

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

А. Н. Гришин

Т. М. Медведская

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве практикума для студентов
5-го курса, обучающихся по направлению подготовки специалистов
21.05.04 «Горное дело», профиль «Маркшейдерское дело»

Новосибирск

СГУГиТ

2016

УДК 622.235.52
Г859

Рецензенты: доктор технических наук, профессор СГУГиТ *А. А. Шоломицкий*
кандидат технических наук, ведущий инженер научно-технического отдела ООО «Новосибирский инженерный центр»
А. В. Владыкина

Гришин, А. Н.

Г859 Технология и безопасность взрывных работ [Текст] : практикум /
А. Н. Гришин, Т. М. Медведская. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 54 с.

ISBN 978-5-87693-974-6

Практикум подготовлен кандидатом технических наук, доцентом кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела А. Н. Гришиным и старшим преподавателем кафедры Т. М. Медведской.

В практикуме освещён комплекс вопросов, связанных с технологией ведения взрывных работ на открытых горных разработках, анализом инженерно-геологических условий, выбором взрывчатых материалов и бурового оборудования, расчётом параметров буровзрывных работ, разработкой проекта массового взрыва и мер безопасности при ведении буровзрывных работ. Даны сведения о технических характеристиках современных типов буровых станков и взрывчатых материалов.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки специалистов 21.05.04 «Горное дело», профиль «Маркшейдерское дело», при выполнении расчетно-графической работы (РГР) по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 622.235.52

ISBN 978-5-87693-974-6

© СГУГиТ, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Принятые сокращения	5
Введение	6
1. Общие положения	7
1.1. Оформление расчётно-графической работы	7
1.2 Основные понятия о буровзрывных работах	7
1.3. Исходные данные для проектирования взрывных параметров	12
2. Буровые работы на открытых горных разработках	13
2.1. Оборудование для бурения взрывных скважин	14
2.2. Буровой инструмент	20
3. Взрывные работы на открытых горных разработках	24
3.1. Расположение скважинных зарядов	24
3.2. Выбор взрывчатых материалов.....	25
3.3. Расчёт параметров буровзрывных работ	27
3.4. Составление проекта массового взрыв	30
4. Меры безопасности при ведении буровзрывных работ	31
4.1. Требование промышленной безопасности при бурении скважин.....	31
4.2. Требование промышленной безопасности при ведении взрывных работ на открытых разработках.....	32
Библиографический список	38
Приложение 1. Блок-схема программы «Расчёт скважинных зарядов»	39
Приложение 2. Классификации пород по крепости, буримости и СНиП	40

Приложение 3. Классификация трещиноватости межведомственной комиссии по взрывному делу	41
Приложение 4. Буровые станки российского производства для бурения скважин.....	42
Приложение 5. Буровые станки зарубежного производства для бурения скважин.....	43
Приложение 6. Технические характеристики основных взрывчатых веществ.....	44
Приложение 7. Типы неэлектрических систем инициирования	45
Приложение 8. Характеристики электродетонаторов.....	46
Приложение 9. Технические характеристики взрывных приборов.....	47
Приложение 10. Технический расчет массового взрыва	48
Приложение 11. Таблица параметров взрывных работ.....	49
Приложение 12. Схема расположения скважин	50
Приложение 13. Поперечные профили через заряды.....	51
Приложение 14. Схемы заряжания и забойки скважин	52
Приложение 15. Схема монтажа взрывной сети.....	53

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

БВР	– буровзрывные работы
ВВ	– взрывчатые вещества
ВМ	– взрывчатые материалы
СИ	– средства инициирования
ДШ	– детонирующий шнур
КД	– капсули-детонаторы
ЭД	– электрические детонаторы
УВТ	– ударно-волновая трубка
НСИ	– неэлектрическая система инициирования
КЗВ	– коротко-замедленное взрывание
ЛНС	– линия наименьшего сопротивления
СПШ	– сопротивление по подошве уступа
ЭВВ	– эмульсионные ВВ
ОТ	– охрана труда
ПБ	– промышленная безопасность

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наиболее эффективным способом подготовки скальных пород к выемке с коэффициентом крепости $f > 6$ по классификации профессора М. М. Протодьяконова является разрушение пород энергией взрыва.

