

Министерство образования Российской Федерации  
Южно-Российский государственный технический университет  
(Новочеркасский политехнический институт)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАСПОРТОВ  
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОХОДКЕ  
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Новочеркасск 2003

УДК 622.235 (07)

Рецензент главный специалист Ростовского управления Госгортехнадзора РФ М.И. Скачков

Составители: Меркулов А.В., Сильченко Ю.А., Скориков В.А.

Проектирование паспортов буровзрывных работ при проходке горных выработок: Учебное пособие / Шахтинский институт ЮРГТУ. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. – 70 с.

Приведен порядок и все основные формулы для расчета паспортов буровзрывных работ при проходке горных выработок при обычном и контурном методе ведения взрывных работ, представлен алгоритм расчета паспорта буровзрывных работ.

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения горных специальностей и инженерно-технических работников горнодобывающих предприятий.

© Шахтинский институт ЮРГТУ, 2003

© Меркулов А.В., Сильченко Ю.А., Скориков В.А., 2003

## ВВЕДЕНИЕ

В 2001 г. взрывные работы и работы с взрывчатыми веществами выполняло 1128 предприятий и организаций, расположенных на территории Российской Федерации. Количество взрывчатых материалов, израсходованных на горных и геологоразведочных предприятиях, объектах строительства и в научных организациях по сравнению с предыдущим годом увеличилось на 12,6% и составило в 2001 г. 635,4 тыс. т. Количество использованных детонаторов за прошедший год увеличилось на 34,35 млн. штук (9,7%). Всего к обращению с взрывчатыми материалами в 2001 г. имело доступ 50,7 тыс. трудящихся, из них 10,4 тыс. человек – непосредственные исполнители взрывных работ.

Взрывные работы широко применяются не только в горнодобывающей промышленности, но и в других отраслях народного хозяйства: при строительстве железнодорожных и автодорожных плотин и тоннелей, судоходных и оросительных каналов, водохранилищ и электростанций, проведении специальных взрывных работ и т.д.

В связи с дальнейшим развитием горнодобывающей промышленности технология буровзрывных работ продолжает совершенствоваться в направлении повышения их безопасности, экономичности, повышения коэффициента использования потенциальной энергии взрывчатых веществ, повышения качества взрывчатых материалов, а также расширения области применения взрывных работ.

Изучение основных принципов выбора и расчета параметров буровзрывных и взрывных работ при проведении капитальных и подготовительных выработок и обоснование на основе этого научного и практического подхода к расчету и составлению паспортов буровзрывных работ на проведение горных выработок является одним из основных вопросов при подготовке высококвалифицированных специалистов взрывного дела.

В расчете параметров паспорта буровзрывных работ, приведенном в учебном пособии, в качестве эталонного взрывчатого вещества принято предохранительное взрывчатое вещество IV класса аммонит Т-19 работоспособностью 280 см<sup>3</sup>.

# 1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К БУРОВЗРЫВНЫМ РАБОТАМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

В зависимости от типа горной выработки и площади поперечного сечения, коэффициента крепости вмещающих пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова, а также ряда других факторов буровзрывные работы имеют свои специфические особенности. Однако независимо от способа проведения выработок буровзрывные работы должны обеспечивать:

- максимально возможные значения коэффициента использования шпуров в данных горно-геологических условиях, позволяющие наиболее эффективно использовать длину шпуров или скважин;
- получение выработки требуемого поперечного сечения с соблюдением минимально допустимых переборов пород за проектным контуром выработки, рекомендуемых действующими нормативными документами, и уменьшение зоны трещиноватости законтурного массива;
- интенсивное разрушение породы до оптимальных размеров фракций взорванной горной массы, необходимых для работы породопогрузочных машин с максимальной производительностью;
- компактное расположение взорванной породы в забое с ее минимальным развалом по выработке, снижающее использование ручного труда при погрузке взорванной горной массы;
- сохранность временной, предохранительной и постоянной крепи в выработках.

Для удовлетворения вышеперечисленных требований необходимо в каждом конкретном случае устанавливать параметры паспорта буровзрывных работ и средства механизации, наиболее соответствующие данным горно-геологическим условиям и обеспечивающие максимальную технико-экономическую эффективность проведения горных выработок.

Качество взрывных работ при обычном взрывании следует оценивать коэффициентом использования шпуров и коэффициентом перебора породы.

Увеличение поперечного сечения горных выработок регламентируется и не должно превышать значений, указанных в табл. 1 /1/. В этой таблице приведены допустимые средние линейные переборы пород групп выработок по сечению.

Таблица 1

## Допустимые увеличения размеров поперечного сечения горных выработок

Сечение выработок вчерне, м <sup>2</sup>	Допустимое увеличение поперечного сечения горных выработок при категории крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова $f$					
	0,9-2		2-10		более 10	
	мм	%	мм	%	мм	%
Стволы шахт						
до 20	45	4	75	7	110	10
20-40	45	3	75	5	110	8
более 40	40	2	60	3	110	5
Горизонтальные, наклонные и вертикальные выработки						
до 8	60	5	110	10	130	12
8-15	55	4	110	8	130	10
более 15	55	3	90	5	125	7

Критериями оценки качества контурного взрывания служат: средний линейный перебор  $h$ , коэффициент перебора  $M$ , глубина обрушения стенки шпура в зоне расположения заряда  $r$ . Показатели качества оконтуривания находятся в следующих пределах:  $h = 0,05-0,1$  м (меньшие значения принимаются для пород с коэффициентом крепости  $f = 1-1,5$ ; большие – для пород с  $f = 2-9$ );  $M = 1,02-1,12$ ;  $r < 20$  мм.

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

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, а также очистить шпуры от буровой мелочи. Ведение взрывных работ запрещается, если на расстоянии менее 20 м от места заложения зарядов взрывчатого вещества находятся необрушенная отбитая горная масса, вагонетки или предметы, загромождающие выработку более чем на 1/3 площади ее поперечного сечения, при отсутствии свободных проходов.

Заряжание шпуров на высоте более 2,0 м разрешается только со специально оборудованных подъемных площадок (помостов), позволяющих

обеспечить безопасность работ, правильное размещение зарядов и монтаж взрывной сети, и допускается с лестниц по согласованию с территориальными органами Госгортехнадзора России.

После монтажа и осмотра электровзрывной сети необходимо проверить ее токопроводимость. Перед взрыванием зарядов взрывчатого вещества должно быть произведено измерение общего сопротивления электровзрывной сети электроизмерительными приборами, допущенными Госгортехнадзором России. В случае расхождения величин измеренного и расчетного сопротивлений более чем на 10% необходимо устранить неисправности, вызывающие отклонения от расчетного сопротивления электровзрывной сети.

Для измерения сопротивлений электровзрывной сети используются серийно выпускаемый цифровой омметр ХН-2750 и снятый с производства мост Р-3043. Для контроля предельного сопротивления взрывных цепей применяется взрывной испытатель светодиодный ВИС-1.

Технические характеристики указанных приборов для контроля и измерения сопротивления электровзрывной сети приведены в табл. 2 /2/.

**Таблица 2**

**Технические характеристики контрольной и измерительной аппаратуры**

Параметр	Тип прибора		
	ХН-2570	Р-3043	ВИС-1
Пределы измерения, Ом	1,0-19000	0,3-3000	320 (контроль)
Основная погрешность измерения, %	± 2	± 5	± 5
Ток в измеряемой цепи (не более), мА	5	7	5
Основные размеры, мм	145×80×35	180×160×62	135×65×40
Масса, кг	0,38	1,6	0,3

При невозможности измерить сопротивление электровзрывной сети допускается по разрешению лица технического надзора, руководящего проведением взрыва, ограничиться проверкой ее токопроводимости.

Взрывные приборы, применяемые для инициирования, должны проверяться перед выдачей взрывникам на соответствие развиваемого тока и импульса тока, а на шахтах, опасных по газу или пыли, и на длительность импульса напряжения. Взрывные приборы стационарных взрывных пунктов должны проверяться в местах их установки не реже одного раза в 15 дней.

Для измерения параметров взрывного импульса всех применяемых в шахтах взрывных приборов, используется серийно выпускаемый прибор контроля электрических средств взрывания «Копер-1». Для проверки конденса-

торных взрывных приборов используется серийно выпускаемый прибор проверки параметров взрывных приборов ППП. Технические характеристики указанных приборов приведены в табл. 3 /2/.

**Таблица 3**

**Технические характеристики приборов контроля параметров электрических средств взрывания**

Параметр	Тип прибора	
	«Копер-1»	ППП
Длительность измеряемого импульса, мс	от 0,1 до 9,999	от 0,1 до 32
Амплитуда напряжения измеряемого импульса, В	от 100 до 1999	не более 1600
Амплитуда тока измеряемого импульса, А	–	от 1 до 50
Величина энергии измеряемого импульса, А <sup>2</sup> ·мс	от 1,0 до 199,9	от 0,1 до 50
Основные размеры, мм	211×375×134	300×240×200
Масса, кг	3,5	9,0

## 2. ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК МЕТОДОМ ШПУРОВЫХ ЗАРЯДОВ

### 2.1. Порядок составления паспорта буровзрывных работ при взрывании обычным способом

Взрывные работы при проходке горных выработок должны проводиться по оформленным в установленном порядке паспортам ведения буровзрывных работ и утвержденным одним из руководителей той организации, которая ведет взрывные работы. Взрывные работы в искусственно замороженных, затампонированных породах или в зонах сжатого воздуха (кессонах) должны проводиться только по проектам, с соблюдением следующих дополнительных требований /2/:

1. с целью уменьшения сейсмического воздействия на законтурный массив должно применяться контурное взрывание;
2. в случае, если контурное взрывание по каким-либо причинам не может быть осуществлено, параметры взрывных работ принимают такими, как для проведения выработок при обычном методе ведения взрывных работ, однако масса одновременно взрываемого заряда в искусственно замороженных породах во всех случаях не должна превышать 10 кг, а в затампонированных породах и в кессонах – 15 кг;
3. параметры ведения взрывных работ (особенно глубина шпуров) устанавливаются с таким расчетом, чтобы удельный расход взрывчатого вещества (аммонит №6ЖВ), кг/м<sup>3</sup>, не превышал для пород с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова:

– $f = 1,5$	– 0,40;
– $f = 2-3$	– 0,60;
– $f = 4-6$	– 0,75;
– $f = 7-9$	– 0,90;
4. глубина шпуров в искусственно замороженных и затампонированных породах не должна превышать 1,5 м, а при бурении в кессонах – 1,2 м;
5. расстояние от окружности расположения контурных шпуров до замораживающих колонок не должно быть менее указанного в табл. 4 /2/.

Проект буровзрывных работ должен утверждаться техническим руководителем и вводиться в действие приказом руководителя организации. Про-

екты буровзрывных работ в числе прочих вопросов должны содержать решения по безопасной организации работ с указанием основных параметров буровзрывных работ; способам инициирования зарядов; расчетам взрывных сетей; конструкциям зарядов и боевиков; предполагаемому расходу взрывчатых материалов; определению опасной зоны и охране этой зоны с учетом объектов, находящихся в ее пределах; проветриванию района взрывных работ и другим мерам безопасности, дополняющим в конкретных условиях требования Правил /3/.

Таблица 4

**Безопасные расстояния между контурными шпурами и замораживающими колонками**

Наименование и коэффициент крепости замороженных пород	Минимально допустимые расстояния между окружностью расположения контурных шпуров и замораживающими колонками, м, при взрывании шпуров диаметром, мм	
	36	45
Мергели, тяжелые глины, суглинки, слабые аргиллиты, алевролиты и т.п., $f = 2-3$	1,0-1,1	1,3-1,4
Песчанистые и песчано-глинистые сланцы, песчаники, известняки, доломит и т.п., $f = 4-6$	1,4-1,5	1,8

Паспорт составляется на основании и с учетом результатов не менее трех опытных взрываний, которым должно предшествовать составление примерной схемы работ, учитывающей крепость взрывающей породы (угля), мощность и угол падения пласта, степень трещиноватости, кливаж, водоносность, требуемые размеры сечения выработки вчерне, характеристику вмещающих пород, диаметр шпуров и проектируемую длину заходки за один цикл. Опытные взрывания производятся комиссией в составе начальника участка взрывных работ (его заместителя) или заместителя начальника участка ВТБ, начальника участка (его заместителя), на котором производятся опытные взрывания, горного мастера участка ВТБ, мастера-взрывника и бригадира /4/.

По разрешению руководителя взрывных работ организации допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведенных в аналогичных условиях.

Паспорт ведения буровзрывных работ должен включать:

- а) схему расположения шпуров; наименование взрывчатых материалов;

данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов и боевиков, последовательности и количестве приемов взрывания зарядов, материале забойке и ее длине; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления) замедлений; схему и время проветривания забоя;

- б) указания о местах укрытия мастера-взрывника и рабочих на время производства взрывных работ, которые должны располагаться за пределами опасной зоны;
- в) указания о расстановке постов охраны или оцепления, расположении предохранительных устройств, предупредительных и запрещающих знаков, ограждающих доступ в опасную зону и к месту взрыва.

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), а также режим взрывных работ.

Для составления паспорта ведения буровзрывных работ используются следующие данные:

- форма поперечного сечения выработки, размеры по высоте и ширине выработки и площадь сечения в проходке;
- крепость по шкале проф. М.М. Протодяконова и мощность вмещающих пород, попадающих в проектный контур выработки, их трещиноватость и направления залегания пород и кливажных трещин;
- ожидаемый водоприток в проектируемую горную выработку;
- категория шахты и проектируемой выработки по газу и пыли.

Параметры паспорта буровзрывных работ (количество шпуров, расстояние между ними, величины зарядов взрывчатого вещества на шпур и др.) устанавливаются расчетным путем с учетом существующей практики ведения взрывных работ в аналогичных горно-геологических и горнотехнических условиях. При составлении паспортов буровзрывных работ данные, полученные расчетным путем, рекомендуется уточнять с табличными данными в соответствии с рекомендованными паспортами буровзрывных работ /2, 5/.

Расчет паспорта ведения буровзрывных работ производится в следующем порядке:

### **1. Принимаются к использованию взрывчатые вещества.**

В качестве взрывчатых веществ следует использовать только допущенные в установленном порядке к постоянному применению в Российской Федерации и опубликованные в Перечне /6/. Условия применения взрывча-

тых веществ должны соответствовать указанным в действующих Правилах /3/ и могут уточняться разрешениями Госгортехнадзора России.

*Непредохранительные взрывчатые вещества II класса* разрешается применять:

- а) для проведения горизонтальных, наклонных, восстающих и вертикальных выработок, углубки шахтных стволов с действующих горизонтов шахт при следующих условиях:
  - отсутствии в забоях угольных пластов, пропластков, а также выделения метана;
  - подтоплении водой забоя углубляемого ствола перед взрыванием на высоту не менее 20 см, считая по наивысшей точке забоя;
  - отставании от любой точки забоя до угольного пласта (при приближении к нему) не менее 5,0 м, считая по нормали. После пересечения пласта забоем выработки расстояние от любой точки забоя до пласта должно быть более 20 м, считая по протяжению выработки;
  - после пересечения угольных пластов и пропластков при креплении монолитной крепью, исключающей поступление метана из пласта, и ведении работ по изоляции пласта по проекту, согласованному с организацией – экспертом по безопасности работ;
- б) в забоях вертикальных выработок, проводимых с поверхности, на шахтах, опасных по газу или пыли, в том числе при пересечении этими забоями пластов, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, при подтоплении водой забоя перед взрыванием на высоту не менее 20 см, считая по наивысшей точке забоя. При проведении ствола в искусственно замороженных породах или отсутствии притока воды вместо подтопления забоя ствола должны быть приняты другие меры, согласованные с организацией – экспертом по безопасности работ.

При выполнении перечисленных работ в зависимости от крепости пород и условий взрывания должны использоваться следующие взрывчатые вещества:

- при проведении горизонтальных и наклонных выработок, перечисленных в п. «а» (кроме углубки стволов) по породам с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f < 7$  – взрывчатые вещества, не содержащие сенсibilизаторов, более чувствительных, чем тротил (аммонит №6ЖВ, аммонал М-10);
- при проведении горизонтальных и наклонных выработок, перечислен-

ных в п. «а» (кроме углубки стволов) по породам с коэффициентом крепости  $7 < f < 10$  применение взрывчатых веществ, содержащих гексоген или нитроэфир, допускается только во врубовых шпурах. Во всех остальных шпурах должны применяться взрывчатые вещества, не содержащие сенсibilизаторов, более чувствительных, чем тротил;

- при проведении горизонтальных и наклонных выработок по породам с коэффициентом крепости  $f \geq 10$  допускается применение любых взрывчатых веществ;
- при взрывании в условиях, перечисленных в п. «б», а также при углубке стволов допускается применение любых взрывчатых веществ.

*Предохранительные взрывчатые вещества III класса* разрешается применять:

- а) в забоях выработок, проводимых только по породе, в том числе и по выбросоопасным породам, при выделении метана и отсутствии угольной пыли;
- б) в забоях выработок, проводимых только по породе, при их углубке с действующих горизонтов и выделении в них метана;
- в) при вскрытии пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, до обнажения пласта при условии применения водораспылительных завес и наличии между пластом и забоем выработки породной пробки по всей площади сечения выработки. Размер пробки (считая по нормали) должен быть не менее 2,0 м при вскрытии крутых и не менее 1,0 м при вскрытии пологих пластов.

*Предохранительные взрывчатые вещества IV класса* разрешается применять:

- а) в угольных и смешанных забоях выработок, проводимых по угольным пластам, опасным по взрывам пыли, при отсутствии выделения метана в этих выработках;
- б) в угольных и смешанных забоях горизонтальных, наклонных и восстающих (до  $10^\circ$ ) выработок, проводимых по угольным пластам, опасным по газу или пыли, в которых отсутствует повышенное выделение метана при взрывных работах;
- в) при вскрытии угольных пластов после их обнажения и последующем проведении выработок на протяжении не менее 20 м;
- г) при взрывании по породе в смешанных забоях выработок, проводимых по пластам, опасным по внезапным выбросам угля и газа, при опере-

жающем породном забое;

- д) для подрывки боковых пород с коэффициентом крепости  $f > 4$  в смешанных забоях выработок с повышенным выделением метана при взрывных работах при условии проведения предварительной выемки угля без применения взрывных работ;
- е) при проведении восстающих выработок (печей) на пластах с углом падения свыше  $45^\circ$  по предварительно пробуренным скважинам диаметром не менее 500 мм, обеспечивающим проветривание выработок за счет общешахтной депрессии.

*Предохранительные взрывчатые вещества V класса* разрешается применять:

- а) в угольных и смешанных забоях горизонтальных, наклонных и восстающих (до  $10^\circ$ ) выработок с повышенным выделением метана при взрывных работах. В смешанных забоях по углю и породе должно применяться одно и то же взрывчатое вещество. В отдельных случаях по разрешению органа Госгортехнадзора, выданному на основании заключения организации – эксперта по безопасности работ, допускается применение по углю взрывчатых веществ V класса, а по породе – IV класса;
- б) в угольных и смешанных забоях восстающих ( $10^\circ$  и более) выработок, в которых выделяется метан, при проведении их с предварительно пробуренными скважинами, обеспечивающими проветривание выработок за счет общешахтной депрессии;
- в) для верхней и смешанной подрывки боковых пород с коэффициентом крепости  $f \leq 4$  в смешанных забоях выработок с повышенным выделением метана при взрывных работах при условии проведения предварительной выемки угля без применения взрывных работ.

*Предохранительные взрывчатые вещества VI класса* разрешается применять:

- а) в угольных забоях восстающих ( $10^\circ$  и более) выработок, в которых выделяется метан, при проведении их без предварительно пробуренных скважин;
- б) в забоях выработок, проводимых по нарушенному массиву (в том числе и в забоях выработок, проводимых в присечку к нарушенному массиву), при выделении в них метана. Глубина шпуров должна быть не более 1,5 м, а масса шпурового заряда патронированного взрывчатого вещества – не более 0,6 кг;

в) для верхней и смешанной подрывки боковых пород с коэффициентом крепости  $f \leq 4$  в вентиляционных штреках, проводимых вслед за лавой.

