21	2,40	85	85	1,8	III

## 5. РАСЧЕТ СКОРОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТКИ

Вычисляется подвигание забоя за цикл:

$$L_{ц} = l_{ш} \cdot \dot{\eta}, \quad (12)$$

где:

$l_{ш}$  – глубина шпура, м;

$\dot{\eta}$  – коэффициент использования шпура (к.и.ш.).

Количество циклов в сутки принимается равным 4, тогда

$$L_{сут} = 4 \cdot L_{ц} \quad (13)$$

Подвигание забоя за месяц равно

$$L_{мес} = L_{сут} \cdot t, \text{ м} \quad (14)$$

где  $t$  – число рабочих дней по проходке.

Объем взорванной породы в массиве:

$$V = S_{ц} \cdot L_{ц}, \text{ м}^3 \quad (15)$$

Расход ВВ на 1 м длины выработки:

$$q_{м} = Q_{ф} / L_{ц}, \text{ кг} \quad (16)$$

Фактический удельный расход ВВ на 1 м<sup>3</sup> породы массива:

$$q_{ф} = Q_{ф} / V, \text{ кг} \quad (17)$$

## 6. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ И РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ ЦЕПЕЙ

Электровзрывная цепь состоит из электродетонаторов с проводами, концевых проводов, участков проводов, идущих к источнику тока [7]. Цепь монтируется из изолированных одно- и многопроволочных медных проводов. Для взрывных работ в шахтах применяют провода марок ВП 1, ВП 2х0,7, НГШМ 2х1,5, НГШМ 2х10.

При взрывных работах можно применять следующие схемы соединения электродетонаторов в цепи: последовательную, параллельную (рис. 3).

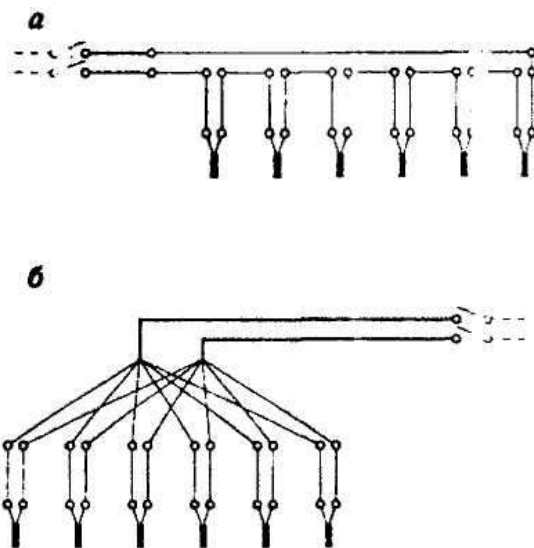


Рисунок 3. Схема электровзрывных цепей

При взрывании ЭД взрывными приборами в шахтах, опасных по газу и угольной пыли, соединение электродетонаторов должно быть только последовательным. Сопротивление или исправность (целостность) взрывной сети проверяют допущенными для этих целей приборами: ВИС-1; ХН2570 (табл. 7) [5].



## Основные технические характеристики контрольной и измерительной аппаратуры

Наименование параметров, размерность	Значение параметров для приборов типа	
	ХН 2570	ВИС-1
Пределы измерения, Ом	1,0-19000	Контроль предельного сопротивления ВС 320 Ом
Основная погрешность измерения, %	±2	±5
Ток в измеряемой цепи (не более), мА	5	5
Основные размеры, мм	145×80×35	135×65×40
Масса, кг	0,38	0,3

Для взрывания большого количества ЭД можно применять последовательно-параллельные соединения ЭД.

Последовательная схема соединения ЭД наиболее эффективна и надежна. Ее целесообразно применять во всех случаях, когда нужно обеспечить получение номинального тока.

Общее сопротивление электровзрывной сети (Ом) при последовательном соединении:

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + n(r_k + r_d) \quad (18)$$

где:

$R_m$  – сопротивление магистрали, Ом;

$R_c$  – сопротивление соединительных проводов, Ом (принимается, что соединительные провода отсутствуют);

$n$  – число электродетонаторов;

$r_k$  – сопротивление одной пары концевых проводов, Ом;

$r_d$  – сопротивление одного электродетонатора, Ом.

$$R_m = \frac{L_m \cdot r_m}{1000}, \text{ Ом} \quad (19)$$

где:

$L_m$  – суммарная длина магистрального провода или кабеля, м;

$r_m$  – сопротивление 1000 м одной жилы магистрального провода или кабеля, Ом/м (величина его приведена в табл. 8).