Качество взрыва характеризуется равномерностью и степенью дробления горных пород, процентом выхода негабаритных кусков породы, уровнем подошвы уступа, шириной развала горной массы. Взрывание определяет эффективность всех последующих процессов: погрузки, транспортировки, механического дробления и переработки минерального сырья.

В последнее время на горных предприятиях значительно обновился ассортимент промышленных ВВ: широко используются гранулированные ВВ заводского изготовления, уменьшается объём применения тротилсодержащих ВВ из-за их высокой стоимости и негативного воздействия на экологию; внедряется механизированное зарядание скважин; увеличивается использование ВВ, изготавливаемых на пунктах, расположенных вблизи от мест их применения, или в зарядных машинах непосредственно на заряжаемых блоках. Объём применения ВВ местного изготовления превышает 50 % потребляемых ВВ. Это обеспечивает повышение качества взрывов, предъявляет более высокие требования к квалификации взрывперсонала, проектной документации, способствует внедрению научно-технических достижений в области взрывных технологий, применению специальных компьютерных программ для расчёта параметров буровзрывных работ.

Взрывные работы на карьерах должны проводиться в соответствии с федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах», «Техническими правилами ведения взрывных работ», иными нормативными документами, знание которых обязательно для руководителей и производителей взрывных работ. Учебно-методическое пособие написано в соответствии с этими документами и рабочей программой по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ».

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Оформление расчётно-графической работы

Расчётно-графическая работа (РГР) по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» оформляется на листах формата А4 с односторонней печатью, размер шрифта основного текста – 14 пт (Times New Roman), межстрочный интервал – полуторный. Работа должна содержать расчёт параметров взрывных работ и составление проекта массового взрыва на карьере. Оформляется в виде пояснительной записки и графической части (технический расчёт массового взрыва). В пояснительную записку необходимо включить рассмотрение следующих вопросов:

- 1) анализ инженерно-геологических условий взрывания;
- 2) расчёт типовых параметров буровзрывных работ;
- 3) составление технического расчёта массового взрыва с использованием выполненной в Excel компьютерной программы «Расчёт скважинных зарядов», алгоритм которой представлен в прил. 1;
- 4) описание технологии БВР при производстве массового взрыва на карьере (разрезе), выбор буровых машин и бурового инструмента;
- 5) основные мероприятия охраны труда и промышленной безопасности при ведении БВР на открытых горных разработках.

Технические расчёты массового взрыва составляют в соответствии с [1, 2] и оформляют на листах формата А4.

1.2. Основные понятия о буровзрывных работах

Шпур – искусственное цилиндрическое углубление в горной породе или бетоне, кирпичной кладке диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м.

Скважина – искусственное цилиндрическое углубление диаметром более 75 мм при глубине до 5 м и любого диаметра при глубине более 5 м, пробуренное, как правило, буровым станком.

Бурение – процесс последовательного разрушения породы буровым инструментом на забое шпура или скважины и удаления продуктов разрушения водой, воздухом или шнеками.

Буримость – сопротивляемость горной породы разрушению при бурении, характеризуемая чистой скоростью бурения при стандартных условиях опыта.

Взрывные работы – совокупность технологических операций по подготовке и производству взрыва: составление проекта (паспорта), доставка ВМ на заряжаемый блок, зарядание и забойка скважин, шпуров или камер с установкой в них промежуточных детонаторов, монтаж взрывной сети (цепи) и её инициирование при условии удаления всех людей на безопасное расстояние от взрыва [3–8].

Взрывник – рабочий, допущенный медиками к обращению с взрывчатыми материалами, получивший «Единую книжку взрывника», дающую ему право после месячной стажировки на самостоятельное получение ВМ и ведение взрывных работ.

ВВ – взрывчатые вещества – химические соединения или механические смеси, которые под действием внешнего импульса способны взрываться. Взрыв промышленных ВВ протекает в форме детонации, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью по всей массе ВВ.

ВМ – взрывчатые материалы – совокупность взрывчатых веществ (ВВ) и средств инициирования (СИ), включая промежуточные детонаторы.