Непредохранительные взрывчатые вещества различной работоспособности или предохранительные и предохранительные взрывчатые вещества при условии размещения взрывчатых веществ с меньшей работоспособностью только в оконтуривающих шпурах разрешается применять в забоях выработок при отсутствии газовой выделенности и взрывчатой пыли. При проведении таких выработок в направлении угольных пластов или пропластков, опасных по газу или пыли, с расстояния 5,0 м (считая от них по нормали), а также на расстоянии 20 м после их пересечения (считая по протяжению выработки) обязательно применение предохранительных взрывчатых веществ с соблюдением мер безопасности, предусмотренных Правилами /3/ для забоев, опасных по газу или пыли.

Выбор взрывчатых веществ должен основываться на соблюдении принципов соответствия степени опасности забоя по пылегазовому фактору, назначения и класса предохранительности взрывчатого вещества, а также рекомендаций табл. 5 по работоспособности взрывчатого вещества в зависимости от прочностных свойств горных пород /7/.

Таблица 5

**Рекомендации по выбору типа взрывчатого вещества**

Коэффициент крепости пород $f$	1-3	3-6	6-10	10 и более
Работоспособность ВВ, см <sup>3</sup>	260	220-320	320-400	400-600

Выбор соответствующих взрывчатых веществ должен утверждаться руководителем организации (шахты, шахтоуправления, шахтостроительного управления). Запрещается размещать в одном шпуре взрывчатые вещества различных классов или различных наименований.

**2. Принимаются диаметр бурения и глубина шпуров (определяется в случае заданных темпов проходки выработки) и КИШ.**

Диаметр шпуров принимается в зависимости от диаметра выбранного стандартного патрона взрывчатого вещества. Увеличение диаметра съемной буровой коронки или резца по отношению к диаметру патрона взрывчатого вещества следует принимать в соответствии с табл. 6 /1/.

Техническая характеристика выпускаемых отечественной промышленностью резцов и коронок приведена в табл. 7 /8, 9/.

Таблица 6

## Увеличение диаметра шпура

Коэффициент крепости породы	Увеличение диаметра шпура по отношению к диаметру патрона взрывчатого вещества, мм		
	резца штанги		коронки
	витой	круглой	
до 3	6	9	–
3-9	6	7	7
9-16	–	–	9
более 16	–	–	11

Таблица 7

## Техническая характеристика бурового инструмента

Тип	Диаметр, мм	$f$
<i>Резцы</i>		
РМ	40; 43	
РУ-4М	43	1,5-3
РУ6-1	44	1,5-3
РУ-13М	41	2-6
РМС-43	43	1-3
РП-7	41	4-8
БИ-741В	41	4-8
РБ-42-2	42	8-12
РПГ	45; 50	н.д.
РП-42	42	5-12
РШ-42-25	42	н.д.
РПХ	42	5-12
<i>Коронки долотчатые пластинчатые</i>		
КДП-32-19	32	10-20
КДП-40-25	40	10-20
КДП-43-25	43	10-20
<i>Коронки крестовые пластинчатые</i>		
ККП-40-25	40	10-18
ККП-43-25	43	10-18
<i>Коронки крестовые легированные</i>		
КЛ-38	38	6-10
<i>Коронки трехперые штыревые</i>		
КТШ-36-22М	36	10-18
КТШ-40-25М	40	10-18
КТШ-46-31К	46	10-18
КТШ-65-31К	65	10-18

Глубина шпуров в неустойчивых породах определяется требованиями безопасного производства работ; на криволинейных участках – требованиями механического порядка, заключающимися в обеспечении снижения воздействия взрыва на крепь выработок и недопущении увеличения площади сечения свыше норм СНиП. В случае, если выработка проводится с заданными темпами проходки, глубина шпуров  $l_{ш}$ , м, определяется по формуле

$$l_{ш} = \frac{L}{k \cdot m \cdot n \cdot \eta},$$

где  $L$  – среднемесячные темпы проходки выработки, м/мес.;

$k$  – число рабочих дней в месяц, сут.;

$m$  – число рабочих смен по проходке выработки в сутки, см.;

$n$  – количество циклов в смену, циклов/см.;

$\eta$  – коэффициент использования шпуров.

Темпы проходки выработок буровзрывным способом, должны приниматься не ниже норм, приведенных в табл. 8 /1/.

Таблица 8

**Нормативная скорость проведения выработок**

Вид горных выработок	Скорость проведения
Стволы:	
– вертикальные, м/мес.	55
– наклонные, м/мес.	50
– углубка вертикальных стволов, м/мес.	25
Околоствольные двory и камеры (на один забой) и сопряжения выработок (на одно сопряжение), м <sup>3</sup> /мес.	400
Квершлагy и полевые штреки, м/мес.	70
Штреки по полезному ископаемому и с подрывкой породы, м/мес.	110
Наклонные выработки, проводимые снизу вверх:	
– по полезному ископаемому и с подрывкой породы, м/мес.	95
– полевые, м/мес.	70
Наклонные выработки, проводимые сверху вниз:	
– по полезному ископаемому и с подрывкой породы, м/мес.	80
– полевые, м/мес.	60
Капитальные рудоспуски и восстающие, м/мес.	45

**Примечание:** При проведении горизонтальных и наклонных выработок буровзрывным способом без возведения крепи нормативную скорость, следует увеличивать на 30%. Допускается уменьшать нормативную скорость:

- при возведении монолитной бетонной и железобетонной крепи в горизонтальных и наклонных выработках – на 10%;

- при сильном капеже непрерывными струями в горизонтальных и наклонных выработках – на 15%;
- при проведении выработок с обратным сводом, а также выработок с действующего горизонта - на 20%;
- при проходке стволов в породах крепостью свыше  $f=10$  – на 25%;
- при проведении участков выработок, где прогнозируются суфлярное выделение метана (водорода), горные удары, выбросы породы, угля и газа, прорывы воды, пльвунов, – на 30%.

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

Глубина заходки по углю должна быть не более 2,0 м. При проведении взрывных работ по углю глубина шпуров рекомендуется в пределах 1,6-2,0 м.

При применении простых и клиновых врубов в однородных породах средней трещиноватости, глубина отбойных шпуров при использовании взрывчатых веществ в патронах диаметром 36 мм, если она не ограничена другими факторами, должна быть не меньше значений, приведенных в табл. 9 /2/. Глубина врубовых шпуров принимается на 15-25 см больше глубины отбойных.

**Таблица 9**

**Рациональная глубина шпуров при простых прямых или клиновых врубах**

Тип ВВ	$f$	Площадь забоя, м <sup>2</sup>						
		7	10	15	20	25	40	60
Аммонит АП-5ЖВ	2,5	2,32	2,56	2,81	3,02	3,20	3,60	3,91
	5	1,88	2,07	2,28	2,45	2,59	2,91	3,31
	8	1,61	1,77	1,95	2,10	2,22	2,50	2,81
	12	1,40	1,54	1,70	1,83	1,93	2,17	2,40
Аммонит ПЖВ-20 или Т-19	2,5	2,25	2,46	2,72	2,92	3,09	3,48	3,85
	5	1,80	1,97	2,18	2,34	2,48	,82	3,12
	8	1,54	1,69	1,87	2,01	2,12	2,42	2,67
	12	1,34	1,47	1,63	1,75	1,85	2,10	2,33
Угленит Э-6	2,5	2,02	2,20	2,44	2,62	2,77	3,16	3,50
	5	1,62	1,77	1,96	2,10	2,22	2,56	2,83
	8	1,38	1,52	1,68	1,80	1,90	2,19	2,42
	12	1,21	1,32	1,46	1,57	1,66	1,91	2,11

По условиям допустимого отклонения шпуров, возникающего в процессе бурения, в горизонтальных и наклонных выработках глубина шпуров не должна превышать 3,5 м, в вертикальных – 4,5 м.

При проведении опытных взрываний необходимо добиться, чтобы коэффициент использования шпура был максимально возможным в данных

горно-геологических условиях. По требованиям Руководства /2/, при проведении горных выработок по породам с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f < 7$  коэффициент использования шпуров должен находиться в пределах 0,9-0,95, в более крепких породах – 0,9 и при проведении выработок с двумя открытыми поверхностями 0,95-1,0.

По данным практики ведения буровзрывных работ в породах монолитных, с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f = 15-20$  удовлетворительным может считаться коэффициент использования шпуров равный 0,75-0,8; в породах средней крепости – до 0,9; в породах слабых эта величина должна приближаться к 1,0.

### 3. Принимаются тип и количество используемых бурильных машин.

Тип и количество бурильных машин принимается в зависимости от физико-механических свойств горных пород и поперечных размеров выработки в свету. С целью проведения выработок с высоким качеством оконтуривания применяют бурильные машины и установочные приспособления, позволяющие бурить шпуры достаточно близко к проектному контуру выработки с минимальным углом наклона.

Технически обеспечиваемая глубина шпуров для наиболее распространенной в угольной промышленности серийной бурильной технике приведена в табл. 10 /8, 10, 11/.

Таблица 10

Техническая характеристика бурильного оборудования

Бурильная техника	Коэффициент крепости пород $f$	Глубина шпуров, м	Диаметр шпуров, мм
1	2	3	4
<i>Бурильные установки</i>			
УБШ-210А	2-4	2,40	42
УБШ-210А-02	8	2,40	42
УБШ-214	12	2,75	42
УБШ-214У	16	2,75	42
УБШ-252	8; 16	3,00	42
УБШ-253	8; 16	2,50	42
УБШ-308	12	2,75	42
УБШ-308У	16	2,75	42
УБШ-313А	16	3,00	42
УБШ-352	8; 16	3,00	42
УБШ-353	8; 16	3,00	42
БУКС-1М, БУКС-1МЦ	16	4,20	42-52

Продолжение табл. 10

1	2	3	4
БУКС-1У2, БУКС-1У5	16	4,40	42-52
БУКС-2М	16	4,50	42-52
СМБУ-1М	16	2,50	42-52
СМБУ-3М	16	2,70	42-52
СМБУ-4М	16	3,90	42-52
<i>Буропогрузочные машины</i>			
МПНБ	12	2,50	42
1ПНБ-2б	8	2,25	н.д.
2ПНБ-2б	12	2,50	н.д.
БПМ-1	14	1,80	н.д.
МПК-3Б	12	2,75	42
<i>Проходческие комплексы</i>			
Сибирь-1М	16	2,75	42
Сибирь-2М	16	2,40	42
<i>Колонковые сверла</i>			
ЭБГП-1	6	2,00	до 50
101ГП	8	2,50	н.д.
ЭДП-20	н.д.	2,00	43
ЭБК-5	н.д.	1,80	36-50
СЭК-1	н.д.	1,80	43
<i>Ручные электро- и гидросверла</i>			
ЭР14Д-2М	4	2,20	36-43
ЭР18Д-2М, ЭРП18Д-2М	4	2,20	36-43
СЭР-19М	4	2,20	36-43
СРЗ-1М	6	2,20	36-46
СРЗБ-1М	6	2,20	36-46
ГНОМ	6	2,20	36-43
СГ-2М	8	2,20	36-43
<i>Перфораторы</i>			
ПРГ-10	14	н.д.	10-28
серия 200ГП	20	н.д.	46-65
ПП36В2	20	2,00	32-40
ПП50В1	14	3,00	36-40
ПП54В2	20	4,00	32-40
ПП54ВБ2	20	4,00	32-40
ПП60НВ	15	2,00	32-40
ПП63В2, ПП63В2Л	20	5,00	40-46
ПП63ВБ2	20	5,00	40-46
ПП63С2, ПП63С2Р	20	5,00	40-46
ПП63П1	20	5,00	40-46

**Продолжение табл. 10**

1	2	3	4
ПП80НВ	20	9,00	46
ПК-50	12-20	12,00	40-65
ПК-60	20	25,00	40-65
ПК-75	20	30,00	65-85
ПТ-38	20	4,00	36-40
ПТ-48	20	15,00	52-85

При применении перфораторов рекомендуется использование пневмоподдержек П1К, П2К, П3К, предназначенных для подачи переносного пневматического перфоратора на забой и поддержания его на определенной высоте. Техническая характеристика выпускаемых пневмоподдержек приведена в табл. 11 /11/.

**Таблица 11**

**Техническая характеристика пневмоподдержек П1К, П2К, П3К**

Параметр	Тип пневмоподдержки		
	П1К	П2К	П3К
Величина хода подачи, мм	800+20	1100+20	1300+20
Длина в сжатом состоянии, мм	1200+20	1500+20	1700+20
Масса, кг, не более	14,5+1,0	16,5+1,0	18,0+1,0
Усилие подачи максимальное, Н (кгс)	1900-400 (190-40)		

При применении ручных электросверл и перфораторов, а также колонковых электросверл, шпурсы бурятся с использованием двух комплектов бурового инструмента или путем наращивания штанг. Применение трех комплектов или наращиваний является нерациональным. Согласно рекомендациям /1, 12/, количество перфораторов, работающих одновременно в забое, определяется из расчета один перфоратор не менее чем на 4,0 м<sup>2</sup> площади забоя в вертикальных выработках и не менее чем на 2,0 м<sup>2</sup> в горизонтальных и наклонных выработках. Количество электросверл на забой в горизонтальных и наклонных выработках определяется из расчета 2,0-2,5 м<sup>2</sup> площади забоя на одно электросверло. На каждые три рабочие буровые машины рекомендуется принимать одну резервную.

Количество бурильных установок, работающих одновременно в забое горизонтальных и наклонных выработок, определяется из расчета одна бурильная установка не менее чем на 9,0 м<sup>2</sup> площади забоя. В вертикальных выработках диаметром свыше 7,0 м принимается две бурильные установки.

При выборе типа бурильных машин для проведения горизонтальных и наклонных выработок рекомендуется руководствоваться табл. 12 /8, 10, 11/.

**Таблица 12**

**Максимальные размеры выработок, обуриваемых бурильными машинами**

Тип бурильной машины	Угол наклона выработки, град.	Максимальные размеры выработки вчерне, мм		Сечение выработки в свету, м <sup>2</sup>
		высота	ширина	
УБШ-210А	± 10°	3500	3300	н.д.
УБШ-214	н.д.	н.д.	н.д.	6,0-19,0
УБШ-252	± 10°	3500	4400	6,0-12,0
УБШ-253	± 10°	3800	5400	н.д.
УБШ-313А	± 10°	3800	5400	12,8-22,0
УБШ-352	н.д.	3800	4700	н.д.
УБШ-353	н.д.	3800	5200	н.д.
МПНБ	± 12°	4500	5200	н.д.
1ПНБ-2б	± 10°	3500	4600	н.д.
2ПНБ-2б	± 10°	4000	5600	н.д.
МПК-3Б	± 10°	4000	н.д.	н.д.

Для механизированной подрубки угольных пластов (кроме выбросоопасных) мощностью не менее 0,6 м с углом падения до 20° применяется врубовая машина «Урал-33М», работающая на пластах с углом падения свыше 18° с предохранительной лебедкой. Техническая характеристика врубовой машины приведена в табл. 13 /11/.

**Таблица 13**

**Техническая характеристика «Урал-33М»**

Параметр	Характеристика
Тип исполнительного органа	цепной бар
Длина бара, м	1,6; 1,8; 2,0; 2,2
Высота врубовой щели, мм	140
Габаритные размеры, мм:	
– длина (в рабочем положении)	4300
– ширина	720
– высота (в транспортном положении)	400
Масса, кг	4400

**4. Определяется общее количество взрывчатого вещества.**

Определение общего количества взрывчатого вещества на забой  $Q$ , кг, производится по формуле

$$Q = V \cdot q,$$

где  $V$  – объем взрывающей породы в массиве,  $\text{м}^3$ ,

$$V = S_{вч} \cdot l_{ш},$$

здесь  $S_{вч}$  – площадь поперечного сечения выработки в черне,  $\text{м}^2$ ;

$l_{ш}$  – средняя глубина шпура,  $\text{м}$ ;

$q$  – удельный расход взрывчатого вещества,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Наибольшее распространение при определении удельного расхода взрывчатого вещества  $q$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , получила формула проф. Н.М. Покровского, являющаяся наиболее универсальной,

$$q = q_1 \cdot k_1 \cdot f_1 \cdot k_{зж}, \quad (1)$$

где  $q_1$  – нормальный расход взрывчатого вещества с работоспособностью  $280 \text{ см}^3$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,

$$q_1 = -0,0031 \cdot f^2 + 0,164 \cdot f - 0,0435,$$

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

$k_1$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода взрывчатого вещества в зависимости от его работоспособности. Принимается по данным табл. 14 /2/ или определяется по формуле

$$k_1 = \frac{280}{P},$$

здесь  $280$  – работоспособность эталонного взрывчатого вещества аммонит Т-19,  $\text{см}^3$ ;

$P$  – работоспособность принятого взрывчатого вещества,  $\text{см}^3$ ;

$f_1$  – коэффициент, учитывающий структуру породы. Принимается по данным табл. 15 /9/;

$k_{зж}$  – коэффициент зажима породы, определяемый при наличии одной поверхности обнажения по формуле

$$k_{зж} = \frac{6,5}{\sqrt{S_{вч}}}.$$

При подрывке породы (наличии двух свободных поверхностей) проф. Н.М. Покровский рекомендует принимать следующие значения коэффициента зажима пород  $k_{зж}$ :

- при верхней подрывке – 1,5;
- при боковой подрывке – 1,3;
- при нижней подрывке – 1,2.

Таблица 14

## Характеристика взрывчатых веществ

Наименование ВВ	Класс предохранительности	Работоспособность, см <sup>3</sup>	Теплота взрыва, кДж/кг	Плотность ВВ, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент $k_1$	Условия применения
Акванал АРЗ-8Н	II	400-410	5040	1,25-1,30	0,68	сухие и обводненные шпуры
Гранулит АС-4В	II	390-410	4520	1,10-1,20	0,68	
Гранулит АС-8В	II	400-420	5230	1,10-1,20	0,67	
Аммонал водоустойчивый	II	410-430	4950	0,95-1,10	0,65	
Гранулит Д-5	II	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	сухие и осушенные шпуры
Аммонал М-10	II	430-440	5300	0,95-1,20	0,65	
Аммонал Э-5	II	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	
Аммонал скальный №1	II	450-480	5700	1,40-1,60	0,60	
Аммонит №6ЖВ	II	360-380	4300	1,00-1,20	0,74	
Детонит М	II	460-500	5800	1,10-1,30	0,56	сухие и осушенные шпуры
Аммонит АП-5ЖВ	III	320-330	3500	1,00-1,15	0,85	
Аммонит ПЖВ-20	IV	265-280	3400	1,05-1,20	1,00	
Аммонит Т-19	IV	270-280	3400	1,05-1,20	1,00	
Угленит 13П и 13П/1	V	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	
Угленит Э-6	V	130-170	2680	1,10-1,25	1,83	
Угленит П12ЦБ-2М	VI	95-120	2300	1,15-1,35	2,60	
Гранулит А-6	II	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	
Гранулит АС-4	II	390-410	4520	1,10-1,20	0,68	
Гранулит АС-8	II	410-430	5230	1,10-1,20	0,65	
Игданит	II	320-330	3760	1,10-1,20	0,85	сухие шпуры
Гранулит М	II	320-330	3760	1,10-1,15	0,85	

Таблица 15

Значения коэффициента  $f_1$ 

Характеристика породы	Коэффициент $f_1$
Вязкие, упругие, пористые	2
Дислоцированные с неправильным или параллельным оси выработки залеганием и мелкой трещиноватостью	1,4
Со сложным залеганием и меняющейся крепостью; с напластованием, перпендикулярным направлению шпуров	1,3
Массивные, хрупкие, плотные	1,1

Полученные по формуле (1) значения удельного расхода взрывчатого вещества, рекомендуется уточнить по табличным данным /2, 5/.

Значения удельного расхода взрывчатого вещества  $q_m$ , кг/м<sup>3</sup>, для взры-

вания в забоях подготовительных выработок, проводимых по породе с одной свободной поверхностью, при глубине шпуров 1,8 м, диаметре патронов 36 мм и работоспособности взрывчатого вещества  $280 \text{ см}^3$  приведены в табл. 16.