Ток (А), проходящий через каждый электродетонатор, при условии примерно равного их сопротивления:

$$I_{\partial} = I_{\text{общ}} = U / R_{\text{общ}}; \quad (20)$$

где:

$I_{\text{общ}}$  – общий ток сети, А;

$U$  – напряжение в месте присоединения магистрали к источнику тока, В (табл. 9).

В каждый электродетонатор должен поступать гарантийный ток силой не менее 1А при одновременном взрывании до 100 ЭД; не менее 1,3А при одновременном взрывании 100-300 ЭД, соединенных последовательно, и 1,5А при большем числе одновременно взрываемых последовательно соединенных ЭД.

При расчете взрывных сетей необходимо исходить из фактического сопротивления ЭД или же принимать среднее сопротивление, указанное на этикетках коробок ЭД. С эластичным креплением никромового мостика накаливания имеют сопротивление 2-4,2 Ом, принимаем равным – 3,18 Ом с жестким креплением мостика – 1,8-3,0 Ом, принимаем равным 2,24 Ом

Преимущества ЭД – простота и возможность применения источников тока малой мощности. Недостаток – невысокая надежность, т. к. в случае обрыва сети или преждевременного взрыва электродетонатора неизбежен отказ всей серии или части электродетонаторов.

Схема параллельно-последовательного соединения характеризуется параллельным соединением электродетонаторов в группе и последовательным соединением групп.

Общее сопротивление сети (Ом) при равенстве соединений всех групп электродетонаторов:

$$R_{\text{общ}} = R_m + R_c + m (r_k + r_{\partial}) / n, \quad (21)$$

где:

$m$  – число групп электродетонаторов,

$n$  – число электродетонаторов в группе.

Ток (А) для одного электродетонатора:

$$I_{\partial} = I_{\text{общ}} / n = U / (n R_{\text{общ}}). \quad (22)$$

При взрывании от конденсаторных взрывных машинок сопротивление такой сети (Ом) должно составлять:  $R_{\text{общ}} \leq R_{\text{нр}} / 4$ .

Расчет электровзрывных цепей производится с целью выбора взрывных приборов в соответствии с *табл. 9*.

*Таблица 8*

### Провода, применяемые для взрывных работ

Провод	Изоляция	Число жил	Число проволок в жиле	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Сопротивление 1 км провода при +20°С, Ом
ВП 1	Полиэтиленовая	1	1	0,8	37
ВП 2×0,7	Полиэтиленовая	2	1	0,7	50
НГШМ 2×1,5	Полиэтиленовая	2	12	1,5	13,2
НГШМ 2×10	Полиэтиленовая	2	7	10	1,83

*Таблица 9*

### Техническая характеристика взрывных приборов

Наименование и тип	Исполнение	Напряжение на конденсаторе, В	Габариты, мм	Масса, кг
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М	Рудничное взрывобезопасное (РВ)	600/650	152x122x100	2
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М	То же	610/670	155x126x95	2,7
Устройства взрывные малогабаритные ЖЗ 2462 П	Рудничное взрывобезопасное (РВ)	900	192x63x114	1,0 (без футляра)

## 7. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Для заданных условий (*табл. 10*) произвести расчет паспорта буровзрывных работ (БВР) при проведении горной выработки.

*Таблица 10*

№ варианта	Наименование выработки	Вид сечения	Сечение в свету $S_{ар}=S_{св}$ м <sup>2</sup>	$f$ пород кровли	$f$ пород почвы	$f$ угля	Мощность пласта, м	Угол падения пласта, $\alpha$	$q_{абс}$ абсолютное выделен. СН <sub>4</sub> м <sup>3</sup> /мин
1	Квершлаг	арка	16,6	8	8	–	–	–	5
2	Осн. шрек	арка	15,0	6	4	1,4	9	60	8
3	Пром. штрек	трапец.	9,1	6	4	1,35	2,5	45	10
4	Полев. штрек	арка	15,0	8	6	1,8	1,5	35	4
5	Осн. штрек	арка	12,5	8	4	1,5	10	55	10
6	Полев. штрек	арка	12,5	4	6	1,8	4,5	45	6
7	Бремсберг	арка	16,6	8	4	1,45	2,4	10	4
8	Квершлаг	арка	16,6	9	–	–	–	–	4
9	Пром. штрек	арка	10,0	4	4	1,8	1,8	45	6
10	Полев. штрек	арка	19,8	6	6	2,5	4,0	58	4
11	Полев. штрек	арка	15,0	4	6	–	–	25	2
12	Пром. штрек	трапец.	11,1	5	6	1,5	3	55	4
13	Уклон	арка	15,0	6	4	2,2	5	15	6
14	Бремсберг	арка	19,8	6	4	1,8	5	15	6
15	Квершлаг	арка	15,0	10	10	–	–	55	4
16	Осн. штрек	арка	15,0	4	5	2,2	8	45	5