Взрывом ВВ называют его чрезвычайно быстрое (сверхзвуковое) химическое превращение, при котором выделяется тепло и большое количество сжатых газов, способных производить механическую работу разрушения и перемещения окружающей среды.

Взрывание – процесс инициирования зарядов заданной последовательности способами, обеспечивающими безопасность и эффективность выполнения этих работ.

Взрываемость – сопротивляемость горных пород разрушению при взрывании, характеризуемая расходом ВВ на 1 м³ раздробленного массива до кусков определённой крупности или на образование воронки выброса зарядом определённой формы.

Детонация – распространение взрыва по заряду ВВ с постоянной сверхзвуковой скоростью, обусловленное прохождением детонационной волны.

Детонационная волна – ударная волна сжатия, распространяющаяся по заряду со сверхзвуковой постоянной скоростью, обеспечивающая возникновение за передним фронтом волны быстрой химической реакции ВВ, т. е. детонационная волна представляет собой совокупность ударной волны и следующей за ней зоны химического превращения ВВ.

Ударная волна – однократный скачок уплотнения, распространяющийся по среде со сверхзвуковой скоростью, на фронте которого происходит мгновенное изменение (увеличение) давления плотности и температуры среды. При этом частицы среды движутся вслед за фронтом ударной волны.

СИ – средства инициирования – небольшие заряды высокочувствительных ВВ, размещённые в гильзах (КД и ЭД) и детонирующих шнурах (ДШ) с вмонтированным в них или подсоединённым к ним средством возбуждения их детонации, которая порождает взрыв (детонацию) зарядов промышленных ВВ.

КД – капсуль-детонатор – небольшой заряд чувствительных инициирующих ВВ, размещённый в металлической или картонной гильзе.

ЭД – **Электродетонатор** – совокупность капсуля-детонатора с вмонтированным в нём электровоспламенителем [3–8].

Детонирующий шнур – шнур с сердцевиной из мощного чувствительного ВВ, предназначенный для инициирования зарядов ВВ непосредственно или с помощью промежуточных детонаторов. Взрывается от КД или ЭД.

Огнепроводный шнур – шнур с прессованной пороховой сердцевиной, которая горит с определённой скоростью. Предназначен для инициирования капсулей-детонаторов.

Зажигательная трубка – капсуль-детонатор с введённым и закреплённым в нём отрезком огнепроводного шнура – предназначен для огневого или электроогневого инициирования зарядов ВВ.

Огневое взрывание – способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются взрывником непосредственно или с использованием зажигательных патронов.

Электроогневое взрывание – способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются электровоспламенителями.

Электрическое взрывание – способ инициирования зарядов с помощью электродетонаторов, соединённых в электровзрывную сеть (цепь).

Неэлектрическое взрывание – способ инициирования зарядов с помощью КД, взрывной импульс в которые передаётся по ударно-волновой трубке (УВТ).

Электронное взрывание – способ инициирования зарядов с помощью электродетонаторов с электронным замедлением, соединённых в электровзрывную сеть.

НСИ – неэлектрическая система инициирования – комплекс, состоящий из УВТ, детонаторов и взрывных приборов (пусковых устройств).

ЭСИ – электронная система инициирования – комплекс, состоящий из электродетонаторов с электронным замедлением (ЭДЭЗ) и электронных приборов, предназначенных для программирования интервалов замедления и подрыва ЭДЭЗ.

Патрон-боевик – патрон ВВ с введённым в него КД, ЭД или обвя-занный детонирующим шнуром. От патрона-боевика детонируют остальные патроны ВВ в заряде.

Промежуточный детонатор – небольшой заряд ВВ (от 0,2 до нескольких килограммов), предназначенный для инициирования зарядов низкочувствительных промышленных ВВ, которые не детонируют от штатных средств инициирования.