Таблица 16

Удельный расход взрывчатого вещества  $q_m$  при взрывании по породе

Площадь забоя, $\text{м}^2$	Удельный расход, $\text{кг}/\text{м}^3$ , при коэффициенте крепости пород $f$							
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-15	16-18
1,5-1,9	3,0-2,6	3,3-3,0	3,6-3,3	3,9-3,6	4,3-3,9	4,7-4,3	5,1-4,7	5,5-5,1
2,0-2,4	2,5-2,3	2,8-2,5	3,1-2,8	3,3-3,1	3,8-3,4	4,2-3,8	4,6-4,2	5,0-4,6
2,5-2,9	2,2-2,0	2,4-2,2	2,7-2,5	3,0-2,8	3,3-3,1	3,7-3,5	4,1-3,9	4,5-4,3
3,0-3,9	1,9-1,8	2,1-2,0	2,4-2,3	2,7-2,5	3,0-2,8	3,4-3,2	3,8-3,6	4,2-4,0
4,0-5,5	1,7-1,6	1,9-1,8	2,2-2,1	2,4-2,3	2,7-2,6	3,1-3,0	3,5-3,4	3,9-3,8
6,0-8,0	1,55-1,45	1,7-1,65	2,0-1,9	2,2-2,1	2,5-2,4	2,9-2,8	3,3-3,2	3,7-3,6
8,5-11,0	1,4-1,3	1,6-1,5	1,8-1,7	2,0-1,9	2,3-2,2	2,7-2,6	3,1-3,0	3,5-3,4
11,5-13,0	1,25-1,15	1,45-1,35	1,65-1,55	1,85-1,75	2,1-2,0	2,5-2,4	2,9-2,8	3,3-3,2
13,5-16,0	1,1-1,0	1,3-1,2	1,5-1,4	1,7-1,6	1,9-1,8	2,3-2,2	2,7-2,6	3,1-3,0
16,5-21,0	0,95-0,85	1,15-1,05	1,35-1,25	1,55-1,45	1,7-1,6	2,1-2,0	2,5-2,4	2,9-2,8

При других значениях указанных параметров в удельный расход взрывчатого вещества  $q$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , приведенный в табл. 16, необходимо вносить поправки

$$q = q_m \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3,$$

где  $k_2$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода взрывчатого вещества в зависимости от глубины шпуров. Принимается по данным табл. 17;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода взрывчатого вещества в зависимости от диаметра патронов. Принимается по данным табл. 18.

Таблица 17

Значения коэффициента  $k_2$

Глубина шпуров, м	Площадь забоя выработки вчере, $\text{м}^2$	Значение коэффициента $k_2$ при коэффициенте крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова					
		1,5-2	3-4	5-6	7-8	9-11	12-16
1	2	3	4	5	6	7	8
2,0-2,3	5,0-8,0	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30
	9,0-12,0	–	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
	13,0-18,0	–	–	1,05	1,10	1,15	1,20

Продолжение табл. 17

1	2	3	4	5	6	7	8
2,4-2,7	5,0-8,0	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35
	9,0-12,0	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30
	13,0-18,0	–	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
2,8-3,1	5,0-8,0	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
	9,0-12,0	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35
	13,0-18,0	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30
3,2-3,5	5,0-8,0	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45
	9,0-12,0	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
	13,0-18,0	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35

Таблица 18

Значения коэффициента  $k_3$ 

Диаметр патрона, мм	28	32	36	40	45
Коэффициент $k_3$	1,10	1,04	1,00	0,96	0,88

Для уточнения расчетного значения удельного расхода взрывчатого вещества при взрывании по породе  $q$ , кг/м<sup>3</sup>, полученного по формуле (1), также можно воспользоваться формулой

$$q = q_i \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

где  $q_i$  – удельный расход взрывчатого вещества, кг/м<sup>3</sup>, выведенный для забоев с площадью сечения вчерне 9,0 м<sup>2</sup>, при глубине шпуров 1,8 м, диаметре патронов 36 мм и работоспособности взрывчатого вещества 280 см<sup>3</sup>. Принимается по данным табл. 19;

$k_4$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода взрывчатого вещества в зависимости от площади поперечного сечения забоя. Принимается по данным табл. 20.

Таблица 19

Удельный расход взрывчатого вещества  $q_i$  при взрывании по породе

Коэффициент крепости пород $f$	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-15	16-18
$q_i$ , кг/м <sup>3</sup>	0,8-1,2	1,3-1,5	1,6-1,8	1,9-2,1	2,2-2,5	2,6-2,9	3,0-3,3	3,4-3,8

Таблица 20

Значения коэффициента  $k_4$ 

Площадь $S_{вч}$ , м <sup>2</sup>	1,5-1,9	2,0-2,9	3,4-4,0	4,5-6,5	7,0-9,0	10,0-12,0	16,0-20,0
Коэффициент $k_4$	1,50-1,40	1,40-1,30	1,30-1,20	1,10-1,05	1,03-1,00	0,98	0,92

Значения удельного расхода взрывчатого вещества при подрывке породы (наличии двух свободных поверхностей) приведены в табл. 21. Для обеспечения требуемого дробления породы и правильного оконтуривания выработки необходимо учитывать длину заряда в шпуре, что ведет к увеличению удельного расхода взрывчатого вещества. В таких случаях целесообразно применять взрывчатое вещество с диаметром патрона 28 мм.

**Таблица 21**

**Удельный расход взрывчатого вещества при подрывке породы**

<i>f</i>	Удельный расход, кг/м <sup>3</sup> , при работоспособности взрывчатого вещества, см <sup>3</sup>				
	150-195	200-245	250-295	300-345	350-400
1-1,5	0,75-0,70	0,65-0,60	0,55-0,50	0,45-0,40	0,35-0,30
2-3,5	0,80-0,75	0,70-0,65	0,60-0,55	0,50-0,45	0,40-0,35
4-5	0,85-0,80	0,75-0,70	0,65-0,60	0,55-0,50	0,45-0,40
6-7	0,90-0,85	0,80-0,75	0,70-0,65	0,60-0,55	0,50-0,45
8-9	0,95-0,90	0,85-0,80	0,75-0,70	0,65-0,60	0,55-0,50
10-12	1,00-0,95	0,90-0,85	0,80-0,75	0,70-0,65	0,60-0,55

Приближенные значения удельного расхода взрывчатого вещества для проходки подготовительных и нарезных выработок по углю, выведенные при работоспособности взрывчатого вещества 280 см<sup>3</sup>, даны в табл. 22. При наличии в забое машинного вруба удельный расход взрывчатого вещества, приведенный в табл. 22, необходимо разделить на величину *n*, значения которой принимаются по табл. 23.

**Таблица 22**

**Удельный расход взрывчатого вещества при взрывании по углю**

<i>f</i>	Работоспособность ВВ, см <sup>3</sup>	Удельный расход, кг/м <sup>3</sup> , при площади забоя выработки вчерне, м <sup>2</sup>								
		1,5-1,9	2,0-2,5	2,6-3,5	4,0-5,5	6,0-7,5	8,0-10,0	10,5-13,0	15,5-16,0	16,5-21,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2,2-2,5	200-245	1,88	1,75	1,62	1,50	1,44	1,37	1,30	1,25	1,20
	250-295	1,50	1,40	1,30	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95
	300-345	1,28	1,20	1,10	1,02	1,00	0,93	0,90	0,85	0,81
	350-395	1,12	1,05	0,98	0,90	0,86	0,82	0,80	0,75	0,71
1,8-2,1	150-195	2,20	2,06	1,95	1,87	1,76	1,65	1,55	1,50	1,40
	200-245	1,75	1,62	1,50	1,36	1,30	1,25	1,20	1,12	1,06
	250-295	1,40	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85
	300-345	1,20	1,10	1,02	0,94	0,88	0,85	0,81	0,76	0,72

Продолжение табл. 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,4-1,7	150-195	2,00	1,87	1,78	1,68	1,60	1,50	1,40	1,36	1,25
	200-245	1,62	1,50	1,36	1,30	1,25	1,20	1,12	1,06	1,00
	250-295	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80
	300-345	1,10	1,02	0,94	0,88	0,85	0,81	0,76	0,72	0,68
	350-395	0,98	0,90	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,60
1,0-1,3	150-195	1,85	1,70	1,62	1,50	1,46	1,35	1,26	1,24	1,10
	200-245	1,50	1,36	1,30	1,25	1,20	1,12	1,06	1,00	0,94
	250-295	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	300-345	1,02	0,90	0,88	0,85	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64
	350-395	0,90	0,8	0,78	0,75	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56
0,6-0,9	150-195	1,62	1,55	1,35	1,24	1,16	1,08	1,00	0,93	0,85
	200-245	1,30	1,25	1,12	1,00	0,94	0,88	0,82	0,76	0,68
	250-295	1,05	1,00	0,90	0,80	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55
	300-345	0,88	0,85	0,76	0,68	0,64	0,60	0,55	0,50	0,47
	350-395	0,78	0,75	0,68	0,60	0,56	0,53	0,48	0,45	0,42

Таблица 23

Значения коэффициента  $n$ 

Площадь $S_{вч}$ , м <sup>2</sup>	2,6-3,8	4-6	7-9	10-13	14-20
Коэффициент $n$	1,40-1,35	1,30-1,25	1,22-1,18	1,15-1,12	1,10-1,05

Значения удельных расходов взрывчатого вещества в забоях вертикальных стволов приведены в табл. 24. Эти значения выведены для забоев, заряженных патронами прессованного скального аммонита №1 диаметром 45 мм при глубине шпуров до 2,5 м. При большей длине шпуров удельный расход взрывчатого вещества, приведенный в табл. 24, необходимо умножить на коэффициент  $k_5$ , значения которого принимаются по табл. 25.

Таблица 24

Удельный расход взрывчатого вещества при взрывании  
в забоях вертикальных стволов

$f$	Работоспособность ВВ, см <sup>3</sup>	Удельный расход, кг/м <sup>3</sup> , при площади забоя ствола шахты вчерне, м <sup>2</sup>				
		22-26	28-34	36-46	50-58	62-74
1	2	3	4	5	6	7
1,5-2	250-295	1,30	1,23	1,14	1,07	1,00
	300-345	1,10	1,04	0,97	0,91	0,84
	350-395	0,94	0,88	0,82	0,77	0,71
	400 и более	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60

Продолжение табл. 24

1	2	3	4	5	6	7
3-4	250-295	1,47	1,40	1,30	1,23	1,14
	300-345	1,25	1,18	1,10	1,04	0,97
	350-395	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82
	400 и более	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
5-6	250-295	1,65	1,55	1,47	1,40	1,30
	300-345	1,40	1,32	1,25	1,18	1,10
	350-395	1,18	1,12	1,06	1,00	0,94
	400 и более	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80
7-8	300-345	1,67	1,53	1,46	1,38	1,32
	350-395	1,42	1,30	1,24	1,18	1,12
	400 и более	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95
9-10	300-345	1,95	1,80	1,73	1,67	1,60
	350-395	1,65	1,53	1,47	1,42	1,35
	400 и более	1,40	1,30	1,25	1,20	1,15
11-12	300-345	2,24	2,10	2,02	1,95	1,90
	350-395	1,90	1,77	1,71	1,65	1,60
	400 и более	1,60	1,50	1,45	1,40	1,35
13-14	300-345	2,50	2,36	2,30	2,24	2,16
	350-395	2,12	2,00	1,95	1,90	1,83
	400 и более	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55
15-17	300-345	2,78	2,64	2,58	2,50	2,42
	350-395	2,36	2,24	2,18	2,12	2,06
	400 и более	2,00	1,90	1,85	1,80	1,75
18-20	300-345	3,06	2,92	2,85	2,78	2,72
	350-395	2,60	2,48	2,42	2,36	2,30
	400 и более	2,20	2,10	2,05	2,00	1,95

Таблица 25

Значения коэффициента  $k_5$ 

Длина шпуров, м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Коэффициент $k_5$	1,15	1,20	1,25	1,35	1,40

### 5. Производится выбор типа вруба.

Площадь врубовой части забоя, ограниченной вспомогательными шпурами, в горизонтальных и наклонных выработках для достижения требуемого ухода забоя за цикл должна быть не меньше приведенной в табл. 26 /2/. При этом исходят из того, что принятая величина замедления взрыва последующей группы зарядов позволяет вынести из полости разрушенную породу в такой мере, что это обеспечивает беспрепятственное разрушение мас-

сива при очередном взрыве.

Площадь врубовой части забоя для вертикальных стволов следует принимать в пределах 2,0-3,5 м<sup>2</sup>.

Таблица 26

**Площадь врубовой части**

Уход забоя за взрыв, м	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Площадь врубовой части, м <sup>2</sup>	0,45	0,85	1,25	1,60	1,95

При выборе типа вруба руководствуются следующим /2/:

1. *Взрывание в выработках, проводимых по породе.* Взрывные работы при проходке горных выработок по породе, как правило, ведутся при наличии одной обнаженной поверхности. В этих условиях взрывание необходимо производить так, чтобы с помощью определенной системы врубовых шпуров образовать дополнительные свободные поверхности, облегчающие действие взрыва зарядов вспомогательных и отбойных шпуров и расширение выработки на полное сечение. В мягких породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протоdjяконова  $f=2-4$  рекомендуется применять клиновые (см. табл. 27 /7/), пирамидальные и веерные врубы. В основном это простые одинарные врубы, иногда применяются двойные. В весьма крепких породах возможно применение встречно-веерного или так называемого «шагающего» вруба. При взрывании в крепких породах с использованием клинового или пирамидального врубов целесообразным является бурение в центре вспомогательного врубового шпура, глубиной 0,5-0,7 глубины вруба, предназначенного для разрушения породной пробки и предотвращения выбивания крепи.

Таблица 27

**Основные параметры клиновых врубов**

Коэффициент крепости пород	Расстояние между парами шпуров, м, при работоспособности взрывчатого вещества, см <sup>3</sup>				Угол наклона шпуров, град.	Число шпуров во врубе
	250-295	300-345	350-395	400-450		
3-4	0,46-0,48	0,49-0,51	0,52-0,54	0,55-0,57	70°	4-6
5-6	0,43-0,45	0,46-0,48	0,49-0,51	0,52-0,54	65°	
7-8	0,40-0,42	0,43-0,45	0,46-0,48	0,49-0,51	62°	
9-10	0,37-0,39	0,40-0,42	0,43-0,45	0,46-0,48	60°	6-8
11-13	0,34-0,36	0,37-0,39	0,40-0,42	0,43-0,45	55°	
14-16	0,31-0,34	0,34-0,36	0,37-0,39	0,40-0,42	52°	8-10

В целях уменьшения разброса породы и предупреждения выбивания крепи следует направлять действие взрыва зарядов врубовых шпуров к почве выработки либо погашать действие этих взрывов встречным взрывом. В последнем случае по кровле выработки на величину подвигания забоя за взрыв оставляют уступ породы, так называемый «kozyрек». Для предотвращения выбивания крепи при проведении закруглений следует располагать забой под некоторым углом к оси выработки или же смещать вруб от центра в сторону, куда намечается направить взорванную породу. В последнем случае расстановку замедлений детонаторов необходимо сделать так, чтобы после образования врубовой полости дальнейшее разрушение массива происходило слоями с отбросом породы в сторону смещения вруба.

*2. Взрывание в угольных забоях.* Взрывные работы в угольных забоях ведутся при наличии одной или двух плоскостей обнажения. Основные трудности возникают при наличии одной плоскости обнажения на пластах малой мощности. В этом случае при ширине забоя более 2,5-3,0 м может быть применен центральный вруб и в отдельных случаях веерный вруб (так как коэффициент использования врубовых шпуров несколько ниже чем отбойных и оконтуривающих, то при каждом взрывании необходимо менять расположение веерного вруба, то есть врубовые шпуры располагать то слева, то справа от оси выработки).

Практика ведения взрывных работ показала, что неправильно заданное направление шпуров или завышение зарядов в них при обычной схеме с центральным врубом может привести к выбиванию крепи и большому разбросу угля. Это явление наиболее вероятно при взрывных работах в нарезных выработках. Во избежание выбивания крепи и разброса угля следует применять схемы с уступным забоем или варианты этих схем.

*3. Взрывание в забоях выработок, проводимых по пласту угля с подрывкой боковых пород.* С точки зрения техники взрывания преимущество таких выработок состоит в том, что вруб можно располагать по более мягкому слою – углю. Взрывные работы в смешанных забоях обычно ведутся двумя основными способами: раздельная или совместная выемка угля и породы.

Проведение выработок смешанным забоем с опережающей взрывной отбойкой угля разрешается при отставании породного забоя не более 5,0 м и может осуществляться только на пластах мощностью до 0,8 м. В местах геологических нарушений взрывание по углю и породе должно проводиться одновременно.

4. *Взрывание в забоях вертикальных выработок.* На качество взрывных работ в забое вертикальных выработок значительное влияние оказывает коэффициент использования врубовых шпуров. С увеличением глубины шпуров применение клиновых врубов усложняется и становится нецелесообразным. При глубине шпуров 4,0-4,5 м и колонковой конструкции заряда наиболее удачным следует считать применение шагающего двойного цилиндрического вруба. Двойной цилиндрический вруб представляет собой комплект вертикальных шпуров, расположенных по одной или двум окружностям. В первом случае расчетное количество шпуров первой окружности увеличивается в два раза, но каждый второй шпур бурится на 0,5-0,6 м короче расчетной глубины. Заряд взрывчатого вещества в каждом врубовом шпуре принимается равным половине расчетного. Инициирование зарядов более коротких врубовых шпуров производится в первую очередь, а затем детонаторами с большим временем замедления взрываются заряды, расположенные в длинных врубовых шпурах.

Во втором случае комплект врубовых шпуров располагается по двум окружностям. При этом лучшее дробление пород происходит тогда, когда длинные шпуры располагают на первой, а короткие на второй вспомогательной окружности. Глубина коротких шпуров не должна превышать половины глубины шпуров комплекта. Расстояние между врубовыми окружностями не должно превышать 200 мм. В этом случае выдерживаются расстояния между зарядами, требуемые действующими Правилами /3/.

На практике короткие шпуры иногда располагают на первой врубовой окружности. При взрывных работах по слабым породам с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f < 6$  такая схема расположения врубовых шпуров на разрушение массива не влияет. Однако при увеличении крепости пород  $f > 6$  лучшее дробление массива в забое шпуров и проработка дна врубовой полости происходит тогда, когда диаметр окружности длинных шпуров несколько уменьшен, заряды сближены, а короткие шпуры расположены на второй окружности. При такой конструкции вруба расстояние между врубовыми и вспомогательными шпурами не должно превышать расчетного и при разметке откладывается от глубоких шпуров.

При взрывании пород крепостью по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f < 6$  шпуры следует располагать по окружностям в соответствии с расчетными параметрами. В породах с крепостью по шкале проф. М.М. Протодяконова более 6 врубовые и вспомогательные шпуры располагают по ок-

ружностям, а четные отбойные шпуров третьего и последующего рядов смещают на 0,5 л.н.с. к центру ствола. Шпуров располагаются звездообразно, чтобы заряды последующего ряда компенсировали увеличение толщи разрушаемого массива. Такая схема расположения зарядов способствует разрушению массива волной напряжений, увеличивает коэффициент использования шпуров, улучшает дробление пород в донной части заряда.

С целью увеличения коэффициента использования шпуров при проходке стволов по крепким породам целесообразно в донной части шпура размещать одну ампулу водяной забойки, заполненную на 1/2 воздухом.

Обуривание забоя установками СМБУ-4 по приведенным схемам расположения шпуров не представляет трудностей. При бурении шпуров установками БУКС-1 смещение шпуров к центру ствола можно осуществлять попарно, но не более чем на 0,5 л.н.с.