## Характеристика арочной податливой крепи

Сечение выработки в свету после осадки $S_{св}$ , м <sup>2</sup>	Площадь сечения выработки в свету до осадки, $S_{ар}$ , м <sup>2</sup>	Ширина арки по почве $B$ , м	Высота арки до осадки, $h$ , м	Радиус верхняка, м	Радиус стойки $R$ , м	Высота прямой части стойки $h_1$ , м	Периметр арки до осадки $P_{ар}$ , м
Трехзвенные арки из спецпрофиля 17 кг/м							
4,8	5,6	2,49	2,564	1,16	1,60	1,11	6,60
5,0	6,6	2,85	2,645	1,39	1,60	1,11	7,0
6,6	7,5	3,17	2,720	1,60	1,60	1,11	7,4
7,6	8,5	3,42	2,933	1,60	1,93	1,08	8,17
9,8	11,1	4,20	3,000	2,10	2,90	0,75	8,40
Трехзвенные арки из спецпрофиля 22 кг/м; 27 кг/м							
8,8	10,0	3,83	3,028	1,93	1,93	1,08	8,40
11,1	12,5	4,53	3,402	2,11	2,40	1,08	9,40
12,5	14,0	4,78	3,502	2,40	2,40	1,09	9,90
13,5	15,0	4,88	3,685	2,40	2,62	1,13	10,30
16,2	16,6	5,03	4,047	2,57	2,350	1,25	11,58
19,2	19,8	5,417	4,250	2,60	2,69	1,55	13,12

Выбираем параметры размеров горной выработки в зависимости от площади сечения арочной и трапецевидной крепи горной выработки в соответствии с *табл. 11* и *рис. 4а* и *5* [4].

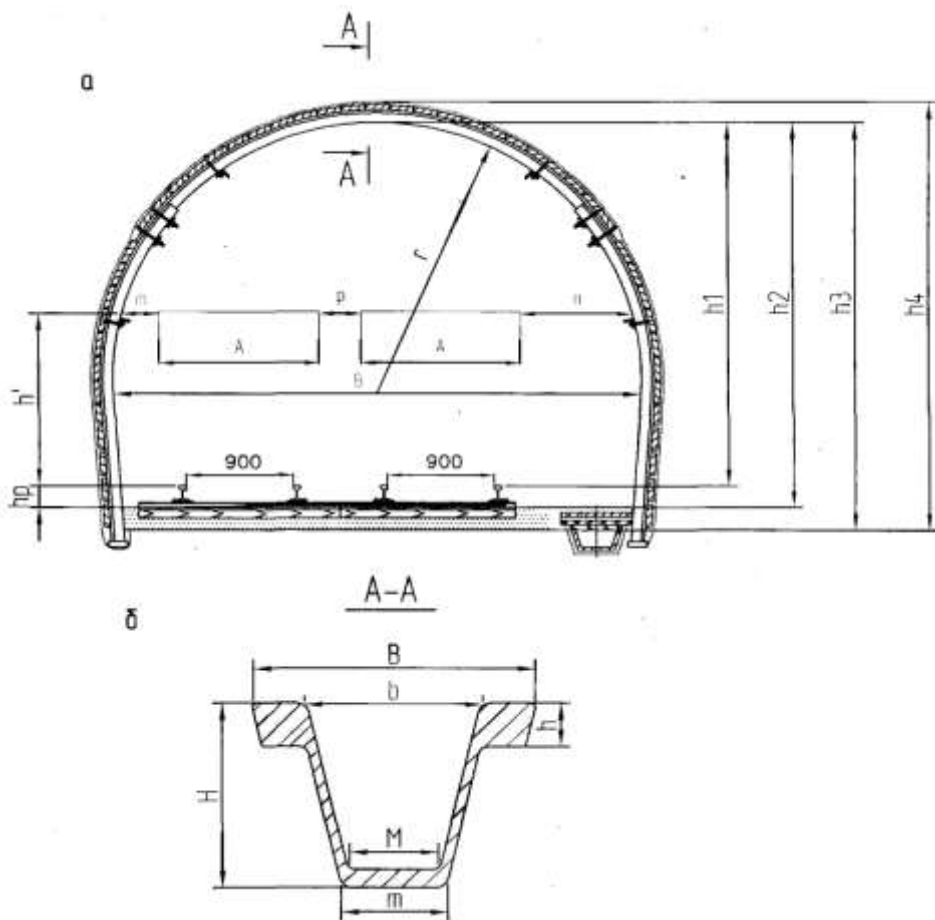
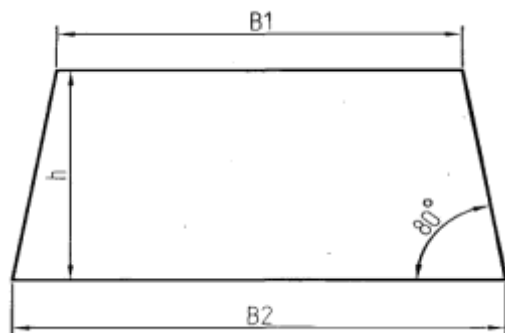