Паспорт буровзрывных работ – инструктивный документ, регламентирующий порядок производства буровых и взрывных работ шпуровым методом при проведении подземных выработок и других небольших взрывов на земной поверхности, содержащий схему расположения шпуров, их число и диаметр, глубину и угол наклона к продольной оси выработки, наименование ВВ и СИ, массу зарядов, количество и величину интервалов замедления при взрывании, материал забойки и её длину, вели-

чину радиуса зоны, опасной по разлёту кусков породы, указания о месте укрытия взрывника (мастера-взрывника) и рабочих на время взрыва, времени для проветривания забоя, расположения постов оцепления.

Типовой проект взрывных работ – совокупность документов, в которых приведена классификация разрабатываемых пород по взрываемости, расчётные удельные расходы ВВ для каждой категории, диаметр, сетка расположения скважин, величина зарядов, схема взрывания блоков, организация работ и распорядок работ при подготовке и проведении взрыва, сигнализация и охрана опасной зоны. Указаны ответственные лица за каждый вид работ.

ЛНС – линия наименьшего сопротивления – кратчайшее расстояние от центра (оси) заряда до ближайшей открытой поверхности.

СПШ – сопротивление по подошве уступа – расстояние от оси скважины (шпура, камеры) до открытой поверхности уступа на уровне отметки его нижней площадки (подошвы).

Результаты взрывов при открытых горных работах должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- порода при взрыве должна быть раздроблена на куски, не превышающие определённых размеров по крупности, а выход крупных негабаритных кусков и мелочи должен быть минимальным (< 5 %);
- после взрыва на земной поверхности не должно быть завывшений подошвы уступа, а также заколов за последний ряд скважин. Выброс породы за линию скважин на верхнюю бровку уступа должен быть минимальным;
- развал взорванной породы должен быть заданной ширины и высоты, обеспечивающих высокопроизводительную и безопасную работу экскаваторов;
- запас взорванной горной массы в забое должен обеспечивать бесперебойную и высокопроизводительную работу погрузочного и транспортного оборудования;
- схема взрывной цепи и конструкция заряда должны обеспечивать полноту детонации всей заряженной массы ВВ в наиболее благоприятном для разрушения массива режиме;

- при взрыве не должно происходить не предусмотренных проектом разрушений или повреждений окружающих объектов сейсмическим действием, воздушными ударными волнами, разлетающимися кусками породы.

Эти требования могут быть выполнены правильным выбором типов ВМ, величины и конструкции зарядов, глубины скважин, числа и расположения их на взрываемом блоке, буровых механизмов [3–8].

1.3. Исходные данные для проектирования взрывных параметров

В задании на РГР приводятся следующие основные исходные данные: инженерно- и гидрогеологические условия (наименование, коэффициент крепости породы по шкале М. М. Протодяконова, трещиноватость, обводнённость скважин и др.), высота уступа, количество взрываемых скважин и др.

Дополнительные данные включают ограничения по действию взрыва на окружающий массив, охраняемые здания и сооружения, прилегающую территорию и т. п.

При проектировании БВР необходим анализ инженерно-геологических условий, которые оказывают влияние на выбор ВМ, буровых машин, определение норм выработки и расхода бурового инструмента.

Влияние различных свойств пород на эффективность производства буровзрывных работ изложено в СНиП 4.02-91. Объединённая классификация пород по крепости и буримости представлена в прил. 2.

Для конкретных условий взрывания необходимо определить класс породы по буримости и категорию трещиноватости массива. Категорию трещиноватости принято определять по классификации Межведомственной комиссии по взрывному делу (прил. 3).

Обводнённость породы оказывает влияние на выбор типа ВВ и, как следствие, на стоимость взрывных работ. В обводнённых скважинах используют водоустойчивые типы ВВ.

2. БУРОВЫЕ РАБОТЫ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ

Процесс бурения состоит в разрушении породы на забое буровым инструментом и её удалении из шпура или скважины. Для бурения применяют разнообразные свёрла и молотки, буровые каретки, буровые станки и установки. При всех способах процесс бурения состоит из следующих основных операций: подготовка и установка бурового станка, бурение с очисткой забоя от продуктов разрушения (буровой мелочи), наращивание бурового става для достижения требуемой глубины бурения и его разборка после окончания работ, смена изношенного бурового инструмента и передвижение станка на новую точку бурения скважины.