#### **6. Определяется расчетное и фактическое количество шпуров на забой.**

Расчетное количество шпуров на забой  $N$  определяется по формулам ВНИИОМШС:

- при зарядании патронированными взрывчатыми веществами

$$N = \frac{12,7 \cdot S_{вч} \cdot q \cdot l_n \cdot \eta}{\gamma \cdot m_n};$$

- при зарядании россыпными взрывчатыми веществами

$$N = \frac{12,7 \cdot S_{вч} \cdot q \cdot \eta}{d_{шп}^2 \cdot \gamma \cdot \rho_{вв}},$$

где  $S_{вч}$  – площадь поперечного сечения выработки в черне, м<sup>2</sup>;

$q$  – удельный расход взрывчатого вещества, кг/м<sup>3</sup>;

$l_n$  – длина патрона взрывчатого вещества, см;

$\eta$  – коэффициент использования шпуров;

$\gamma$  – коэффициент заполнения шпура, показывающий отношение длины заряда взрывчатого вещества к общей глубине шпура. Принимается по данным табл. 28 /9/;

$m_n$  – масса патрона взрывчатого вещества, г;

$d_{шп}$  – диаметр шпуров, см;

$\rho_{вв}$  – плотность зарядания взрывчатого вещества, г/см<sup>3</sup>.

Характеристика патронов основных типов промышленных взрывчатых веществ приведена в табл. 29 /2/.

Таблица 28

Коэффициент заполнения шпуров  $\gamma$ 

Тип выработки	Диаметр патрона ВВ, мм	Коэффициент заполнения при крепости пород $f$	
		3-9	10-20
Горизонтальные и наклонные	28	0,35-0,70	0,75-0,85
	32, 36	0,30-0,60	0,60-0,85
Вертикальные	32, 36	0,40-0,50	0,50-0,65
	45	0,35-0,45	0,45-0,50

Таблица 29

## Характеристика патронов взрывчатых веществ

Тип ВВ	Диаметр патрона, мм	Длина патронов, см, при массе патрона, г			
		150	200	250	300
Аммонал водоустойчивый	31-32	–	25-24	32-30	–
Аммонит №6ЖВ	31-32	–	25-23	31-29	–
Аммонит ПЖВ-20	36-37	–	17-16	22-20	26-24
Аммонит АП-5ЖВ	36-37	–	18-17	23-21	27-26
Аммонит Т-19	36-37	–	17-16	22-20	26-24
Угленит Э-6	36-37	–	17-16	21-20	26-24
Детонит М	27-28	25-23	33-30	–	–
	31-32	–	25-23	31-29	–
	36-37	–	–	23-2	28-26

Полученное расчетное количество шпуров рекомендуется уточнять графическим методом с соблюдением минимально допустимых расстояний между смежными шпуровыми зарядами, приведенных в табл. 30 /3/. Расстояние между смежными шпуровыми зарядами в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протоdjяконова  $f > 10$  должно определяться нормативами, согласованными с органами Госгортехнадзора России.

Таблица 30

## Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами

Условия взрывания	Минимально допустимые расстояния между шпурами, м, при классе взрывчатого вещества			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,6	0,6	0,5	0,4
По породе, при $f < 7$	0,5	0,45	0,3	0,25
По породе, при $f = 7-10$	0,4	0,3	–	–

Расстояния от заряда взрывчатого вещества до ближайшей обнаженной поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе. В случае применения взрывчатых веществ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

В случае использования опережающей крепи верхний ряд шпуров необходимо располагать на расстоянии не менее 0,5 м от опережающей крепи.

При уточнении расчетного количества шпуров графическим методом основные параметры расположения шпуров определяются по формулам:

$$a = m \cdot W,$$

где  $a$  – расстояние между шпурами в ряду, см;

$m$  – коэффициент сближения шпуров. Принимается 0,9-1,2 (меньшее значение коэффициента принимается при взрывании в крепких породах);

$W$  – линия наименьшего сопротивления (л.н.с.), см,

$$W = n \cdot R_{oz}, \text{ см,}$$

здесь  $n$  – коэффициент пропорциональности;

$R_{oz}$  – радиус одиночного заряда, см. Принимается равным радиусу патрона взрывчатого вещества.

Коэффициент пропорциональности в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова  $f \geq 4$  принимается равным для вертикальных выработок – 30-40, для горизонтальных и наклонных выработок – 40-50 (меньшее значение коэффициента принимается при взрывании в крепких породах). При ведении буровзрывных работ по мягким породам с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова  $f < 4$ , коэффициент пропорциональности принимается равным 50-60.

Среднее значение линии наименьшего сопротивления  $W$ , м, необходимое при построении схемы расположения шпуров, в случае, когда линия наименьшего сопротивления принимается равной расстоянию между шпурами в ряду, определяется по формуле

$$W = 0,61 \cdot k_6 \cdot \sqrt[4]{\frac{S_{6ч}}{f}},$$

где  $k_6$  – коэффициент, учитывающий вместимость шпуров в сечении выработки. Принимается по данным табл. 31 /2/;

$S_{6ч}$  – площадь поперечного сечения выработки в черне, м<sup>2</sup>.

Таблица 31

Значение коэффициента  $k_6$ 

$S_{вч}, м^2$	$k_6$	$S_{вч}, м^2$	$k_6$	$S_{вч}, м^2$	$k_6$	$S_{вч}, м^2$	$k_6$
4	1,13	11	1,09	18	1,07	30	1,05
5	1,12	12	1,08	19	1,07	32	1,05
6	1,12	13	1,08	20	1,06	34	1,05
7	1,11	14	1,08	22	1,06	36	1,05
8	1,10	15	1,07	24	1,06	38	1,04
9	1,10	16	1,07	26	1,06	40	1,04
10	1,09	17	1,07	28	1,05	–	–

При устройстве водоотливной канавки буровзрывным способом одновременно с проведением выработки к расчетному количеству шпуров прибавляется 1-2 шпура для устройства канавки. Длина этих шпуров принимается равной глубине заходки за цикл, а величина заряда взрывчатого вещества на один шпур рассчитывается отдельно (см. формулу (2)).

При составлении паспорта буровзрывных работ в ходе его уточнения допускается увеличение общего числа шпуров в забое (без учета шпуров для устройства водоотливной канавки) не более чем на 10%, а в выработках сечением до 5,0 м<sup>2</sup> не более чем на 4 шпура.

При проектировании схемы расположения шпуров в забое вертикальных выработок необходимо учитывать, что заряды первой вспомогательной окружности взрываются на две обнаженные поверхности, а последующее взрывание происходит в подпорную стенку из разрыхленной породы. Поэтому целесообразно количество шпуров третьей окружности принимать четным и каждый второй шпур смещать к центру забоя на 0,5 л.н.с., чтобы минимальные расстояния между зарядами соответствовали требованиям Правил /3/. Количество шпуров четвертого и следующих рядов следует принимать с учетом зарядов, компенсирующих увеличение толщи разрушаемого массива.

Параметры расположения шпуров в забое вертикальных выработок можно принимать по данным табл. 32-34 /2/, что позволит улучшить качество ведения работ (здесь  $a$  – расстояние между шпурами в ряду, м).

### 7. Определяется заряд взрывчатого вещества на шпур.

Величина заряда на шпур обычно устанавливается опытным путем в конкретных горно-геологических условиях.

Приблизительно величину одиночного шпурового заряда  $Q_{ш}$ , кг, можно определить по формуле

Таблица 32

## Количество шпуров на забое в зависимости от диаметра ствола вчерне

Тип ВВ	$f$	Количество шпуров при диаметре ствола вчерне, м								
		5,0	5,6	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
Аммонит скальный №1 (диаметр патрона $d = 45$ мм)	2	15-20	18-22	20-24	26-30	28-32	30-34	40-44	46-50	48-52
	4	18-22	26-30	32-38	35-42	38-44	40-46	53-58	55-60	61-67
	6	20-24	34-40	38-44	42-48	46-52	60-66	63-70	70-78	73-84
	8	30-36	37-43	42-48	56-62	62-72	67-76	84-93	90-99	93-102
	10	40-46	42-48	60-64	63-69	70-78	89-96	94-102	100-108	125-132
	12	42-48	60-66	64-69	66-72	87-96	94-102	100-108	122-128	132-146
	14	58-64	63-69	66-72	87-93	94-100	100-110	122-130	131-140	163-174
Аммонит скальный №1 (диаметр патрона $d = 36$ мм)	2	16-23	18-26	20-28	26-32	28-36	30-38	39-47	46-52	48-56
	4	21-26	24-32	33-41	36-42	38-46	41-49	55-63	60-68	62-70
	6	36-42	38-46	41-50	57-64	63-72	66-74	84-92	89-96	94-106
	8	40-48	55-62	59-66	63-72	70-78	88-96	94-100	100-118	123-136
	10	56-62	63-70	67-74	87-96	94-110	100-118	126-136	132-150	141-162
	12	60-72	67-76	87-94	94-110	117-128	127-136	132-156	141-162	174-196
	14	66-78	86-94	94-110	120-136	127-138	138-156	167-178	175-196	207-224
Аммонит Т-19, ПЖВ-20, АП-5ЖВ	2	18-24	20-28	22-32	32-40	34-42	36-44	38-48	53-62	56-66
	4	36-42	38-44	42-50	55-6	62-70	66-74	83-92	89-97	94-105
	6	43-52	58-66	63-72	66-76	87-96	94-105	100-115	123-136	131-148
	8	60-72	67-80	86-100	94-112	101-122	127-142	135-156	162-184	175-196
	10	85-100	94-112	119-132	131-154	159-176	175-200	185-212	217-242	226-250
	12	88-106	97-118	124-146	136-158	165-186	182-204	226-248	234-256	242-268
	14	94-112	118-132	131-156	158-180	175-200	212-234	226-250	242-266	257-280

Таблица 33

## Минимальные расстояния между окружностями

Число окружно- стей	Минимальные расстояния между окружностями, м, при диаметре ствола вчерне, м								
	5,0	5,6	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
2	1,25	1,40	1,50	–	–	–	–	–	–
3	0,85	0,90	1,00	1,10	1,20	1,25	1,30	–	–
4	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	0,95	1,00	1,10	1,15
5	–	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
6	–	0,45	0,50	0,55	0,58	0,63	0,67	0,70	0,75
7	–	–	–	0,46	0,50	0,55	0,58	0,60	0,65
8	–	–	–	–	–	0,47	0,50	0,53	0,55
9	–	–	–	–	–	–	–	0,47	0,50

Таблица 34

## Количество окружностей на забое в зависимости от диаметра ствола вчерне

Тип ВВ	$f$	$a$ , м	Количество окружностей при диаметре ствола вчерне, м								
			5,0	5,6	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
Аммонит скальный №1 (диаметр патрона $d = 45$ мм)	2	1,60	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	4	1,20	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6	1,00	2	3	3	3	3	4	4	4	4
	8	0,90	3	3	3	4	4	4	5	5	5
	10	0,80	3	3	4	4	4	5	5	5	5
	12	0,75	3	4	4	4	5	5	5	6	6
Аммонит скальный №1 (диаметр патрона $d = 36$ мм)	2	1,60	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	4	1,15	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6	0,90	3	3	3	4	4	4	5	5	5
	8	0,80	3	4	4	4	4	5	5	5	6
	10	0,70	4	4	4	5	5	5	6	6	6
	12	0,65	4	4	5	5	6	6	6	7	7
Аммонит Т-19, ПЖВ-20, АП-5ЖВ	2	1,30	2	2	2	3	3	3	3	4	4
	4	0,90	3	3	3	4	4	4	5	5	5
	6	0,75	3	4	4	4	5	5	5	6	6
	8	0,65	4	4	5	5	5	6	6	7	7
	10	0,66	5	5	6	6	7	7	7	8	8
	12	0,53	5	5	6	6	7	7	8	8	9
	14	0,50	5	6	6	7	7	8	8	9	9

$$Q_{ш} = \frac{Q}{N}.$$

Рекомендуемая величина заряда взрывчатого вещества во врубовых шпурах  $Q_{вр}$ , кг, принимается на 10-20% больше величины одиночного шпурового заряда, а в оконтуривающих шпурах  $Q_{ок}$ , кг, – на 5-10% меньше. В угловых почвенных шпурах заряд  $Q_{ок}^y$ , кг, принимается на 20% больше величины заряда взрывчатого вещества в оконтуривающих шпурах.

$$Q_{вр} = (1,1 \div 1,2) \cdot Q_{ш};$$

$$Q_{ок} = (0,9 \div 0,95) \cdot Q_{ш};$$

$$Q_{ок}^y = 1,2 \cdot Q_{ок}.$$

Величина заряда в отбойных шпурах  $Q_{от}$ , кг, определяется по формуле

$$Q_{om} = \frac{Q - N_{вр} \cdot Q_{вр} - (N_{ок} - 2) \cdot Q_{ок} - 2 \cdot Q_{ок}^y}{N - N_{вр} - N_{ок}},$$

где  $N$  – общее количество шпуров на забой, шт.;

$N_{вр}$  – количество врубовых шпуров, шт.;

$N_{ок}$  – количество оконтуривающих шпуров, шт.

Величина заряда взрывчатого вещества в шпурах для устройства водоотливной канавки  $Q_k$ , кг, определяется по формуле

$$Q_k = \frac{S_k \cdot q \cdot l_{ш}}{n_k}, \text{ кг}, \quad (2)$$

где  $S_k$  – площадь поперечного сечения водоотливной канавки, м<sup>2</sup>;

$q$  – удельный расход взрывчатого вещества, кг/м<sup>3</sup>;

$l_{ш}$  – средняя глубина шпура, м;

$n_k$  – количество шпуров под водоотливную канавку, шт.

Полученная приближенная величина одиночного заряда пересчитывается до ближайшего целого количества патронов взрывчатого вещества в соответствии с требованием действующих Правил /3, с. 21/: в угольных шахтах, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли, запрещается использовать патронированные взрывчатые вещества с нарушенной оболочкой.

При применении патронов взрывчатого вещества в предохранительных оболочках величина заряда на шпур по углю рекомендуется не более трех патронов взрывчатого вещества при длине шпуров не более 1,6-2,0 м.

Полученные величины зарядов взрывчатого вещества проверяются на соблюдение требования о величине забойки по формулам:

- при зарядании патронированными взрывчатыми веществами

$$l_3 = l_{ш} - n \cdot l_n \geq l_{\min};$$

- при зарядании россыпными взрывчатыми веществами

$$l_3 = l_{ш} - \frac{Q_{ш}}{q_l} \geq l_{\min},$$

где  $l_3$  – расчетная длина забойки в шпуре, м;

$l_{ш}$  – общая длина шпура, м;

$n$  – количество патронов взрывчатого вещества в шпуре, шт.;

$l_n$  – длина патрона взрывчатого вещества, м;

$l_{\min}$  – минимальная величина забойки, м;

- $Q_{ш}$  – заряд взрывчатого вещества в шпуре, кг;  
 $q_l$  – линейная плотность россыпного взрывчатого вещества в скважине, кг/м. принимается по данным табл. 35 /2/.

Таблица 35

Линейная плотность заряда взрывчатого вещества в шпуре

Диаметр шпура, мм	Линейная плотность заряда, кг/м, при плотности заряжания шпуров, г/см <sup>3</sup>			
	1,00	1,05	1,10	1,15
32	0,804	0,844	0,884	0,924
36	1,017	1,068	1,119	1,170
38	1,134	1,190	1,247	1,304
42	1,385	1,454	1,523	1,592
46	1,661	1,744	1,827	1,910
51	2,042	2,144	2,246	2,348
55	2,375	2,493	2,612	2,731
65	3,317	3,482	3,648	3,814
70	3,847	4,039	4,231	4,423
75	4,416	4,636	4,857	5,078

Минимальная величина забойки при взрывании по углю и по породе для всех забоечных материалов должна составлять:

- при глубине шпуров 0,6-1,0 м – половину глубины шпура;
- при глубине шпуров более 1,0 м – 0,5 м.

Исходя из условий эффективности ведения взрывных работ, длину забойки в шпурах рекомендуется принимать равной не менее длины заряда взрывчатого вещества.

**8. Определяется общее количество взрывчатого вещества на забой.**

Уточненное общее количество взрывчатого вещества на цикл  $Q_z$ , кг, определяется путем умножения принятой величины заряда одного шпура на расчетное количество шпуров данного типа на забой, полученное графическим методом

$$Q_z = Q_{вр} \cdot N_{вр} + Q_{от} \cdot N_{от} + (N_{ок} - 2) \cdot Q_{ок} + 2 \cdot Q_{ок}^y.$$

В процессе отработки паспорта буровзрывных работ допускается изменение общего количества взрывчатого вещества (без учета зарядов в шпурах для устройства водоотливной канавки), определенного для выполнения взрывных работ в забое, в сторону увеличения против расчетного по п. 4 не более чем на 10%, а в выработках сечением до 5,0 м<sup>2</sup> не более чем на 3,0 кг.

Общее количество взрывчатого вещества на цикл  $Q$ , кг, с учетом заря-

дов в шпурах для устройства водоотливной канавки определяется по формуле

$$Q = Q_з + Q_к \cdot n_к.$$

**9. Производится выбор конструкции заряда взрывчатого вещества в шпуре и типа забойки.**

При электрическом взрывании патроны-боевики изготавливаются в следующем порядке:

- а) в верхнем торце патрона взрывчатого вещества при помощи наколки из материалов, не дающих электрических искр, делается углубление, в которое вводится электродетонатор на всю длину его гильзы;
- б) электродетонатор закрепляется в патроне набрасыванием и затягиванием петли из проводов электродетонатора на конце патрона-боевика.

При изготовлении патрона-боевика из патрона угленита П12ЦБ-2М петля из проводов электродетонатора на боевике не используется. Для изготовления патрона-боевика в центре крышки патрона с помощью наколки диаметром 9-10 мм прокалывается отверстие, в которое вставляется электродетонатор на всю его длину, что позволяет прочно удерживать электродетонатор в крышке.

При выборе конструкции заряда взрывчатого вещества необходимо руководствоваться следующими требованиями /3/.

Патрон-боевик должен быть расположен первым от устья шпура. Электродетонатор (капсюль-детонатор) необходимо помещать в ближайшей к устью шпура торцевой части патрона-боевика так, чтобы дно гильзы электродетонатора (капсюля-детонатора) было направлено ко дну шпура. При этом возможно применение электродетонаторов с малой длиной проводов (1,5-2,0 м).

При зарядании без применения средств механизации в шахтах при отсутствии газовой пыли и взрывчатой пыли, а также при наличии электродетонаторов с длиной проводов, превышающей глубину шпуров не менее чем на 0,6 м, допускается расположение патрона-боевика с электродетонатором (капсюлем-детонатором) первым от дна шпура. В этом случае дно гильзы электродетонатора (капсюля-детонатора) должно быть направлено к устью шпура.

При механизированном зарядании шпуров с применением электродетонаторов, защищенных от зарядов статического электричества, патрон-боевик может устанавливаться первым от забоя шпура при условии введения

вслед за ним не менее чем одного патрона взрывчатого вещества, защищающего патрон-боевик от воздействия взрывчатых веществ при механизированном зарядании. При механизированном зарядании шпуров с применением незащищенных от зарядов статического электричества электродетонаторов введение боевиков разрешается только после окончания механизированного зарядания и удаления зарядного оборудования.

Механизированное зарядание шпуров рассыпными взрывчатыми веществами осуществляется зарядчиками, допущенными для этой цели в установленном порядке органами Госгортехнадзора России.

Техническая характеристика применяемых зарядчиков приведена в табл. 36 /8/.

**Таблица 36**

**Техническая характеристика зарядчиков**

Наименование	Диаметр шпуров, мм	Глубина шпуров, м	Плотность зарядания, г/см <sup>3</sup>	Производительность, кг/мин.	Вместимость бункера, кг
Курама-7М	34-60	3,0	1,12-1,18	≤ 18,0	7,0
Курама-8	34-50	3,0	1,12-1,18	≤ 12,0	9,0
ЗНП-5	56	15,0	1,15	40,0-120,0	н.д.
ЗП-2	56	25,0	н.д.	20,0-50,0	н.д.
УМЗ-1	н.д.	н.д.	н.д.	0,5-1,0	60,0

При проходке стволов для облегчения и ускорения зарядания шпуров рекомендуется применять составные заряды, заготовленные заранее, – несколько патронов взрывчатого вещества, помещенных в полиэтиленовый или полихлорвиниловый шланг соответствующего диаметра. Заряды транспортируются в специальных ящиках и опускаются в шпур так же, как и обычные патроны. При зарядании восстающих шпуров рекомендуется укреплять весь заряд на тонком стержне из допущенных материалов или иным способом и досылать его в шпур целиком вместе с глиняным пыжом, после чего производить полную забойку оставшейся части шпура.