Рисунок 4. Выработка с арочной крепью: *а* – общий вид;  
*б* – сечение спецпрофиля.



При  $S_v \leq 10 \text{ м}^2$

$h = 2,5 \text{ м}$

$B_1 = S / h - 0,44$

$B_2 = S / h + 0,44$

При  $S_v > 10 \text{ м}^2$

$h = 2,8 \text{ м}$

$B_1 = S / h - 0,493$

$B_2 = S / h + 0,493$

Рисунок 5. Размеры трапециевидной выработки при различном сечении (к заданию *табл. 10*) [4]

## 8. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Основными причинами травматизма при взрывных работах являются:

- вспышки и взрывы метана или угольной пыли при производстве взрывных работ;
- преждевременное срабатывание электродетонаторов;
- механические воздействия на отказавшие заряды взрывчатых материалов при работе горнорабочих и механизмов;
- случайное попадание людей в опасную зону взрыва из-за отсутствия постов охраны.

С целью исключения вышеуказанных причин травматизма и аварийных ситуаций при производстве взрывных работ, необходимо руководствоваться требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах» [1].

1. Условия применения взрывчатых материалов должны соответствовать классификационным требованиям (*табл. 12*)

## Условия применения ВВ

Класс взрывчатых веществ	Группа взрывчатых веществ	Вид взрывчатых веществ и условия применения	Цвет отличительной полосы или оболочек патронов (пачек)
1	2	3	4
III	–	Предохранительные взрывчатые вещества для взрывания только по породе в забоях подземных выработок, в которых имеется выделение горючих газов, но отсутствует взрывчатая угольная (сланцевая) пыль.	Синий АП-5ЖВ АП-6ЖВ
IV	–	Предохранительные взрывчатые вещества для взрывания: по углю и (или) породе или горючим сланцам в забоях подземных выработок, опасных по взрыву угольной (сланцевой) пыли при отсутствии выделения горючих газов; по углю и (или) породе в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, в которых имеется выделение горючих газов, кроме выработок с повышенным выделением горючих газов; для сотрясательного взрывания в забоях подземных выработок угольных шахт.	Желтый ПЖВ-20
V	–	Предохранительные взрывчатые вещества для взрывания по углю и (или) породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газовой воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах массива горных пород, либо в выработке.	Желтый Угленит
VI	–	Предохранительные взрывчатые вещества для взрывания: по углю и (или) породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газовой воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива, либо в выработке; в угольных и смешанных забоях восстающих (более 10°) выработок, в которых выделяется горючий газ, при длине выработок более 20 м и проведении их без предварительно пробуренных скважин, обеспечивающих проветривание за счет общешахтной депрессии.	Желтый П-12ЦБ



2. При производстве взрывных работ (работ с взрывчатыми материалами) необходимо проводить мероприятия по обеспечению безопасности персонала взрывных работ, предупреждению отравлений людей пылью взрывчатых веществ и ядовитыми продуктами взрывов, а также осуществлять комплекс мер, исключая возможность взрыва пыли взрывчатых веществ и взрывааемой массы. Эти меры должны утверждаться руководителем организации (шахты, рудника, карьера и т. п.).