В настоящее время применяют *вращательное, ударное, ударно-вращательное и вращательно-ударное* бурение скважин, которые называют *механическими* способами бурения, а также *термическое* и *комбинированное* бурение. Проводятся исследования в области использования энергии взрыва для *взрывного* бурения скважин, а также высоковольтных электрических разрядов – *электроимпульсное* бурение.

При *вращательном* бурении инструмент вращается вокруг оси, совпадающей с осью шпура или скважины, и одновременно с определённым усилием подаётся на забой. Величину усилия задают из расчёта превышения предела прочности породы на вдавливание на площади контакта режущих лезвий инструмента с породой. При этом происходит последовательное скалывание частиц породы с забоя и углубление инструмента по винтовой линии. Удаление продуктов разрушения производят механическим способом с помощью витых штанг (при бурении шпуров), шнеков (при бурении скважин), промывкой забоя водой или продувкой воздуха.

В горной промышленности на открытых разработках применяют вращательное (шнековое) бурение скважин резцами с помощью буровых станков.

При *ударном* бурении с помощью ударника инструмент наносит удар по забою и разрушает породу под лезвием. После каждого удара инструмент поворачивается на некоторый угол, обеспечивая получение круглого сечения шпура или скважины.

Различают следующие виды ударного бурения:

– *ударно-поворотное бурение* бурильными молотками, при котором инструмент поворачивается только в промежутках между ударами вмонтированным в молоток поворотным устройством;

– *ударно-вращательное бурение* погружными пневмоударниками и бурильными молотками с независимым вращением, при котором удары наносятся по непрерывно вращающемуся инструменту. Разрушение породы при этих двух способах бурения происходит только за счёт его внедрения при ударах;

– *вращательно-ударное бурение*, при котором удары наносятся по непрерывно вращающемуся под большим (в 10 раз большим, чем при ударно-вращательном) осевым усилием инструменту. Разрушение происходит как за счёт внедрения инструмента при ударах, так и за счёт поворота при вращении инструмента;

– *бурение шарошечными долотами* относится к ударному при долотах чистого качения и к *вращательно-ударному* при долотах, в которых зубцы наряду с перекатыванием по забою срезают её скользящим движением вдоль поверхности забоя.

В РГР необходимо выбрать способ бурения и в соответствии с этим подобрать буровое оборудование и буровой инструмент.

2.1. Оборудование для бурения взрывных скважин

Вращательное (шнековое) бурение скважин

Вращательное бурение вертикальных и наклонных скважин диаметром 110–160 мм в породах с $f \leq 6$ применяют на карьерах резцами с удалением продуктов разрушения штангами-шнеками (рис. 1).

Станки имеют гусеничный ход. Они обеспечивают бурение вертикальных и наклонных скважин в породах с $f \leq 6-8$, так как имеют большую массу вращателя, создающего большие осевые усилия на забой.



Рис. 1. Станок СБР-160Т (НИПИГормаш) [nrgm.ru]

Одним из важных недостатков шнекового бурения является значительная потеря глубины скважины (до 15 %) из-за неполного удаления шнеками разрушенной породы. Предложенная доктором технических наук Б. В. Катановым шнекопневматическая технология очистки забоя, при которой по трубам шнека в скважину подаётся сжатый воздух (в количестве 2–5 м³/мин), позволяет бурить скважины большей глубины.

Бурение скважин станками с погружными пневмоударниками

Станки для бурения скважин погружными пневмоударниками делят на лёгкие с диаметром скважин 85–125 мм, средние с диаметром скважин 160 мм и тяжёлые с диаметром скважин более 200 мм.

На открытых разработках используют станки пневмоударного бурения: СБУ-100 (рис. 2), СБУ-160 (рис. 3). Питание сжатым воздухом при работе СБУ-100 предусмотрено от передвижного компрессора, при работе СБУ-160 – от стационарного компрессора.