Запрещается размещать в одном шпуре при сплошном заряде более одного патрона-боевика.

В шахтах, опасных по газу или пыли, рассредоточенные заряды допускается применять в породных забоях выработок, в которых отсутствует выделение горючих газов, и только во врубовых шпурах. При рассредоточенных по длине шпура или скважины зарядах в каждой части заряда может быть помещен только один боевик. Части рассредоточенных зарядов необхо-

димо комплектовать из целого числа патронов при сохранении общей массы на один шпур. Осевые зазоры рассредоточенных зарядов заполняются ампулами с водой или другим негорючим материалом (глина, песок и т.п.). В неопасных условиях допускается применение воздушных промежутков между зарядами.

При ярусном взрывании с разделением одного колонкового заряда по глубине шпура на две части последовательно взрывают сначала ближнюю к устью шпура, а затем дальнюю от устья шпура части заряда. При этом патроны-боевики располагают в ближней к устью (верхней) части каждой части заряда. При размещении в шпурах ярусных зарядов забойку между частями зарядов следует размещать обязательно.

Части рассредоточенного заряда в вертикальных стволах при наличии гидравлической забойки в шпурах могут инициироваться детонирующим шнуром, который пропускается в этих случаях по всему заряду без выхода из шпура, а также электродетонаторами одной ступени замедления, расположенными в каждой части заряда. Части колонкового заряда инициируются в один прием электродетонаторами разных ступеней замедления.

Основные требования по длине забойки шпуров приведены выше (см. п. 6). В качестве забойки должны применяться глина с относительной влажностью не более 18%, песок влажностью не менее 3-4% не содержащий силикозоопасных фракций или не вызывающий запыленности воздуха свыше санитарных норм, буровой штыб без органических примесей, смесь глины с песком, гидрозабойка в шпурах в сочетании с запирающей забойкой из глины или смеси глины с песком или иные материалы, допущенные Госгортехнадзором России.

Для ускорения процесса заряжания и получения высокого качества забойки применяются передвижные шнековые пыжеделательные машины ППМ-90, предназначенные для изготовления песчано-глинистого пыжа вводимого в шпур руками, и забойник шпуров пневматический, предназначенный для механической забойки заряженных шпуров влажным песком.

Техническая характеристика применяемого оборудования приведена в табл. 37-38 /8/.

Минимальная длина запирающей забойки в случае применения заполненных соответствующим составом полиэтиленовых ампул принимается 0,15 м, при заливке водой наклонных шпуров (пробуренных под углом более 10° сверху вниз) – 0,3 м.

Таблица 37

## Техническая характеристика пыжеделательной машины ППМ-90

Параметр	Характеристика
Диаметр пыжа, мм	38
Производительность, м/ч	70,0
Габаритные размеры, мм	855×490×600
Масса, кг	92,0

Таблица 38

## Техническая характеристика забойника шпуров пневматического

Параметр	Характеристика
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	0,06
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	0,4
Число зарядных рукавов	1
Габаритные размеры, мм	714×528×520
Масса, кг	41,4

На шахтах, опасных по газу или пыли, взрывание зарядов без забойки запрещается. Допустимость взрывания зарядов без забойки на шахтах, не опасных по газу или пыли, устанавливается руководителем организации с учетом опасности экологических последствий и указывается в паспорте.

#### 10. Определяется оптимальное время замедления, и подбираются электродетонаторы.

До настоящего времени нет общепризнанной теории короткозамедленного взрывания, поэтому оптимальные интервалы замедления определяются на основе проведения опытных взрывов. Приблизительно значения оптимального времени замедления  $t_{онм}$ , мс, можно определить по следующим формулам:

- для горизонтальных и наклонных горных выработок

$$t_{онм} = \left( \frac{31,5 \cdot W}{\sqrt[4]{C \cdot \rho}} - 6 \cdot \sqrt[4]{C \cdot \rho} + 9,6 \right) \cdot K ; \quad (3)$$

- для вертикальных выработок

$$t_{онм} = \frac{72 \cdot W}{C \cdot \rho} + \frac{m_{кр}}{v_{кр}}, \quad (4)$$

где  $W$  – линия наименьшего сопротивления, м;

$C$  – скорость распространения звуковых волн в массиве, км/с;

$\rho$  – плотность породы в массиве, т/м<sup>3</sup>;

$K$  – коэффициент Петрова, учитывающий количество обнаженных поверхностей. Принимается равным 3,3 при одной, 2,0 – при двух и 1,0 – при трех обнаженных поверхностях;

$m_{кр}$  – критическая ширина раскрытия трещин ( $m_{кр} = 10-15$ ), мм;

$v_{кр}$  – критическая скорость раскрытия трещин, м/с. Принимается равной при пологом падении пластов 1,5, при наклонном и крутом падении – 2,5 м/с.

Показатели скорости распространения звуковых волн и плотности угля и породы в массиве могут приниматься при проектировании взрывных работ по данным табл. 39-40 /2/.

Также при нахождении оптимального времени замедления по формулам (3) и (4) можно воспользоваться следующей эмпирической формулой

$$C \cdot \rho = 1,3 \cdot f,$$

где  $f$  – коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова.

**Таблица 39**

**Показатели физико-механических свойств углей**

Марка угля	$f$	$C$ , км/с	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>
Коксовый	0,5	1,7	1,24-1,26
Отощенный, спекающийся	1,0	1,8	1,22-1,28
Бурый	1,5	2,0	1,20-1,26
Каменный	2,0	2,2	1,19-1,35
Полуантрацит	2,5	2,4	1,49
Полуантрацит, антрацит	3,0	2,5	1,50
Антрацит	3,5	2,7	1,60

**Таблица 40**

**Показатели физико-механических свойств горных пород**

$f$	Тип пород							
	песчаник		алевролит		аргиллит		известняк	
	$C$ , км/с	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>	$C$ , км/с	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>	$C$ , км/с	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>	$C$ , км/с	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,8	2,12	3,05	2,40	среднее значение 2,9	2,31	3,05	1,72
2	2,225	2,25	3,1	2,45		2,41	3,1	1,96
3	2,265	2,37	3,12	2,49		2,47	3,12	2,123
4	3,1	2,46	3,15	2,53		2,51	3,15	2,26
5	3,5	2,54	3,18	2,56		2,54	3,18	2,34
6	3,7	2,58	3,2	2,57		2,55	3,2	2,405
7	3,9	2,61	3,23	2,58		2,56	3,23	2,46

Продолжение табл. 40

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	4,0	2,62	3,3	2,59	среднее значе- ние 2,9	2,57	3,3	2,50
9	4,1	2,63	3,325	2,60		2,57	3,325	2,52
10	4,15	2,64	3,3	2,61		2,575	3,3	2,54
11	4,2	2,65	3,25	2,615		2,58	3,25	2,54
12	4,25	2,65	3,338	2,62		2,585	3,338	2,54
13	4,3	2,65	3,4	2,625		2,585	3,4	2,54
14	4,35	2,66	3,41	2,63		2,592	3,41	2,54
15	4,4	2,66	3,44	2,64	–	–	3,44	2,54
16	4,5	2,67	3,5	2,65	–	–	–	2,55
17	–	–	–	–	–	–	2,9	2,55

По определенному времени замедления подбираются электродетонаторы таким образом, чтобы обеспечить взрывание с максимальным числом ступеней и суммарным временем замедления. Рекомендуемые значения интервалов замедлений электродетонаторов при короткозамедленном взрывании приведены в табл. 41 /2/.

Таблица 41

Рекомендуемые интервалы замедления электродетонаторов

Наименование пород	Интервалы замедления, мс		
	между врубовыми и вспомогательными зарядами	между отбойными зарядами	при двух и более открытых поверхностях
Уголь	30-50	20-30	10-20
Сланец горючий	30-50	20-30	10-20
Аргиллит	30-50	15-25	10-15
Алевролит	30-50	15-25	10-15
Песчаник слабый	20-40	20-30	10-20
Песчаник крепкий	15-30	10-20	10-15

В забоях выработок, где имеется газовыделение или взрывчатая угольная пыль, разрешается применять только предохранительные электродетонаторы мгновенного и короткозамедленного действия, при этом максимальное время замедления электродетонаторов короткозамедленного действия не должно превышать при применении взрывчатых веществ IV класса – 220 мс, V и VI классов – 320 мс. Интервал замедления применяемых электродетонаторов короткозамедленного действия не должен превышать 60 мс (по номиналу). Взрывание комплекта зарядов в забое допускается проводить отдельно, но не более чем за три приема.

Наименования, время срабатывания и ступени замедления отечественных промышленных электродетонаторов, предназначенных для взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли, приведены в табл. 42 /2, 13/.

Таблица 42

**Интервалы замедления электродетонаторов, предназначенных для взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли**

Наименование электродетонаторов					
ЭДКЗ-ПМ		ЭДКЗ-ПК		ЭДКЗ-ПКМ	
время срабатывания, мс	ступень замедления	время срабатывания, мс	ступень замедления	время срабатывания, мс	ступень замедления
4	нулевая	4	–	4	–
15	1ПМ	20	1ПК	20	1М
30	2ПМ	40	2ПК	40	2М
45	3ПМ	60	3ПК	60	3М
60	4ПМ	80	4ПК	80	4М
80	5ПМ	100	5ПК	100	5М
100	6ПМ	125	6ПК	125	6М
120	7ПМ	150	7ПК	150	7М
25	1П	175	8ПК	175	8М
50	2ПМ	200	9ПК	200	9М
75	3ПМ	–	–	–	–
100	4ПМ	–	–	–	–
125	5ПМ	–	–	–	–

При проведении по породе выработок, в которых отсутствует выделение метана, взрывание может проводиться с применением электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приемов и пропускаемых серий замедлений.

Наименования, время срабатывания и ступени замедления отечественных промышленных электродетонаторов, предназначенных для взрывных работ в шахтах, не опасных по газу или пыли, приведены в табл. 43 /2/.

Кроме приведенных в табл. 43 электродетонаторов, предназначенных для взрывных работ в шахтах, не опасных по газу или пыли, к применению допущены электрозащищенные электродетонаторы ЭД-24, нечувствительные к блуждающим токам и воздействию статического электричества, взрываемые только от высокочастотного импульса, вырабатываемого специальной взрывной машинкой УВВ-1М.

**Интервалы замедления электродетонаторов, предназначенных  
для взрывных работ в шахтах, не опасных по газу или пыли**

Наименование электродетонаторов							
ЭД-8Э (ЭД-8Ж)		ЭД-3-Н		ЭД-3Д		ЭД-1-8Т (ЭД-1-3Т)	
время срабатывания, мс	ступень замедления	время срабатывания, мс	ступень замедления	время срабатывания, мс	ступень замедления	время срабатывания, мс	ступень замедления
4	–	20	1Н	25	1	4	0
–	–	40	2Н	50	2	20	1
–	–	60	3Н	75	3	40	2
–	–	80	4Н	100	4	60	3
–	–	100	5Н	150	5	80	4
–	–	120	6Н	200	6	100	5
–	–	140	7Н	500	7	120	6
–	–	160	8Н	750	8	140	7
–	–	180	9Н	1000	9	160	8
–	–	200	10Н	1500	10	180	9
–	–	225	11Н	2000	11	200	10
–	–	250	12Н	–	–	225	11
–	–	275	13Н	–	–	250	12
–	–	300	14Н	–	–	275	13
–	–	350	15Н	–	–	300	14
–	–	400	16Н	–	–	350	15
–	–	450	17Н	–	–	400	16
–	–	500	18Н	–	–	450	17
–	–	600	19Н	–	–	500	18
–	–	700	20Н	–	–	600	19
–	–	800	21Н	–	–	700	20
–	–	900	22Н	–	–	800	21
–	–	1000	23Н	–	–	900	22
–	–	–	–	–	–	1000	23
–	–	–	–	–	–	1500	24
–	–	–	–	–	–	2000	25

Электродетонаторы, применяемые в обводненном забое ствола, должны иметь длину концевых проводов, позволяющую их подсоединение к антенным проводам без дополнительных соединений.

В угольных шахтах, где допущено применение неперехранительных взрывчатых веществ II класса, для инициирования боевиков зарядов взрывчатого вещества разрешено применение систем неэлектрического взрывания

на основе ударно-волновых трубок.

В основе системы неэлектрического взрывания лежит полый пластмассовый (полиэтиленовый) шнур-волновод диаметром 3-4 мм, внутренняя поверхность которого покрыта взрывчатым реагирующим веществом (масса взрывчатой смеси 15-30 мг на каждый метр длины) для подпитывания ударной волны со скоростью около 2000 м/с. Эта ударная волна обладает достаточной энергией для инициирования первичного взрывчатого вещества или элемента замедления в капсуле-детонаторе. Так как реакция происходит внутри шнура, она не дает взрывного эффекта и является просто проводниковым сигналом.

В настоящее время к постоянному применению в Российской Федерации Госгортехнадзором допущены следующие системы:

- система неэлектрического инициирования «Нонель GT/T» (Швеция, «Дино-Нобель»), разрешение №08-10/88 от 15.02.96 /14/;
- неэлектрическая система взрывания повышенной безопасности СИНВ-Ш (Россия, ГНПП «Краснознаменец» совместно с НМЗ «Искра» и АО «Нитро-Взрыв»), разрешение №04-35/481 от 28.07.98 /15/;
- система неэлектрического инициирования «Эдилин» (Россия, ГУП Муромский приборостроительный завод) /15/.

*Система «Нонель GT/T»* предназначена для ведения взрывных работ на шахтах, не опасных по газу и пыли при температуре окружающей среды до + 50°C (шнур Нонель HD) или + 65°C (шнур Нонель HT). Стандартный комплект состоит из стартера «Нонель», соединений UB0, инициирующих устройств для связок шнуров «Нонель» и капсулей-детонаторов с пиротехнической композицией в элементах замедления, запрессованных непосредственно в гильзу. Самый короткий интервал замедления – 100 мс. «Нонель GT/T» имеет 25 различных номеров интервалов. Интервалы замедления системы неэлектрического инициирования «Нонель GT/T» приведены в табл. 44 /14/.

Соединение UB0 снабжено промежуточным мини-детонатором, мощность которого около 1/3 мощности обычного капсуля-детонатора, и шнурами длиной 2,4 и 4,8 м. Соединительный блок предназначен для подсоединения до восьми шнуров-волноводов к промежуточному капсулю-детонатору, механической защиты промежуточного капсуля-детонатора и торможения осколков алюминия от промежуточного капсуля-детонатора.

Интервалы замедления капсулей-детонаторов системы «Нонель GT/T»

Номер интервала	Замедление, мс	Интервал, мс	Стандартная длина шнура, м
0	25	–	6,0 и 7,8
1-12	100-1200	100	
14, 16, 18, 20	1400-2000	200	
25, 30, 35, 40, 45	2500-6000	500	
50, 55, 60			

Стартер «Нонель» сконструирован так же, как соединение UB0. В ассортименте имеются шнуры длиной 50 и 100 м на катушках. По желанию заказчика стартер поставляется со шнуром длиной 30 м.

Устройство для связок состоит из двойной петли детонирующего шнура E-cord, вмонтированного в соединительный блок UB0 со шнуром стандартной длины 6,0 м. По заказу блок также поставляется со шнуром длиной 4,8 м.

Простейший метод монтажа комплекта – соединение связками. Шнуры детонаторов выходящие не менее чем на 2,0 м из шпуров собираются в связки до 20 шнуров в каждой. Связку следует обвязать изоляцией в двух местах, на расстоянии около 0,3 м друг от друга. На отрезке между шнуром и первой обвязкой шнуры должны быть крепко натянуты. Каждая связка шнуров затем продевается в двойную петлю детонирующего шнура устройства для связок. Петлю следует крепко затянуть на расстоянии 0,2 м от изоляционной ленты со стороны породы. Шнуры устройств для связок подсоединяются затем к соединению UB0, стартеру или другому устройству для связок, шнур которого растянут и закреплен в нескольких метрах от забоя.

Инициирование комплекта «Нонель GT/T» осуществляется от ручной взрывной машинки HN1 или дистанционной пневматической взрывной машинки PN1, оснащенных воспламенителями типа «Shotsell Primer №20», или при помощи электродетонаторов. Если для инициирования применяется электродетонатор, его следует подключить только после того, как вся система будет полностью подготовлена для инициирования, поместить в нескольких метрах от комплекта и прикрыть.

При инициировании неэлектрических систем инициирования электродетонаторами последние должны располагаться кумулятивной выемкой в сторону распространения взрывного импульса.

*Система СИНВ-III* состоит из трубок-волноводов аналогичных соединению UB0 (длиной 2, 4, 7, 10 и 16 м) и капсулей-детонаторов. Устройство имеет 30 интервалов замедления в диапазоне от 0 до 10000 мс.

Монтаж комплекта производится при помощи блоков, к которым подсоединяются капсули-детонаторы и трубки-волноводы. Инициирование осуществляется при помощи электродетонаторов. Когда ударная волна по подводящему шнуру достигает соединительного блока, промежуточный мини-детонатор детонирует и в свою очередь инициирует шнуры детонаторов или следующий соединительный блок, в котором все повторяется.

*Система «Эдилин»* предназначена для ведения взрывных работ на шахтах, не опасных по газу и пыли, при температуре окружающей среды от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Система водостойка на глубине 30 м в течение 30 суток. Каждый условный комплект включает в себя два скважинных детонатора (ДБИ1) с замедлением 475 и 500 мс с отрезками встроенных волноводов различной длины, а также один поверхностный детонатор (ДБИ2) с замедлениями 0, 25, 40, 55 и 70 мс. Для соединения волноводов с поверхностным детонатором используется соединительный блок, посредством которого можно присоединить до 8 волноводов (аналог соединения UB0).

Монтаж и инициирование комплекта производится аналогично системе СИНВ-III.

Инициирование шпуров для устройства водоотливной канавки производится обычно одновременно с оконтуривающими шпурами.

### **11. Производится расчет электровзрывной сети.**

Расчет электровзрывной сети производится в следующем порядке: определяется схема соединения электровзрывной сети, предварительно задается тип взрывного прибора и проводов, используемых при взрывании; рассчитывается общее сопротивление электровзрывной сети; рассчитывается величина постоянного (переменного) тока в электровзрывной сети. Если полученные значения тока в электровзрывной сети удовлетворяют по условию безотказного взрывания электродетонаторов, то принимается данная схема, в противном случае производится ее корректировка или принимается взрывной прибор другого типа с более высоким напряжением.

Условия применения получивших распространение схем соединения электродетонаторов приведены в табл. 45 /2/.



Тупиковые выработки протяженностью более 100 м по углю или смешанным забоем должны проводиться при наличии постоянной взрывной магистрали. Постоянная взрывная магистраль должна отставать от места взрыва не более чем на 100 м.

Общее сопротивление электровзрывной сети  $R_{общ}$ , Ом, определяется по следующим формулам /7/:

- при последовательном соединении электродетонаторов

$$R_{общ} = 2 \cdot l_m \cdot \rho_m + L_c \cdot \rho_c + r_d \cdot N;$$

- при последовательно-параллельном соединении электродетонаторов

$$R_{общ} = 2 \cdot l_m \cdot \rho_m + L_c \cdot \rho_c + \frac{r_d \cdot n}{m};$$

- при параллельно-ступенчатом соединении электродетонаторов

$$R_{общ} = 2 \cdot l_m \cdot \rho_m + L_c \cdot \rho_c + \frac{r_d}{n},$$

где  $l_m$  – длина магистральных проводов, м. Принимается равной расстоянию от места взрывания до места укрытия взрывника;

$\rho_m$  – удельное сопротивление магистральных проводов, Ом/м;

$L_c$  – суммарная длина соединительных проводов, м;

$\rho_c$  – удельное сопротивление соединительных проводов, Ом/м;

$r_d$  – среднее сопротивление электродетонаторов, Ом. Принимается для электродетонаторов с сопротивлением 1,8-3,0 Ом равным 2,24 Ом, а для электродетонаторов с сопротивлением 2,0-4,2 Ом – 3,18 Ом;

$N$  – общее количество электродетонаторов в сети;

$n$  – количество электродетонаторов в одной ветви или секции;

$m$  – количество параллельных ветвей в последовательно-параллельной сети.