3. Взрывные работы должны выполняться взрывниками под руководством лица технического надзора по письменным нарядам с ознакомлением под роспись и соответствующим нарядам-путевкам и проводиться только в местах, отвечающих требованиям правил и инструкций по безопасности работ.

При одновременной работе нескольких взрывников в пределах общей опасной зоны одного из них необходимо назначать старшим. Свои распоряжения он должен подавать голосом или заранее обусловленными и известными взрывникам сигналами. Взрывник во время работы обязан быть в соответствующей спецодежде, иметь при себе выданные организацией часы, необходимые приборы и принадлежности для взрывных работ. При взрывании несколькими взрывниками часы могут быть только у старшего взрывника.

4. Каждая организация, ведущая взрывные работы должна иметь техническую документацию, оформленную в установленном порядке (проекты, паспорта). С такими документами персонал, осуществляющий буровзрывные работы, должен быть ознакомлен под роспись в паспорте БВР.

5. При производстве взрывных работ обязательна подача звуковых сигналов для оповещения людей. Запрещается подача сигналов голосом, а также с применением взрывчатых материалов. Значение и порядок сигналов:

- а) первый сигнал – предупредительный (один продолжительный). Сигнал подается при вводе опасной зоны;
- б) второй сигнал – боевой (два продолжительных). По этому сигналу проводится взрыв;
- в) третий сигнал – отбой (три коротких). Он означает окончание взрывных работ.

6. Перед началом заряжания шпуров при ведении взрывных работ в подземных выработках необходимо обеспечить проветривание забоя, убрать ранее взорванную в забое горную массу, вывести людей, не связанных с выполнением взрывных работ, за пределы опасной зоны, в места, определенные паспортом буровзрывных работ, при этом должны быть обеспечены безопасные условия работы взрывника.

7. При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, перед каждым заряжением шпуров, их взрыванием и при осмотре забоя после взрывания мастер-взрывник обязан проводить замер концентрации метана по всему сечению забоя, особенно в верхней его части. Запрещается выполнять взрывные работы при содержании метана 1% и более в забоях и в примыкающих выработках на протяжении 20 м от них, а также в месте укрытия мастера-взрывника.

Замер концентраций метана в месте укрытия мастера-взрывника должен проводиться перед каждым подключением электровзрывной сети к взрывному прибору.

8. Места укрытия мастера-взрывника, расположения поста охраны, других людей во всех случаях следует определять в проектах, паспортах или схемах буровзрывных работ с учетом того, что расстояние от места укрытия мастера-взрывника до постов охраны, располагаемых за мастером-взрывником, должно быть не менее 10 м и от места расположения постов охраны до места нахождения остальных людей – также не менее 10 м.

9. Тупиковые выработки протяженностью более 100 м по углю или смешанным забоем должны проводиться при наличии постоянной взрывной магистрали, проложенной до взрывной станции в месте укрытия мастера-взрывника.

10. Заряжание и взрывание зарядов каждого цикла, в том числе и при раздельном взрывании по углю и породе, допускаются только после проветривания забоя, замера содержания метана, уборки взорванного угля, проведения мероприятий по пылевзрывозащите забоя и прилегающих к нему выработок на расстоянии не менее 20 м. Во всех случаях глубина заходки по углю должна быть не более 2 м.

11. Минимальная глубина шпуров при взрывании по углю и породе должна быть 0,6 м.

Заряд, состоящий из двух патронов взрывчатого вещества и более, необходимо вводить в шпур одновременно. Боевик может досыпаться отдельно.

12. В качестве забойки должны применяться глина, смесь глины с песком, гидрозабойка в шпурах в сочетании с запирающей забойкой из глины или смеси глины с песком или иные материалы, допущенные Ростехнадзором.

13. При взрывании по углю и по породе минимальная величина забойки для всех забоечных материалов должна составлять:

- а) при глубине шпуров 0,6-1,0 м – половину глубину шпура;
- б) при глубине шпуров более 1 м – 0,5 м;
- в) при взрывании зарядов в скважинах – 1 м.