Рис. 2. Буровой станок СБУ-100ГА
(Кыштымское машиностроительное объединение) [oaokto.ru]

Бурение скважин шарошечными долотами

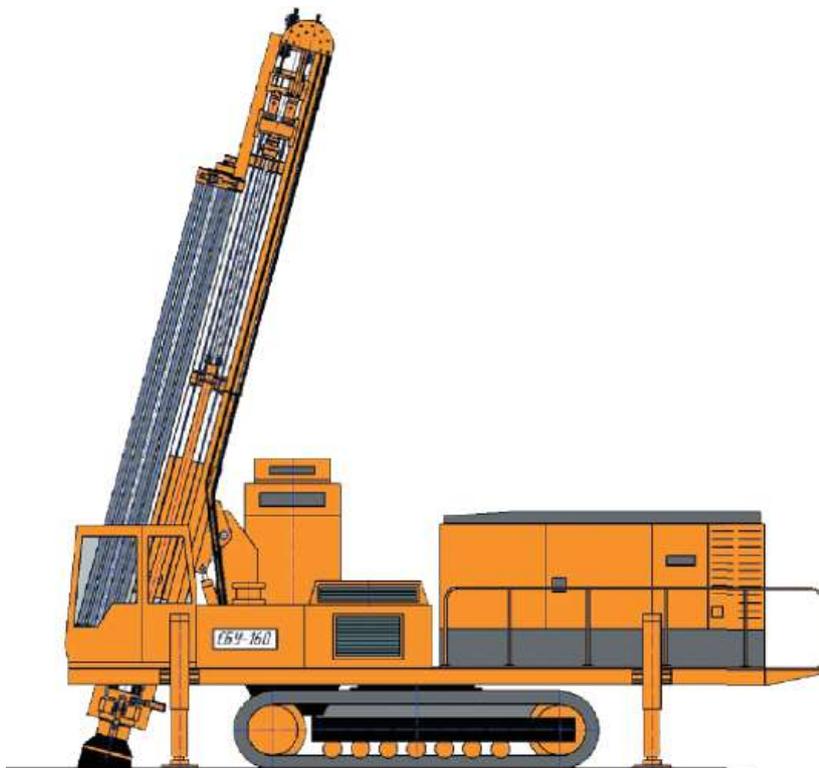


Рис. 3. Буровой станок
СБУ-160-36 (НИПИГормаш) [nrgm.ru]

Этот способ – один из самых распространённых и перспективных на карьерах для бурения скважин диаметром 160–320 мм.

В настоящее время в России серийно выпускают карьерные станки ЗСБШ-200, 6СБШ-200, СБШ-250МНА (рис. 4), СБШ-160/200-40 (рис. 5), СБШ-270ИЗ.



Рис. 4. Буровой станок СБШ-250МНА (Рудгормаш) [rudgormash.ru]



Рис. 5. Буровой станок СБШ-160/200-40 (Рудгормаш) [rudgormash.ru]

Станки для карьеров выпускаются на гусеничном ходу, обладают достаточной маневренностью при большой массе, необходимой для создания высоких осевых усилий на шарошечные долота.

Станки, предназначенные для бурения взрывных скважин глубиной до 18–20 м, имеют соответствующей высоты мачту, и последние модели (СБШ-320) могут бурить скважину на полную глубину до 19,5 м без наращивания штанг.

Удаление буровой мелочи с забоя производится сжатым воздухом или воздушно-водяной смесью.

Технические характеристики станков отечественного производства приведены в прил. 4.

*Буровое оборудование зарубежного производства
для бурения взрывных скважин*

Существует большое разнообразие лёгких буровых станков на гусеничном ходу для бурения скважин диаметром от 40 до 150 мм различной глубины и направления к вертикали (рис. 6). Эту буровую технику используют на объектах транспортного, энергетического строительства, небольших карьерах.



Рис. 6. Буровой станок FlexiROCD50 (AtlasCopco) [atlascopco.ru]

На крупных карьерах используют в основном шарошечные буровые станки для бурения скважин диаметром 170–550 мм глубиной до 60 м и более (рис. 7).



Рис. 7. Буровой станок D75KS (Sandvik) [miningandconstruction.sandvik.com]

Благодаря высокому качеству изготовления обеспечивается высокая надёжность буровой техники. Её производительность в 2-5 раз выше аналогичных отечественных серийных моделей.

Технические характеристики буровых станков производства фирм AtlasCopco и Sandvik приведены в прил. 5.