Места укрытия мастеров-взрывников должны находиться в выработках, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии, и располагаться от места взрыва на расстоянии не менее безопасного, указанного в табл. 46 /3/.

При проходке и углубке стволов шахт взрывание разрешается проводить только с поверхности или с действующего горизонта. При взрывании в вентиляционных штреках на угольных пластах крутого и наклонного падения допускается нахождение взрывника в выработках с исходящей струей возду-

ха при условии выполнения требований Правил /3/ и проведения указанных в паспорте буровзрывных работ мероприятий по предупреждению отравления людей ядовитыми газами.

**Таблица 46**

**Безопасные расстояния до места укрытия мастера-взрывника**

Место ведения взрывных работ	Безопасное расстояние, м
В горизонтальных и наклонных (до 10°) подготовительных выработках	150
В наклонных, в том числе восстающих (более 10°) подготовительных выработках, с обязательным расположением мастера-взрывника в горизонтальной выработке и не ближе 10 м от устья выработки или ее сопряжения с другой выработкой	100
При пропуске угля и породы в восстающих выработках	150
При проведении стволов (шурфов) с поверхности	50

Значения удельного сопротивления кабелей и проводов, используемых для взрывных работ, при температуре окружающей среды + 20°С приведены в табл. 47 /2/. При температуре окружающей среды, отличной от + 20°С, значения удельного сопротивления кабелей и проводов  $\rho$ , Ом, определяются по формуле

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (t - 20)],$$

где  $\rho_{20}$  – табличное значение удельного сопротивления кабелей и проводов, используемых для взрывных работ, при температуре окружающей среды + 20°С, Ом;

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления. Принимается равным для меди и алюминия  $\alpha = 0,004$ , а для стали –  $\alpha = 0,006$ ;

$t$  – температура окружающей среды, °С.

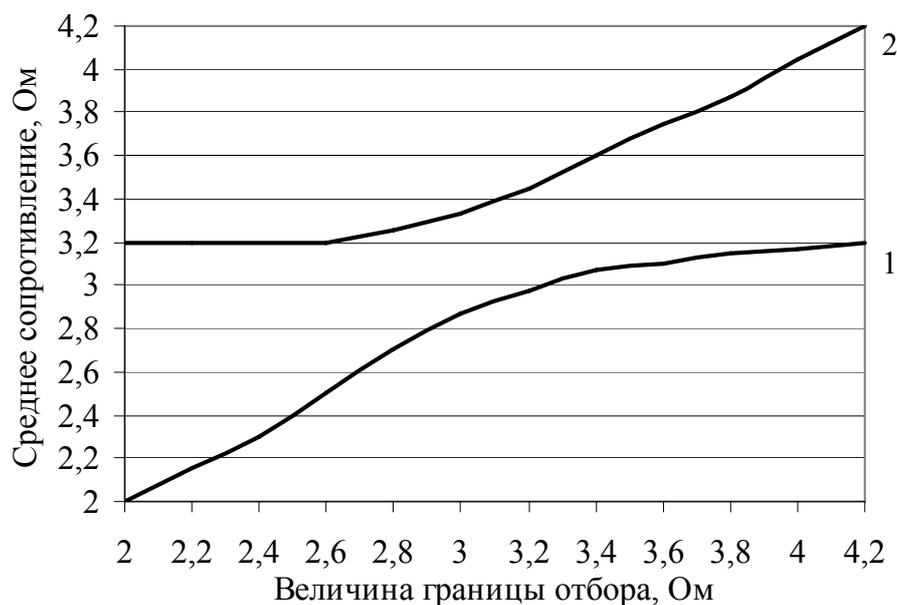
**Таблица 47**

**Удельные сопротивления кабелей и проводов**

Тип кабеля или провода	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Удельное сопротивление одной жилы, Ом/м
1	2	3
ВП-0,5	0,5	0,093
ВП-0,7	0,7	0,05
ВП-0,8	0,8	0,037
ВПсл-0,5	0,5	0,0395
ВПсл-0,7	0,7	0,0352
НГШМ 2×1,5	1,5	0,0127

1	2	3
НГШМС 2×1,5	1,5	0,086
НГШМ 2×10	10,0	0,00179
ГРШЭ	4,0	0,0047
ШРБЭ	6,0	0,0031
	10,0	0,00196
	16,0	0,00122
	25,0	0,00076
	35,0	0,00054

С целью уменьшения сопротивления взрывной сети допускается подбирать электродетонаторы с наименьшим сопротивлением. При этом устанавливается граничная величина сопротивления – верхний предел отбора – и из общей массы отбираются электродетонаторы, обладающие меньшим сопротивлением. Среднее сопротивление отобранных и оставшихся после отбора электродетонаторов определяется по графикам на рис. 1 /2/.



**Рис. 1. График определения величин среднего сопротивления отобранных (1) и оставшихся после отбора (2) электродетонаторов**

Величины постоянного  $J_{пост}$ , А, или переменного  $J_{пер}$ , А, тока в сети определяется по формулам:

$$J_{пост} = \frac{U}{R_{общ}}$$

$$J_{пер} = \frac{U}{2 \cdot R_{общ}},$$

где  $U$  – напряжение конденсатора-накопителя взрывного прибора, В.

Проверка величины постоянного тока в электровзрывной сети производится по условию безотказного взрывания электродетонаторов по формуле

$$J \geq J_{без},$$

где  $J_{без}$  – величина тока безотказного группового взрывания электродетонаторов, А.

Электродетонаторы ЭД-1-8Т и ЭД-1-3Т должны безотказно срабатывать от постоянного тока 5,0 А (+ 0,1 А), а ЭДКЗ-ПМ – 3,0 А (+ 0,1 А).

При взрывании постоянным током остальных электродетонаторов необходимо обеспечить его поступление к каждому электродетонатору силой не менее 1,0 А при числе одновременно взрываемых электродетонаторов до 100 шт., и не менее 1,3 А при числе одновременно взрываемых электродетонаторов до 300 шт. При взрывании переменным током его сила для каждого электродетонатора должна составлять не менее 2,5 А.

Для производства взрывных работ в шахтах, в том числе опасных по газу или пыли, используются приборы электровзрывания, допущенные к применению Госгортехнадзором России, а именно снятые с производства взрывные приборы ПИВ-100М и ПИВ-100М2, а также серийно выпускаемые приборы типа ВПА, устройство взрывное программируемое ЖЗ-2460, взрывной прибор КВП-2/200 и устройство взрывное малогабаритное производства ПО «Электроточприбор», предназначенное для выдачи импульса тока постоянной величины для инициирования электродетонаторов нормальной чувствительности с предварительным непрерывным контролем сопротивления взрывной сети, наличия метана в атмосфере и разряда батареи.

Условия применения приборов электровзрывания могут уточняться разрешениями Госгортехнадзора России. Технические характеристики используемых приборов приведены в табл. 48-51 /2, 16/.

Для взрывания в шахтных стволах Госгортехнадзором России допущены к применению взрывной прибор стволовой ВПС-2 и взрывная станция стволовая ВСС-1. Технические характеристики указанных устройств приведены в табл. 52 /2/.

Таблица 48

## Техническая характеристика взрывных приборов

Параметр	Наименование		
	КВП-2/200	ПИВ-100М	ПИВ-100М2
Максимальное число последовательно соединенных электродетонаторов нормальной / пониженной чувствительности	570 / 100	100 / –	100 / –
Предельное сопротивление взрывной сети, Ом	–	320	320
Максимальное напряжение взрывного импульса, В	1700	600	680
Габариты, мм	215×165×80	195×126×95	195×126×95
Масса, кг	–	2,7	3,3

Таблица 49

## Техническая характеристика взрывных приборов типа ВПА

Параметр	Тип прибора		
	ВПА-30	ВПА-60	ВПА-120
Количество инициируемых электродетонаторов нормальной чувствительности	30	60	120
Предельное сопротивление взрывной сети, Ом	110	200	380
Амплитуда напряжения взрывного импульса, В	200	290	430
Время заряда конденсатора-накопителя, с	5	10	18
Число циклов работы без перезарядки	600	300	100
Габариты, мм	218×135×54,2		
Масса, кг	1,9		

Таблица 50

## Техническая характеристика взрывного устройства ЖЗ-2460

Параметр	Режим работы			
	I	II	III	IV
Максимальное число последовательно соединенных электродетонаторов	200 (нормальной чувствительности)	100 в обводненных забоях	200 (в двух ветвях)	150 (пониженной чувствительности)
Предельное сопротивление взрывной сети, Ом	660	360	200	140
Максимальное напряжение взрывного импульса, В	1500			
Габариты, мм	136×218×85			
Масса, кг	3,0			

Таблица 51

**Техническая характеристика устройства взрывного малогабаритного  
производства ПО «Электроточприбор»**

Параметр	Характеристика
Величина импульса тока, А <sup>2</sup> ·мс	6 ± 2
Сопrotивление подключаемой взрывной сети, Ом	3-300
Напряжение питания, В	3,2-4,2
Время заряда накопительного конденсатора, с	≤ 15
Ток потребления при заряде накопительного конденсатора, А	≤ 2,5
Параметры срабатывания защиты от проведения взрыва:	
– сопротивление взрывной сети, Ом	≥ 330
– превышение концентрации объемной доли метана в атмосфере, %	1 ± 0,2
– снижение напряжения питания, В	3,3-0,1
Условия эксплуатации:	
– температура окружающей среды, °С	5-35
– относительная влажность при + 35°С, %	98
Габариты, мм	185×110×60
Масса, кг	1,0

Таблица 52

**Техническая характеристика взрывных устройств для взрывания в стволах**

Параметр	Наименование	
	ВПС-2	ВСС-1
Напряжение питания, В	380, 660	380, 660
Амплитуда напряжения взрывного импульса, В	1000+20	640, 1040
Максимальное число взрываеmых электродетонаторов	200	300
Продолжительность взрывного импульса, мс	до 4	до 4
Габариты, мм	1100×480×750	1100×640×450
Масса, кг	130	70

**12. Принимаются необходимые предохранительные мероприятия, указываются места укрытий и расстановки постов охраны.**

В призабойном пространстве горных выработок взрывозащита при взрывании шпуровых зарядов должна осуществляться в соответствии с инструкциями (руководствами), согласованными с Госгортехнадзором России.

На пластах, опасных по пыли, перед каждым взрыванием в забоях, проводимых по углю или 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 взрывааемых зарядов.

Места укрытия мастера-взрывника, расположения постов охраны, других людей во всех случаях следует определять 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.

На время заряжания допускается замена постов аншлагами с надписями, запрещающими вход в опасную зону. В подземных выработках с исходящей вентиляционной струей воздуха, по которым направляются продукты взрыва, посты не выставляются. Эти выработки должны быть ограждены аншлагами с надписями, запрещающими вход в опасную зону. Аншлаг должны выставляться на расстоянии, при котором содержание ядовитых продуктов взрыва снижается до безопасных концентраций. Эти расстояния определяются опытным путем на основании результатов отбора проб воздуха при максимальном количестве взорванных в забое взрывчатых веществ.

### **13. Определяется время проветривания забоя.**

Для определения времени, необходимого для проветривания забоя после взрываний зарядов взрывчатого вещества, в ходе проведения опытных взрываний производится анализ проб воздуха в соответствии с Правилами /17, 18/. Перед допуском людей в выработку после взрывных работ содержание вредных газов в пересчете на условный оксид углерода не должно превышать 0,008% по объему. Такое разжижение вредных газов должно достигаться не более чем за 30 мин после взрывания зарядов.

### **14. Заполнение паспорта буровзрывных работ.**

По результатам произведенных расчетов производится не менее трех опытных взрываний, уточняющих параметры паспорта буровзрывных работ. Результаты опытных взрываний оформляются актом, подписанным членами комиссии, производившими опытные взрывания. На основании акта составляется паспорт буровзрывных работ (см. рис. 2).

Паспорт буровзрывных работ считается действительным за весь период времени ведения буровзрывных работ в данной выработке, если не возникает необходимость его пересоставления в связи с изменившимися горно-геологическими и горнотехническими условиями проведения выработки. Пересмотр паспорта буровзрывных работ производится только на основании опытных взрываний.

## 2.2. Порядок составления паспорта буровзрывных работ при контурном взрывании

Контурное взрывание – это технологический прием, сущность которого заключается в установлении таких параметров зарядов и расположения контурных и предконтурных шпуров, при которых достигаются незначительные переборы пород и минимальное воздействие взрыва на законтурный массив. При таком воздействии создаются сравнительно гладкая поверхность боков и кровли выработки и малая глубина нарушения законтурного массива.

Существующим Руководством /19/ предусматривается применение контурного взрывания при проведении горизонтальных, наклонных и вертикальных подготовительных и капитальных выработок по породе и по углю с присечкой пород.

В настоящее время применяются следующие конструкции зарядов взрывчатых веществ в контурных шпурах (диаметр контурных шпуров принимается равным диаметру остальных шпуров комплекта):

1. заряды взрывчатых веществ повышенной мощности типа детонит М в патронах уменьшенного диаметра;
2. заряды взрывчатого вещества, применяемого для ядра сечения, располагаемые с осевыми зазорами по длине шпура (в шахтах, неопасных по газу или пыли);
3. заряды взрывчатых веществ пониженной мощности типа угленит Э-6 в патронах диаметром 36 мм;
4. монозаряд МППИ-IV /20/.

Характеристика взрывчатых веществ получивших распространение при контурном взрывании приведена в табл. 53 /2, 20/.

**Таблица 53**

**Характеристика взрывчатых веществ**

Марка	Класс предохранительности	Диаметр патрона, мм	Масса ВВ в патроне, кг	Теплота взрыва, кДж/кг	Работоспособность, см <sup>3</sup>	Скорость детонации, км/с	Бризантность, мм
Детонит М	II	28	0,2	5800	460-500	4,2-4,8	18-22
Аммонит ПЖВ-20	IV	36	0,3	3400	265-280	3,6-4,0	13-16
Угленит Э-6	V	36	0,3	2680	130-170	1,9-2,2	7-11
Монозаряд МППИ-IV	IV (V)	36	0,4 и 0,7	2500	275-280	3,2-3,5	10-15

При зарядании шпуров зарядами с осевыми промежутками между частями заряда размещают деревянные брусочки сечением 15×15 мм. Максимальная длина осевых промежутков не должна превышать 0,3 м, так как при больших значениях разрушающее действие заряда в шпуре проявляется в виде отдельных очагов разрушения без равномерного действия взрыва по всей длине шпура.

Монозаряд МППИ-IV представляет собой заряд эмульсионного взрывчатого вещества IV класса предохранительности (возможна аттестация в качестве взрывчатого вещества V класса предохранительности), совмещенный с высокоэффективным ингибитором в единой конструкции из жесткого полиэтилена, и обладающий следующими преимуществами по сравнению с обычными взрывчатыми веществами:

- не склонен к выгоранию;
- высокая водоустойчивость (более 30 суток);
- не содержит высокоопасных и токсичных компонентов;
- низкая чувствительность к механическим воздействиям;
- пониженное выделение ядовитых газов при взрыве эмульсионного взрывчатого вещества, а также за счет сорбирования их ингибитором на 30-60% (соответственно, по окислам углерода и окислам азота);
- исключен взрыв в шпуре без забоечного материала.

При проходке горизонтальных и наклонных выработок расположение контурных шпуров осуществляется по бокам и кровле выработки. При проходке восстающих наклонных горных выработок с углом наклона, при котором происходит самопроизвольное скатывание кусков породы по почве, за активный периметр принимается полный периметр выработок, включая почвенную часть, так как контурное взрывание в этом случае производится по всему периметру выработки.

При проходке горизонтальных и наклонных выработок с возведением постоянной крепи вслед за подвиганием забоя устья контурных шпуров допускается удалять от проектного контура выработки на расстояние, не превышающее 0,17 м. В пределах угольного пласта устья контурных шпуров располагаются на расстоянии 0,2-0,3 м, а в слабых углях до 0,5 м от проектного контура выработки. При этом концы шпуров не должны выходить за пределы проектного контура.

Угол наклона контурных шпуров  $\alpha$ , град., к проектному контуру горизонтальных и наклонных выработок определяется по следующим формулам:

- при проходке с возведением постоянной крепи вслед за подвиганием забоя

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{T + C}{A} \leq 11^\circ;$$

- при проходке без крепи

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{C}{l_k} \leq 8^\circ,$$

где  $T$  – толщина крепи, м;

$C$  – величина приближения оси буровой штанги к крепи, м;

$A$  – отставание крепи от забоя, м;

$l_k$  – глубина контурных шпуров, м. Принимается равной глубине заходки.

Устья контурных шпуров при проходке вертикальных выработок в монолитных породах при любом угле падения и трещиноватых с углом падения до  $30^\circ$  должны быть удалены от проектного контура выработки на величины, указанные в табл. 54 /19/ (меньшие значения показателей принимаются для более слабых пород). Здесь  $d$  – выход концов шпуров за проектный контур выработки, м.

Таблица 54

Параметры расположения устьев контурных шпуров

Технологическая схема сооружения вертикальных выработок	Коэффициент крепости пород $f$								
	2-3			4-6			7 и более		
	$\lambda$ , м	$d$ , м	$\alpha$ , град.	$\lambda$ , м	$d$ , м	$\alpha$ , град.	$\lambda$ , м	$d$ , м	$\alpha$ , град.
Без временной крепи с отставанием постоянной более чем на длину податчика бурильной машины	0,09-0,11	0,00-0,16	2,8-7,5	0,07-0,09	0,05-0,20	3,0-8,3	0,04-0,06	0,10-0,24	3,5-8,3
С временной крепью и отставанием ее возведения на 2,0 м от забоя	0,14-0,16	0,00-0,18	3,5-9,5	0,11-0,13	0,05-0,23	4,0-10,0	0,09-0,11	0,10-0,27	4,6-10,6
Без временной крепи с отставанием возведения постоянной крепи на 2,0 м от забоя	0,19-0,21	0,00-0,20	4,0-12,0	0,15-0,17	0,05-0,25	4,8-11,6	0,10-0,12	0,10-0,28	4,8-11,2

При проходке вертикальных выработок в трещиноватых породах с углом падения более 30° центры окружностей, на которых размещаются контурные шпуров, должны быть смещены в сторону падения пород. Величина смещения, м, должна быть для пород с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протождьяконова:

- $f = 2-3$  – 0,07;
- $f = 4-6$  – 0,05;
- $f = 7$  и более – 0,04.

Выход концов шпуров за проектный контур со стороны восстания должен составлять 0,05 м в породах с крепостью по шкале проф. М.М. Протождьяконова  $f = 7$  и более, а в остальных породах контурные шпуров должны выходить на проектный контур выработки.

Технически возможный угол наклона контурных шпуров  $\alpha_m$  при проходке вертикальных выработок не должен быть больше допустимого угла  $\alpha_{\max}$ , при котором переборы пород достигают регламентированных /1/.

Технически возможный угол наклона контурных шпуров  $\alpha_m$ , град., определяется по формуле

$$\alpha_m = \arctg \frac{T + C - \lambda}{A} \leq \alpha_{\max} = \arctg \frac{(\lambda + H) + \sqrt{H \cdot (2 \cdot \lambda + H)}}{l \cdot \eta},$$

где  $\lambda$  – расстояние от устьев контурных шпуров до проектного контура выработки, м. Принимается по данным табл. 55 /19/;

$H$  – допустимый линейный перебор породы, м,

$$H = \frac{K \cdot S_{\text{вч}}}{P_a \cdot 100},$$

здесь  $K$  – допустимое увеличение поперечного сечения горных выработок, %. Принимается по данным табл. 1;

$S_{\text{вч}}$  – площадь поперечного сечения выработки вчерне, м<sup>2</sup>;

$P_a$  – длина линии расположения контурных шпуров по активному периметру выработки, м.