14. Расстояние от заряда взрывчатых веществ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения взрывчатых веществ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

15. На пластах, опасных по пыли, перед каждым взрыванием в забоях, проводимых по углю или по углю с подрывкой боковых пород, необходимо проводить осланцевание или орошение осевшей угольной пыли водой с добавлением смачивателя как у забоя, так и в выработке, примыкающей к забою, на протяжении не менее 20 м от взрываемых зарядов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные способы ведения взрывных работ.
2. Что такое шпур? Дать определение.
3. На какие группы подразделяются промышленные взрывчатые вещества?
4. Какие взрывчатые вещества применяются в угольных шахтах?
5. Назовите взрывчатые вещества, которые разрешено применять только для разрушения пород.
6. Какие взрывчатые вещества разрешено применять по углю или по углю с присечкой породы?
7. Назовите основные размеры применяемых в угольных шахтах патронированных ВВ по длине патрона.
8. Назовите основные параметры применяемых в угольных шахтах по массе патронированных ВВ.
9. Назовите основные типы средств инициирования для применения в шахтах опасных по газу и пыли.
10. По каким документам производятся ВР в угольных шахтах?
11. На основании чего составляются паспорта БВР?
12. Какие параметры должен включать в себя паспорт БВР?
13. Кем утверждается паспорт БВР?
14. Разрешается ли проводить взрывные работы без наличия паспорта БВР в шахтах?
15. Какой способ взрывания применяют в шахтах, опасных по газу и пыли?
16. Назовите основные параметры, которые учитываются при расчете удельного расхода ВВ на  $1 \text{ м}^3$  обуренной горной породы.
17. От каких основных параметров зависит глубина шпуров?
18. Какими основными параметрами руководствуются при определении числа шпуров?
19. Дать определение: а) врубовые шпуровые, б) отбойные шпуровые, в) оконтуривающие шпуровые.
20. Назовите рекомендуемые размеры от контура выработки до оконтуривающих шпуров по углю, по породе.
21. Назовите минимальное расстояние между шпурами, пробуренным по углю.

22. Дайте определение, что такое коэффициент использования шпура (к.и.ш.).
23. От каких параметров зависит масса заряда на одну заходку?
24. Каким должно быть число патронов в шпуре при расчете массы заряда?
25. Назовите минимальную длину забойки шпура в зависимости от его длины.
26. Назовите основные схемы соединения электродетонаторов при ведении ВР в шахтах.
27. Назовите основные типы контрольной и измерительной аппаратуры для определения сопротивления и целостности электро-взрывной цепи.
28. Назовите основные типы взрывных приборов.
29. Назовите минимальную глубину шпуров при взрывании по углю и породе в подземных горных выработках.
30. Назовите основной природный материал, который рекомендуется применять в качестве внутренней забойки в горных выработках.
31. Назовите минимальные расстояния от заряда ВВ до ближайшей обнаженной поверхности по углю, по породе.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность при взрывных работах: Сб. документов. Серия 13. Выпуск 1 / Колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности промышленности Госгортехнадзора России», 2001. – 248 с.
2. Безопасность взрывных работ при электровзрывании на угольных и сланцевых шахтах. П. И. Кушнеров, 2005. – 611 с.
3. Технология добычи полезных ископаемых подземным способом. Программа и методические указания по практическим занятиям и выполнению контрольной работы для студентов специальности 170100 «Горные машины и оборудование» (всех форм обучения). Составители: В. Н. Хомченко, Б. В. Гордиенко. Кузбасс. Гос. Техн. Ун-т.- Кемерово 2002. – 62 с.
4. Основы горного дела: Практикум для студентов. Составители: А. П. Андрианов, М. С. Вагапов и др., Кузбасс. Гос. Техн. Ун-т.- Кемерово 2002. – 116 с.
5. Руководство по ведению взрывных работ в угольных шахтах. А. В. Джигрин, П. И. Кушнеров, 1996. – 203 с.
6. Технология и безопасность взрывных работ в практических заданиях: Учебное пособие. Составители: Ю. А. Масаев, В. В. Першин; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2007. – 204 с.
7. Справочник. Открытые горные работы / К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, К. Е. Веницкий, Н. Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.: ил.