2.2. Буровой инструмент

Эффективность бурения зависит в основном от правильного выбора бурового инструмента (резцов, коронок, долот, штанг), который передаёт усилия от буровой машины и разрушает грунт в забое скважины.

Буровой инструмент для шнекового бурения состоит из набора штанг и резцов. Штанга представляет собой трубу с приваренной к ней спиралью из полосовой стали, армированной по наружной кромке наплавкой твёрдого сплава (рис. 8).



Рис. 8. Штанга для шнекового бурения

Для разрушения пород наибольшее распространение получили резцы с закругленными лезвиями, армированные цилиндрическими вставками твёрдого сплава (рис. 9) [3–8].

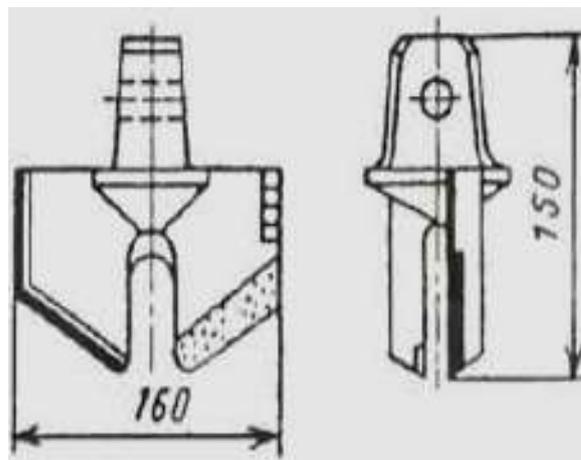


Рис. 9. Армированные резцы

Буровой инструмент при пневмоударном бурении скважин представлен пневмоударниками (рис. 10, 11), съёмными коронками со специальным замком на пневмоударнике (рис. 12, 13) и свинчивающимися стальными буровыми штангами квадратного или круглого сечения с соединительными муфтами на незатягивающейся верёвочной резьбе. Буровые штанги имеют центральный канал для подачи сжатого воздуха [3–8].

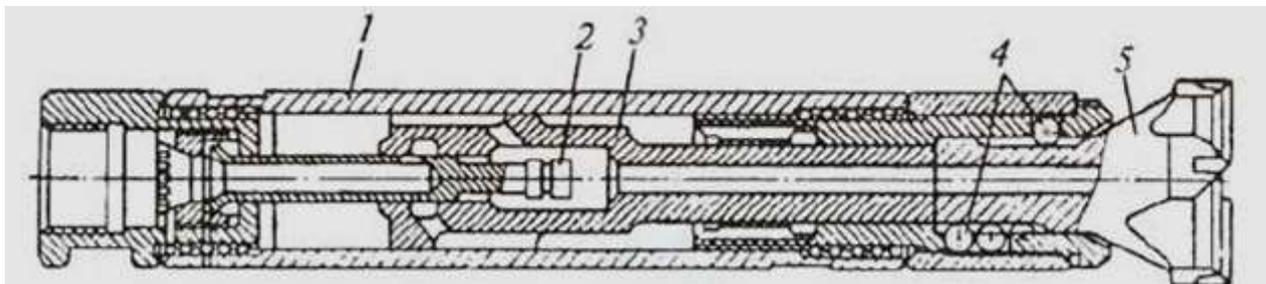


Рис. 10. Пневмоударник П-105 (Россия):

- 1 – цилиндр; 2 – воздухораспределительное устройства; 3 – поршень-ударник;
- 4 – замковое крепление долота; 5 – долото



Рис. 11. Пневмоударник Secoroc COP64 (Швеция)



Рис. 12. Штыревая коронка для пневмоударного бурения



Рис. 13. Крестовая коронка для пневмоударного бурения

Отечественными предприятиями освоено выпуск коронок для пневмоударного бурения: К-110, КНШ-110, К-130, КНШ-160, КНШ-180; пневмоударников: П-110, П-130, П-160 и др.