При возведении постоянной крепи вслед за подвиганием забоя в случае, когда бурильную машину ориентируют по контуру выработки в свету, удаление устьев шпуров от этого контура и расстояние от оси патрона шпинделя бурильной машины до него принимают по данным табл. 56 /2/. Знак «+» означает удаление устьев шпуров от контура выработки в свету за контур выработки, знак «-» – к центру выработки.

Таблица 55

**Расстояния от устьев контурных шпуров до проектного контура выработки**

Вид постоянной крепи	Расстояние $\lambda$ , м, при коэффициенте крепости пород $f$	
	2-6	7 и более
Монолитный бетон	0,08	0,05
Железобетонные тубинги	0,05	0,00
Металлическая с затяжкой	0,05	0,00

Таблица 56

**Расположение бурильной машины при бурении контурных шпуров  
в условиях рамной и тубинговой крепи (толщина крепи до 20 см)**

Отставание крепи от забоя, м	Удаление устьев шпуров от контура выработки в свету, см	Удаление оси патрона шпинделя бурильной машины от крепи перед бурением, см, при глубине шпуров, м		
		1,5-1,8	2,0-2,2	2,5-2,75
Для бурильных установок				
0,25	- 2	72-60	63-54	57-48
0,5	+ 2	58-49	52-45	47-41
0,75	+ 5	45-41	42-38	39-34
1,0	+ 7	38-33	35-29	32-29
Для перфораторов и ручных электросверл				
0,25	- 4	55-43	57-48	-
0,5	0	40-33	46-38	-
0,75	+ 4	32-25	38-32	-
1,0	+ 6	25-19	31-26	-

Длина линии расположения контурных шпуров по активному периметру  $P_a$ , м, определяется графическим путем или по формулам (без учета почвы выработки):

- в выработках с коробовым сводом

$$P_a = 3,18 + 1,33 \cdot (B_{вч} - 2 \cdot \lambda);$$

- в выработках с арочным сводом

$$P_a = 2,14 \cdot B_{вч} + 2 \cdot (H_{вч} - 3,14 \cdot \lambda);$$

- в выработках с трапециевидным и прямоугольным сводом

$$P_a = B_{вч} + \frac{2 \cdot H_{вч}}{\sin \varphi} - 4 \cdot \lambda,$$

где  $B_{вч}$  – ширина выработки вчерне, м;

$H_{вч}$  – высота выработки вчерне, м;

$\varphi$  – угол наклона стойки крепи, град.

Длина линии расположения контурных шпуров по активному периметру в выработках круглого сечения определяется по формуле

$$P_a = \pi \cdot (D_{вч} - 2 \cdot \lambda),$$

где  $D_{вч}$  – диаметр выработки вчерне, м.

Если  $\alpha_m \leq \alpha_{\max}$ , оконтуривающие шпуры следует бурить под углом  $\alpha_m$  к контуру выработки, если  $\alpha_m > \alpha_{\max}$ , то оконтуривающие шпуры бурятся под углом  $\alpha_{\max}$ , при этом необходимое отставание крепи от забоя  $A$ , м, должно быть определено по формуле

$$A = \frac{T + C - \lambda}{\operatorname{tg} \alpha_{\max}}.$$

Величину выхода концов шпуров за проектный контур вертикальной выработки  $d$ , м, определяют по формуле

$$d = l_k \cdot \operatorname{tg} \alpha - \lambda.$$

Угол наклона шпуров предконтурного ряда принимается равным углу наклона шпуров контурного ряда. Остальные шпуры располагаются как при обычном взрывании.

Расстояние между контурными шпурами в горизонтальных и наклонных выработках определяется в следующем порядке: вычисляется расстояние  $a_{расч}$ , м, между шпурами, при котором обеспечивается отрыв породы по линии, соединяющей смежные заряды

$$a_{расч} = \frac{1}{0,11 \cdot f + 1,28}.$$

Полученное значение  $a_{расч}$  корректируется так, чтобы на линии расположения контурных шпуров по активному периметру выработки (это периметр, в котором расстояние по почве выработки не учитывается) скорректированная величина откладывалась целое число раз. Полученное значение  $a$  является искомым расстоянием между контурными шпурами. При корректировании допускается уменьшать расстояние  $a$  от нижних угловых шпуров до ближайших по периметру. Расстояние между контурными шпурами  $a$  с целью получения удовлетворительного качества оконтуривания не должно выходить при взрывании в породах с коэффициентом крепости 2-3 за пределы 0,6-0,7 м, с коэффициентом крепости 4-6 – 0,5-0,6 м, с коэффициентом крепости 7 и более – 0,4-0,55 м.

Расстояние между контурными шпурами в вертикальных выработках

принимается в пределах, указанных в табл. 57 /19/. Большее значение из табл. 57 принимается для более слабых и трещиноватых пород, меньшее значение – для пород более крепких и монолитных.

Таблица 57

**Расстояния между контурными шпурами в вертикальных выработках**

Тип ВВ	Диаметр шпуров, мм	Диаметр патронов ВВ, мм	Расстояние между шпурами, см, при коэффициенте крепости пород $f$			
			2-3	4-6	7-9	более 9
Аммонит ПЖВ-20	42	28	65-70	55-65	–	–
Детонит М	42	24	–	60-70	45-60	–
Угленит Э-6	42-45	36	–	60-70	45-60	–
Аммонит ПЖВ-20	42-45	36	–	–	50-60	40-50
Детонит М	42	28	–	–	55-65	40-50

Количество шпуров в контурном ряду в горизонтальных и наклонных выработках определяется по формуле

$$N = \frac{P_a}{a} + 1.$$

Количество контурных шпуров для вертикальных горных выработок и восстающих наклонных горных выработок с углом наклона, при котором происходит самопроизвольное скатывание кусков породы по почве, определяется аналогичным образом, исходя из длины линии расположения оконтуривающих шпуров  $P_a$ , по формуле

$$N = \frac{P_a}{a}.$$

После округления полученного числа шпуров до ближайшего целого, расстояние  $a$  уточняется соответственно установленному значению  $N$ .

Расстояние между предконтурным и контурным рядами шпуров  $W$ , м, определяется по формуле

$$W = \frac{a}{m},$$

где  $m$  – коэффициент сближения шпуров. Принимается равным для горизонтальных выработок 0,8-1,0 (большее значение принимается при взрывании в крепких породах), а для вертикальных выработок – 0,9-1,0 для монолитных и 0,8-0,9 для трещиноватых пород.

При проходке горизонтальных и наклонных выработок параметры сплошных колонковых зарядов контурных шпуров принимаются по данным

табл. 58 /19/. При опережении породного забоя угольным расстояния между контурными шпурами в породах присечки принимаются близкими к максимальным значениям интервалов, указанных в табл. 58. Величина заряда в контурных шпурах пород присечки должна быть уменьшена на 20%, а в контурных шпурах опережающего угольного забоя не превышать 0,3-0,35 кг на 1,0 м шпура.

Таблица 58

**Заряд контурных шпуров в горизонтальных и наклонных выработках**

$f$	$a$ , м	$W$ , м	$m$	Тип ВВ	Диаметр заряда, мм	Масса заряда, кг на 1,0 м шпура
2-3	0,70-0,60	0,87-0,71	0,80-0,85	Угленит Э-6	36	0,35-0,40
4-6	0,60-0,50	0,71-0,58	0,85-0,95	Угленит Э-6	36	0,40
				Аммонит ПЖВ-20 (Т-19)	36	0,33
				Детонит М	28	0,20
7-9	0,55-0,40	0,58-0,40	0,95-1,00	Угленит Э-6	36	0,40-0,60
				Аммонит ПЖВ-20 (Т-19)	36	0,33-0,50
				Детонит М	28	0,20-0,28
Более 9	0,45 и менее	0,45 и менее	1,00	Угленит Э-6	36	0,80
				Аммонит ПЖВ-20 (Т-19)	36	0,66
				Детонит М	28	0,36

Количество взрывчатых веществ на 1,0 м контурных шпуров для основных условий применения контурного взрывания в вертикальных выработках приведены в табл. 59 /19/. Большее значение из табл. 59 принимается для более крепких монолитных пород.

Определение остальных параметров и технико-экономических показателей паспорта буровзрывных работ производится в порядке, приведенном в разделе 2. При определении параметров паспорта буровзрывных работ для ядра сечения вместо полной площади выработки в черне подставляется площадь ядра сечения  $S_{я}$ , м<sup>2</sup>, определяемая по формуле

$$S_{я} = S_{вч} - S_{ок}$$

где  $S_{ок}$  – площадь забоя, отбиваемая контурными шпурами, м<sup>2</sup>,

$$S_{ок} = W \cdot (P_a - v \cdot W),$$

здесь  $W$  – расстояние между предконтурным и контурным рядами шпуров, м;

Таблица 59

## Заряд контурных шпуров в вертикальных выработках

Тип ВВ	Диаметр патрона, мм	Коэффициент крепости пород $f$																			
		2-3			4-6			7-9			более 9										
		Заряд ВВ, кг, на 1 шпур при его глубине, м			Заряд ВВ, кг, на 1 шпур при его глубине, м			Заряд ВВ, кг, на 1 шпур при его глубине, м			Заряд ВВ, кг, на 1 шпур при его глубине, м										
Кол-во ВВ на 1 м шпура, кг	2,0	2,5	3,0	3,5	Кол-во ВВ на 1 м шпура, кг	2,0	2,5	3,0	3,5	Кол-во ВВ на 1 м шпура, кг	2,0	2,5	3,0	3,5	Кол-во ВВ на 1 м шпура, кг	2,0	2,5	3,0	3,5		
ПЖВ-20, Т-19	28	0,20-0,26	0,40-0,50	0,60-0,80	0,75-0,90	0,26-0,34	0,50-0,60	0,80-1,00	0,90-1,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24	-	-	-	-	0,20-0,25	0,40-0,50	0,60-0,80	0,75-0,90	0,26-0,30	0,50-0,60	0,60-0,75	0,80-0,90	0,90-1,00	-	-	-	-	-	-	-
Угленит Э-6	36	-	-	-	-	0,33-0,48	0,60-0,80	1,00-1,25	1,20-1,50	0,55-0,65	1,00-1,25	1,40-1,60	1,60-2,00	2,00-2,25	-	-	-	-	-	-	-
	36	-	-	-	-	-	-	-	-	0,43-0,51	0,90-1,00	1,00-1,25	1,25-1,50	1,50-1,80	0,52-0,65	1,00-1,25	1,25-1,60	1,60-2,00	1,80-2,25	-	-
Детонит М	28	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26-0,30	0,50-0,60	0,60-0,75	0,80-0,90	0,90-1,00	0,33-0,38	0,60-0,80	0,80-0,90	1,00-1,20	1,20-1,40	-	-
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26-0,30	0,50-0,60	0,60-0,75	0,80-0,90	0,90-1,00	0,33-0,38	0,60-0,80	0,80-0,90	1,00-1,20	1,20-1,40	-	-

$P_a$  – длина линии расположения контурных шпуров по активному периметру, м;

$\nu$  – коэффициент формы поперечного сечения выработки. Принимается по данным табл. 60 /7/.

Таблица 60

**Коэффициент формы поперечного сечения выработки**

Форма поперечного сечения выработки	Коэффициент формы в выработках	
	вертикальных	горизонтальных
Круглая	3,14	–
Прямоугольная	4	2
Трапециевидная	–	2
Сводчатая; криволинейная специального профиля	–	1,8

В шахтах, не опасных по газу или пыли, или в забоях шахт, опасных по газу или пыли, но при отсутствии выделений метана в них и при отсутствии угольных пластов или пропластков, пропускается одна или более ступеней замедлений электродетонаторов короткозамедленного или замедленного действия между взрывами зарядов предконтурного и контурного ряда шпуров. В случае двухприемного взрывания контурные заряды взрываются с помощью электродетонаторов мгновенного действия.

Инициирование зарядов шпуров контурного ряда при наличии выделений метана, а также при наличии угольных пластов или пропластков в забоях шахт, опасных по газу или пыли, производится электродетонаторами короткозамедленного действия желательнее с пропуском ступени замедления после взрыва зарядов предконтурного ряда шпуров.

Не допускается взрывать заряды предконтурного и контурного рядов электродетонаторами одной ступени замедления.

Части рассредоточенного заряда контурных шпуров в вертикальных выработках могут инициироваться детонирующим шнуром, который пропускается в этом случае по всему заряду, или электродетонаторами одной ступени замедления, расположенными в каждой части заряда. При рассредоточенных по длине шпура или скважины зарядах в каждой части заряда может быть помещен только один боевик.

### **2.3. Особенности составления паспорта буровзрывных работ при контурном взрывании**

В паспорте буровзрывных работ в горизонтальных и наклонных выработках на схеме расположения шпуров дополнительно указываются:

- расстояния между контурными шпурами;
- расстояния между контурным и предконтурным рядами шпуров;
- таблица расстояний между контурными шпурами для каждой заходки на участке переменного сечения;
- исходные данные для ориентирования комплекта шпуров на забое.

В качестве исходных данных для ориентирования комплекта шпуров на забое в процессе разметки в паспорте буровзрывных работ указываются: в случае использования шаблонов при круглой форме выработок – координаты геометрического центра поперечного сечения (относительно репера и направления), при проходке выработок других форм – координаты шпуров, являющихся исходными при разметке; при использовании световых или других разметчиков, в том числе входящих в конструкции бурильных установок – положения маркшейдерских меток репера и направления выработки.

Заполнение таблицы паспорта буровзрывных работ (см. прил. 1), включающей «Наименование показателей», производится с уточнениями:

- строка 5 «Тип применяемого взрывчатого вещества» заполняется через дробь, при этом в числителе указывается тип взрывчатого вещества во внутренних шпурах; в знаменателе – тип взрывчатого вещества в контурных шпурах и диаметр заряда этих шпуров (если он отличается от принятого для остальных шпуров комплекта);
- строка 6 «Расход взрывчатого вещества за цикл» в том же порядке через дробь указывается количество взрывчатого вещества.

В таблице паспорта буровзрывных работ, включающей данные о шпурах и зарядах, последние группируются по типам взрывчатых веществ.

Конструкции рассредоточенных зарядов приводятся в виде эскизов со всеми необходимыми размерами и сопровождаются указаниями по способу изготовления зарядов и расходу материалов.

При составлении паспорта буровзрывных работ в вертикальных выработках руководствуются положениями для горизонтальных и наклонных выработок, исключая указания об ориентировании комплекта шпуров в выработках круглой формы.

Для выработок круглой формы, сооружаемых в трещиноватых породах с углом падения более  $30^\circ$ , в паспорте буровзрывных работ на схеме расположения шпуров должна быть указана величина смещения центра расположения контурных шпуров в сторону падения пород.

При проходке участка выработки с переменным сечением в паспорте буровзрывных работ указываются параметры зарядов контурных шпуров для всех этапов расширения или сужения выработки.

Участки выработок переменного сечения допускается проходить с применением одного из двух нижеуказанных вариантов расположения контурных шпуров:

- 1) при постоянном количестве контурных шпуров – расстояние между шпурами  $a$  увеличивается или уменьшается на определенную величину в каждой последующей заходке в зависимости от сужения или расширения выработки;
- 2) при переменном количестве контурных шпуров – расстояние между шпурами  $a$  принимается примерно постоянным в каждой последующей заходке.

При проходке участков выработок переменного сечения с расположением контурных шпуров по первому варианту расстояние между контурными шпурами  $a$  допускается уменьшать или увеличивать до 0,1 м, не выходя за пределы минимально допустимых расстояний между смежными шпуровыми зарядами, м, приведенных в табл. 30.

### 3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

#### 3.1. Способы уменьшения длины развала и случаев нарушения крепи

Длина развала основной массы породы, м, не должна превышать:

- при взрывании с применением электродетонаторов замедленного действия – 12;
- при взрывании с применением электродетонаторов короткозамедленного действия
  - в слабых породах ( $f \leq 4$ ) – 12;
  - в породах средней крепости ( $4 < f \leq 9$ ) – 16;
  - в крепких породах ( $f > 9$ ) – 25.

В тех случаях, когда имеет место повышенный развал горной массы или наблюдаются те или иные повреждения крепей выработок и они не вызывают некачественной установки последних, параметры ведения взрывных работ в каждом конкретном случае корректируются в следующих направлениях:

- а) если длина «стаканов» при взрывании предохранительными взрывчатыми веществами превышает 0,35 м, то изменяют параметры паспорта буровзрывных работ на те, при которых неиспользованная часть шпуров станет не более 0,2 м. При уменьшении глубины шпуров и соблюдения требования о величине забойки длина развала уменьшается;
- б) при увеличенном развале пород и повреждении крепи используют врубы, обеспечивающие не только интенсивное разрушение породы во врубовой части забоя, но и вынос разрушенного материала. При этом для формирования врубовой полости увеличивают интервал времени между взрывами врубовых и вспомогательных шпуров до 40-60 мс при короткозамедленном взрывании. В тех случаях, когда допускается короткозамедленное взрывание с взрыванием замедленного действия, указанный интервал доводят до 75-100 мс. В этих случаях основное действие вспомогательных зарядов будет направлено в сторону боковой вновь образованной открытой поверхности;
- в) при короткозамедленном взрывании используют такой порядок инициирования зарядов комплекта шпуров, чтобы их суммарное время

взрыва было максимально допущенным по условиям возможного выделения взрывоопасной концентрации газа или пыли;

- г) при пересечении выработками зон тектонических дислокаций взрывные работы производятся таким образом, чтобы не допускать отставания нижней или боковых частей забоя более чем на 0,3 м.

В тех случаях, когда забой представлен неоднородными по крепости породами, расположенными в нижней, правой или левой частях забоя, или имеет развитую систему трещин (с раскрытием их не более 0,1 мм и длиной более 0,5 м) слоевого или кливажного происхождения с ориентацией их простирания относительно направления проходки под углами  $60^{\circ}$ - $85^{\circ}$  подвигание забоя может быть неравномерным и приводить к нарушениям крепи. В таких случаях буровзрывные работы выполняются с учетом рекомендаций:

- а) в неоднородном по крепости забое в зоне крепких пород плотность расположения шпуров повышается, а в зоне со слабыми породами – понижается без увеличения общего числа шпуров на забой, если среднее подвигание за взрыв было удовлетворительным. Одновременно уменьшается глубина шпуров в частях забоя со слабыми породами на 0,15-0,25 м (с целью равномерного отрыва породы) без уменьшения массы заряда в них при условии сохранения минимальной длины забойки;
- б) в однородных по крепости породах при наличии развитой системы трещин с ориентацией их простирания относительно направления проходки под углами  $60^{\circ}$ - $80^{\circ}$  вруб располагается эксцентрично относительно вертикальной оси симметрии сечения выработки с одновременным увеличением плотности расположения шпуров в нижней части забоя. Смещение вруба оценивается величиной порядка 0,05 ширины выработки. Вруб смещается в сторону, противоположную направлению простирания трещин.

В тех случаях, когда при выполнении вышеперечисленных рекомендаций повреждения крепи не устраняются полностью, рекомендуется временно перейти на двухприемное взрывание. При этом за первый прием заряжается и взрывается вся нижняя часть забоя высотой от почвы не более 1,5-1,8 м с таким расчетом, чтобы масса заряда первого приема составляла 60-70% от расхода взрывчатого вещества на цикл. Вторым приемом взрывается верхняя часть забоя. В обоих приемах заряды инициируются с максимально возможным числом ступеней замедления электродетонаторов и общего времени взрыва.

В устойчивых породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f > 15$  при систематических повреждениях крепи, в порядке исключения и по согласованию с органами надзора рекомендуется проводить выработки с уступной формой забоя. При этом опережение центральной части принимается не более длины подвигания забоя за один взрыв, а отстающая часть массива отбивается одним рядом шпуров.

В устойчивых породах, не склонных к водонасыщению с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f > 15$  и площадью сечения выработок не более  $18 \text{ м}^2$  при систематическом повреждении крепи по согласованию с органами Госгортехнадзора России рекомендуется проводить выработки с отставанием возведения крепи до 15-20 м. В этих случаях обязательно применение контурного взрывания с инструментальной разметкой оконтуривающих шпуров.

### 3.2. Снижение выхода негабарита и объема оборки породы

В зависимости от типа используемой породопогрузочной машины размеры кусков породы (по диаметру), м, после взрыва не должны превышать указанных в табл. 61 /11, 21/.

Таблица 61

#### Техническая характеристика оборудования для погрузки породы

Породопогрузочные машины	Коэффициент крепости породы $f$	Угол наклона выработки, град.	Минимальные размеры выработки в свету, м		Минимальное сечение выработки в свету, $\text{м}^2$	Фронт погрузки (ширина захвата), м	Емкость погрузочного органа, $\text{м}^3$	Размеры кусков породы, мм
			ширина	высота				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Проходческие комплексы</i>								
Сибирь-1М	16	- 35°	н.д.	н.д.	9,0	4,3	0,69	н.д.
Сибирь-2М	16	- 25°	н.д.	н.д.	15,0	6,0	0,5	н.д.
<i>Ковшевые машины</i>								
МПК-1000Т	16	± 12°	н.д.	н.д.	8,5	н.д.	1,0	800
МПКТ	16	± 12°	н.д.	н.д.	6,4	3,6	1,0	800
МПК-3	16	± 10°	н.д.	н.д.	6,4	1,9	1,0	800
1ППН-5	16	± 3°	н.д.	н.д.	7,5	4,0	0,32	400
ППМ-4У	14	- 18°	н.д.	н.д.	н.д.	4,0	0,32	350
ППН-1с	н.д.	± 3°	н.д.	н.д.	н.д.	2,2	0,25	350

Продолжение табл. 61

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ППН-2	н.д.	$\pm 3^\circ$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,32	400
ППН-3	н.д.	$\pm 3^\circ$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,5	600
МПП-3	н.д.	$\pm 3^\circ$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,6	600
НК-1Г	н.д.		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,35	н.д.
ППБ-1	н.д.	( $-18^\circ$ )- ( $-45^\circ$ )	н.д.	н.д.	8,8	5,5	0,4	н.д.
БПМ-1	14	$\pm 10^\circ$	н.д.	н.д.	12,8	4,5	0,85	н.д.
<i>Машины непрерывного действия</i>								
1ПНБ-2	8	$\pm 10^\circ$	2,5	1,8	4,5	1,8	–	300
1ПНБ-2У	8	( $+8^\circ$ )- ( $-18^\circ$ )	н.д.	н.д.	7,7	1,8	–	300
2ПНБ-2	12	$\pm 10^\circ$	3,0	1,8	6,2	2,0	–	400
2ПНБ-2У	12	( $+8^\circ$ )- ( $-18^\circ$ )	н.д.	н.д.	8,4	2,0	–	400
ПНБ-3Д2М	16	$\pm 8^\circ$	3,7	2,5	н.д.	2,7	–	800
МПНК	10	$\pm 10^\circ$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	–	н.д.
МПНБ	12	$\pm 10^\circ$	н.д.	н.д.	8,0	2,0	–	500
<i>Погрузочно-транспортные машины</i>								
ПТ-4	н.д.	$\pm 12^\circ$	2,8	2,5	н.д.	н.д.	0,2	400
ПД-5А	н.д.	$\pm 15^\circ$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	3,0	
<i>Скреперные установки</i>								
УСП-1М	3-12	$-22^\circ$	3,5	2,6	8,4	н.д.	0,5; 0,8	н.д.
МПДК-4	3	$-18^\circ$	3,5	2,5	6,8	н.д.	0,8	н.д.
ПДН-1	3-16	$-18^\circ$	н.д.	н.д.	7,5	н.д.	1,0	н.д.
СКМ-600	12	$-35^\circ$	2,8	2,1	н.д.	н.д.	0,45	н.д.
СКУ-1	12	$-35^\circ$	3,2	2,8	н.д.	н.д.	0,5	н.д.
СКБ-1	н.д.	$\pm 25^\circ$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,3	н.д.

При систематическом выходе негабарита параметры паспорта буровзрывных работ корректируются в следующих направлениях:

- а) если при проходке выработок с крепью выход негабарита происходит из каких-то определенных частей массива, то в этих частях забоя дополнительно размещаются шпуры длиной не более глубины заходки, инициируемые электродетонаторами со ступенями замедлений, используемыми в смежных с ними шпурах;
- б) при выходе негабарита в однородных породах паспорт буровзрывных работ корректируется путем увеличения массы взрывчатого вещества в шпурах, расположенных через один в шахматном порядке. При удовле-

- творительном коэффициенте использования шпуров масса заряда на цикл увеличивается, но не более чем на 10-15% от исходного уровня;
- в) при проведении выработок без крепи выход негабарита может быть снижен путем повышения коэффициента заполнения шпуров (при условии сохранения минимальной длины забойки) за счет уменьшения числа шпуров при сохранении общего расхода взрывчатого вещества на забой, но при одновременном увеличении максимального времени замедления (в соответствующих условиях);
  - г) во всех случаях применяется такой порядок инициирования всего комплекта зарядов, который предусматривает использование максимально возможного числа ступеней замедления для данных условий проходки.

В тех случаях, когда объем оборки породы после взрыва и бурения в новом цикле значителен (более 3,0-4,0 м<sup>3</sup>), рекомендуется использовать врубы, обеспечивающие максимальный эффект высвобождения полости (врубы с наклонными шпурами, с зарядами выброса и свободными полостями).

Во всех случаях зоны с неустойчивыми породами кровли проходятся контурным взрыванием с переходом на укороченные заходки.

### **3.3. Взрывные работы разового характера**

Разовые взрывы зарядов в шпурах для доведения контура выработки до размеров, предусмотренных проектом, удаления навесов, выравнивания забоя, подрывки почвы выработки, расширения выработки при перекреплении и опытным взрыванием, а также в целях ликвидации отказов разрешается проводить по схемам. Схема составляется и подписывается лицом технического надзора, осуществляющим непосредственное руководство взрывными работами, и на шахтах, опасных по газу или пыли, подлежит утверждению техническим руководителем шахты. В схеме указываются расположение шпуров, масса и конструкция зарядов, места расположения постов и укрытия взрывника, необходимые дополнительные меры безопасности.

В отдельных случаях в связи с изменением горно-геологических или других условий с разрешения лица технического надзора, осуществляющего непосредственное руководство взрывными работами, допускается уменьшение массы и числа зарядов в сравнении с показателями, предусмотренными паспортом.

При засечке подготовительных и нарезных выработок по углю и по-

роде из других выработок в целях снижения опасности нарушения крепи, обрушения пород, а также повреждения кабелей и трубопроводов глубину шпуров необходимо принимать не более 1,5 м, массу заряда взрывчатого вещества аммонит Т-19 на шпур не более 0,40 кг, общую массу взрывчатого вещества одного приема взрывания не более 10-15 кг. Переход на обычное взрывание осуществляется при отходе забоя выработки от сопряжения на протяжении 5,0 м или удалении от противоположного бока сопряженной выработки на 15,0 м.

При разработке стенок вертикальных стволов под опорные венцы удельный расход взрывчатого вещества принимается для пород с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протоdjяконова

- $f = 1,5-9$  – не более 1,30 кг/м<sup>3</sup>;
- $f = 10-20$  – не более 2,50 кг/м<sup>3</sup>.

### **3.4. Особенности взрывных работ во встречных забоях и при сбойке выработок**

Производство взрывных работ при проведении выработок встречными забоями и при сбойке выработок с момента сближения забоев на расстояние 15,0 м должно вестись в присутствии лица технадзора (горного мастера) при соблюдении следующих требований:

- а) взрывание шпуровых зарядов в каждом забое должно вестись одновременно с обязательным определением величины целика между встречными забоями маркшейдерской службой предприятия. При этом на каждое взрывание мастеру-взрывнику должно быть выдано письменное разрешение главного инженера шахты или лица, назначенного приказом руководителя предприятия;
- б) взрывание может быть произведено лишь после того, как будет получено сообщение о выводе людей из противоположного забоя и выставлении поста охраны. Посты могут быть сняты только мастером-взрывником, либо лицом технадзора (горным мастером) с ведома мастера-взрывника;
- в) с момента, когда величина целика между встречными забоями составляет 7,0 м, работы должны вестись только в одном забое, а у входа в другой после проверки отсутствия людей должен выставляться пост охраны. При этом обязательно должны буриться разведочные шпуровые глуби-

ной на 1,0 м больше, чем глубина заряжаемых шпуров;

- г) производство взрывных работ в сбоях должно вестись с соблюдением всех выше перечисленных требований, а в шахтах, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по пыли, в выработках, на которые ведется сбойка, при величине целика между ними 3,0 м необходимо производить замер газа и принять меры по их устойчивому проветриванию и пылевзрывозащите.

Кроме проведения замеров газа рабочими и лицами технического надзора в сбиваемых забоях угольных шахт III категории по газу и выше, должны устанавливаться средства автоматического контроля метана.

В параллельно проводимых (парных) выработках угольных шахт при расстоянии между выработками менее 15,0 м взрывание зарядов в каждом забое может проводиться только после вывода людей из других забоев в безопасное место и выставления постов охраны, предусмотренных паспортами буровзрывных работ. Разрешается не выводить людей из параллельной выработки, забой которой отстает на расстояние более 50 м от забоя, в котором производится взрывание.

### **3.5. Особенности взрывных работ по нарушенному массиву**

Проведение выработок по завалу, как правило, сопровождается образованием за контуром выработки куполов и пустот. В полостях, шпурах и трещинах массива, а также в куполах и пустотах за контуром выработок шахт, опасных по газу, как правило, скапливается метан в опасных концентрациях.

При взрывной отбойке пород нарушенного массива шпуровой заряд взрывчатого вещества может обнажиться непосредственно или пересекаться открытыми и закрытыми трещинами. При этом происходит так называемое «обнажение заряда», под которым понимается образование непосредственного контакта поверхности заряда или его части с рудничной атмосферой. Шпуровые заряды могут иметь обнажение различных видов, основными из которых являются боковое и торцевое.

Шпуры должны располагаться от видимых на открытой поверхности забоя трещин шириной 2 мм и более на расстоянии не менее 0,3 м. Шпуры бурятся непосредственно перед их заряданием. При этом время на выполнение вспомогательных операций после окончания бурения до зарядания шпу-

ров должно быть не более двух часов.

Эффективность и безопасность взрывных работ в выработках, проводимых по нарушенному массиву, в которых имеется выделение метана, обеспечивается выполнением мер, предусматривающих:

- а) применение предохранительных взрывчатых веществ V и VI классов. При этом максимальная масса заряда должна составлять для взрывчатого вещества угленит 13П – 0,4 кг, для угленита П12ЦБ-2М – два патрона общей массой 0,6 кг;
- б) использование шпуров глубиной не более 1,5 м.

В качестве внутренней забойки необходимо применять полиэтиленовые ампулы, заполненные водой, или пастообразную ингибиторную забойку ПЗС-1С или ПЗС-2К. В случаях, когда не исключается возможность обнажения заряда взрывчатого вещества, целесообразно использовать две ампулы с водой, одна из которых располагается со стороны дна шпура, а вторая – со стороны устья (донно-устевая забойка).

Для производства взрывных работ в выработках, проводимых по нарушенному массиву, при отсутствии выделения метана допускается использование взрывчатых веществ IV класса с максимальной общей массой заряда 0,6 кг. Взрывные работы в этих условиях могут проводиться с использованием гидрозабойки без создания предохранительной среды.

Заряды взрывчатого вещества во всех случаях инициируются предохранительными электродетонаторами мгновенного и короткозамедленного действия со временем замедления последней ступени, не превышающим 120 мс.

Для предотвращения воспламенения метана и угольной пыли в выработках, где имеются водопроводы с давлением воды 1,0 МПа и более, должны применяться водовоздушные завесы длительного действия, создаваемые распылительными устройствами типа РЗ-7 при подаче к ним воды под давлением не менее 0,5 МПа. Предохранительная среда при применении таких завес создается как в призабойном пространстве напротив устьев шпуров, так и в опережающих полостях нарушенного массива и в видимых куполах и пустотах незакрепленных постоянной крепью выработки по всему ее сечению при соблюдении следующих условий:

- а) коллекторы с распылителями должны устанавливаться на расстоянии не более 2,0 м от забоя выработки и не более 3,0 м от видимых куполов, примыкающих к забою;

б) диаметр отверстий в распылителях РЗ-7 должен составлять 2,2 мм.

В случаях, когда нет условий для создания водовоздушных завес длительного действия, в качестве предохранительной среды при взрывных работах могут применяться водяные (водораспылительные) завесы кратковременного действия, создаваемые взрывным распылением воды из двух рядов полиэтиленовых сосудов емкостью 20-40 л.

**Приложение 1**  
**Бланк паспорта буровзрывных работ**

П-о \_\_\_\_\_  
Шахта \_\_\_\_\_  
Участок \_\_\_\_\_

Форма Ш 12.2  
Утверждена Министерством СССР  
от 25.09.86 г. №213

УТВЕРЖДАЮ:  
Главный инженер шахты

\_\_\_\_\_

подпись

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

\_\_\_\_\_

продлен

до « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

\_\_\_\_\_

подпись

**П А С П О Р Т**  
**б у р о в з р ы в н ы х   р а б о т**

---

наименование выработки, забоя

**СХЕМА ПРОВЕТРИВАНИЯ ЗАБОЯ, ПОСТОВ ОЦЕПЛЕНИЯ  
И МЕСТ УКРЫТИЯ ЛЮДЕЙ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ:**

## Показатели буровзрывных работ

Наименование показателей		Качественная характеристика показателей	Порядковый номер записи	Коды и значения реквизитов
А		Б	1	2
паспорт действителен с	число		1	
	месяц		2	
	год		3	
Взамен паспорта вверенного	число		4	
	месяц		5	
	год		6	
Опасность шахты	по газу		7	
	по пыли		8	
Опасность забоя (выработки)	по газу		9	
	по пыли		10	
	по горным ударам		11	
	по внезапным выбросам		12	
Степень опасности	забоя, группа		13	
Площадь поперечного сечения выработки, м <sup>2</sup>	в проходке		14	
	в свету		15	
Тип бурильной машины	наименование		16	
	количество бурильных машин одновременно работающих в забое, шт.		17	
Коэффициент крепости по Протодюкову	угля		18	
	породы		19	
Тип вруба			20	
Тип ВВ			21	
Тип СИ	детонаторов		22	
	шнура		23	
Тип применяемой забойки			24	
Расход	На /м выработ.	резцов, шт.		25
		коронок, шт.		26
	СИ	ВВ, кг		27
		детонаторов, шт.		28
		шнура, м		29
		забойки, кг		30
Расход на прием взрывания, кг	воды		31	
	инертной пыли		32	
Коэффициент использования шпуров	по углю		33	
	по породе		34	
Подвигание забоя за взрыв, м	по углю		35	
	по породе		36	
Время на зарядание и взрывание, мин.			37	
Время проветривания после взрывания, мин.			38	
Время осмотра забоя после взрывания, мин.			39	
Контрольная сумма			40	



**СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ШПУРОВ  
И ПОЭЛИЭТИЛЕНОВЫХ СОСУДОВ С ВОДОЙ**

**МАСШТАБЫ 1:50 ИЛИ 1:100**

**Дополнительные требования по безопасному ведению взрывных работ, не предусмотренных едиными правилами безопасности при взрывных работах**

1. Взрывная станция установлена \_\_\_\_\_
2. Бурение в «стакан» запрещено, смещение шпуров следующего цикла – 10 см.





## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 3.02.03-84. Подземные горные выработки.
2. Руководство по ведению взрывных работ в угольных шахтах / А.В. Джигрин, П.И. Кушнеров и др. – М.: ИПКОН РАН, 1996. – 204 с.
3. Безопасность при взрывных работах: Сборник документов. Серия 13. Выпуск 1 / Колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2001. – 248 с.
4. Методические указания по производству опытных взрываний шпуровых зарядов для составления или пересмотра паспортов буровзрывных работ согласно требованиям §164 ЕПБ ВР. – Макеевка: Ротапринт МакНИИ, 1981. – 22 с.
5. Рекомендуемые паспорта ведения буровзрывных работ для угольных шахт России / А.В. Джигрин, П.И. Кушнеров и др. – М.: ИПКОН РАН, 1996. – 71 с.
6. Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к постоянному применению в Российской Федерации. – М.: Изд-во МГГИ, 1997. – 65 с.
7. Технология и безопасность взрывных работ: Справочное пособие / Баранов Л.В., Першин В.В. и др. – М.: Недра, 1993. – 237 с.
8. Хазанович Г.Ш., Ленченко В.В. Буровзрывные проходческие системы: Учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000. – 504 с.
9. Справочник по буровзрывным работам / М.Ф. Друкованный, Л.В. Дубнов, Э.О. Миндели и др. – М.: Недра, 1976. – 631 с.
10. Машины и оборудование для шахт и рудников: Справочник / С.Х. Клорикьян, В.В. Старичнев, М.А. Сребный и др. – 6-е изд., стереотип. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2000. – 471 с.
11. Проспекты ОАО «Копейский машиностроительный завод», Криворожского завода горного машиностроения, ОАО АК Туламашзавод.
12. ЕНиР. Сборник Е36. Горнопроходческие работы. Вып. 1. Строительство угольных шахт и карьеров / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 208 с.
13. Инструкция по применению электродетонаторов ЭДКЗ-ПКМ.

14. NONEL. Инструкция по применению.
15. Информационный бюллетень «Национальной организации инженеров-взрывников», 2001, №1. – 32 с.
16. Устройство взрывное малогабаритное //Уголь. – 2000, №9. – С. 28.
17. Правила безопасности в угольных шахтах. – Самара: Самарский Дом печати, 1995. – 242 с.
18. Правила безопасности в угольных шахтах. Книга 2. Инструкции. – Самара: Самарский Дом печати, 1996. – 352 с.
19. О внедрении руководства по контурному взрыванию при проходке горных выработок в угольных шахтах. Приказ МУП СССР №418 от 22.08.79. – 38 с.
20. Информационный бюллетень «Национальной организации инженеров-взрывников», 2001, №2. – 32 с.
21. Горнопроходческие машины и комплексы. Альбом конструкций и схем: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Г.Ш. Хазановича. – Вып. 1. Погрузочные, буропогрузочные, погрузочно-транспортные машины и скреперные установки. – Шахтинский ин-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. –152 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Основные требования к буровзрывным работам при проведении горных выработок .....	4
2. Проведение горных выработок методом шпуровых зарядов .....	8
2.1. Порядок составления паспорта буровзрывных работ при взрывании обычным способом .....	8
2.2. Порядок составления паспорта буровзрывных работ при контурном взрывании .....	59
2.3. Особенности составления паспорта буровзрывных работ при контурном взрывании .....	69
3. Указания по производству взрывных работ методом шпуровых зарядов .....	71
3.1. Способы уменьшения длины развала и случаев нарушения крепи .....	71
3.2. Снижение выхода негабарита и объема оборки породы .....	73
3.3. Взрывные работы разового характера .....	75
3.4. Особенности взрывных работ во встречных забоях и при сбойке выработок .....	76
3.5. Особенности взрывных работ по нарушенному массиву .....	77
Приложение 1. Бланк паспорта буровзрывных работ .....	80
Список используемой литературы .....	87

**Учебно-методическое издание**

Проектирование паспортов буровзрывных работ  
при проходке горных выработок

Составители: Анатолий Васильевич Меркулов  
Юрий Александрович Сильченко  
В А Скориков

---

Редактор А.Ю. Прокопов

---

Темплан 2003. Подписано в печать 1.09.2003 г. Формат 60×84 1/16. Бумага  
офсетная. Печать оперативная. Печ. л. 5,63. Уч.-изд. л. 3,53. Тираж 50.

---

Южно-Российский государственный технический университет

Редакционно-издательский отдел ЮРГТУ

Адрес университета:

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Шахтинский институт ЮРГТУ

Адрес института:

346500, г. Шахты, пл. Ленина 1