Буровой инструмент при бурении скважин шарошечными долотами представляет собой конструкцию, сваренную из трёх лап, на консольных осях которых вращаются на роликовых и шариковых опорах шарошки. Шарошки представляют собой конусы, на поверхности которых имеется несколько рядов зубцов; при вращении долота под большим осевым усилием до 8,5–20 кН на 1 см диаметра зубцы перекатываются по забою и разрушают породу. Если зубья выполнены из одного материала с шарошкой, долото называют зубчатым (рис. 14), если зубья выполнены в виде запрессованных или запаянных цилиндрических вставок твёрдого

сплава с клиновой или сферической рабочей поверхностью, долото называют штыревым (рис. 15).



Рис. 14. Зубчатое шарошечное долото



Рис. 15. Штыревое шарошечное долото

Область применения долота обозначают буквой в конце его марки: «С» – для средних пород, «Т» – для твёрдых пород, «К» – для крепких, «ОК» – для очень крепких пород, «ТЗ» – для твёрдых абразивных пород с клиновыми штырями, «ТК» – для твёрдых пород с пропластками, «ТКЗ» – комбинированные – штыревое и зубчатое вооружение.

Долота, имеющие в лапах каналы для подачи в подшипники сжатого воздуха и смазки, имеют в марке букву «П». Кроме того, в марке долота даётся его диаметр в миллиметрах. Примеры: 130,2 (ТЗ-ПН; М-ПН; ТЗ-ПГН), 215,9 (ТКЗ-ПВ; ОК-ПВ; К-ПВ; Т-ПВ; СЗ-П; М-ПВ); 269,9 (ОК-ПГВ; СЗ-ПГВ; МЗ-ПГВ).

3. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ

На открытых горных разработках в настоящее время применяются следующие методы ведения взрывных работ: метод скважинных зарядов, метод шпуровых зарядов, метод котловых зарядов, метод малокамерных зарядов, метод накладных (наружных) зарядов.

Основным методом разрушения массива на карьерах является метод скважинных зарядов, при котором применяют вертикальные и наклонные скважины диаметром от 100 до 500 мм, глубиной от 5 до 20 м и более.

3.1. Расположение скважинных зарядов

При методе скважинных зарядов во взрываемом блоке бурят вертикальные или наклонные скважины (рис. 16). Скважины можно располагать в один ряд (однорядное взрывание), два и более ряда (многорядное взрывание).

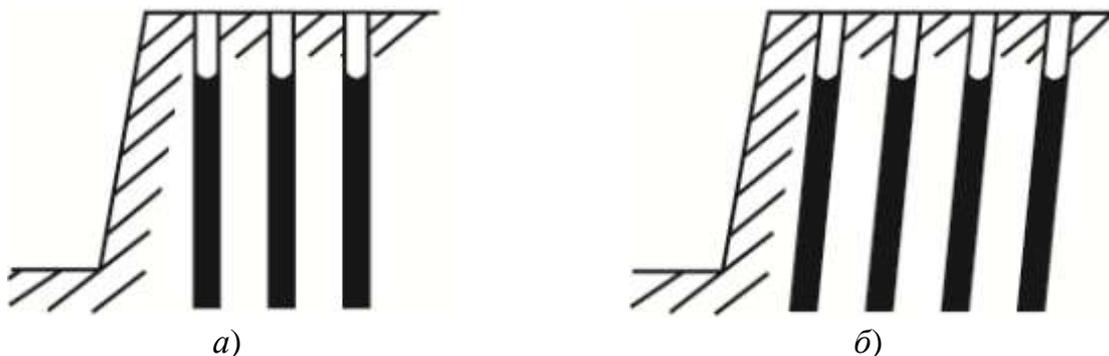


Рис. 16. Схемы расположения вертикальных (а) и наклонных (б) скважин

Расположение скважин на уступах карьеров характеризуется следующими величинами (рис. 17): d – диаметр скважины, м; $H_{уст}$ – высота уступа, м; W – сопротивление по подошве (СПП), м; a – расстояние между скважинами, м; b – расстояние между зарядами, м; c – безопасное расстоя-

ние от оси скважины до верхней бровки уступа, м; $l_{зар}$ – длина заряда, м; $l_{пер}$ – длина перебура, м; $l_{заб}$ – длина забойки, м; $l_{скв}$ – длина скважины, м; α – угол откоса уступа (рис. 17).

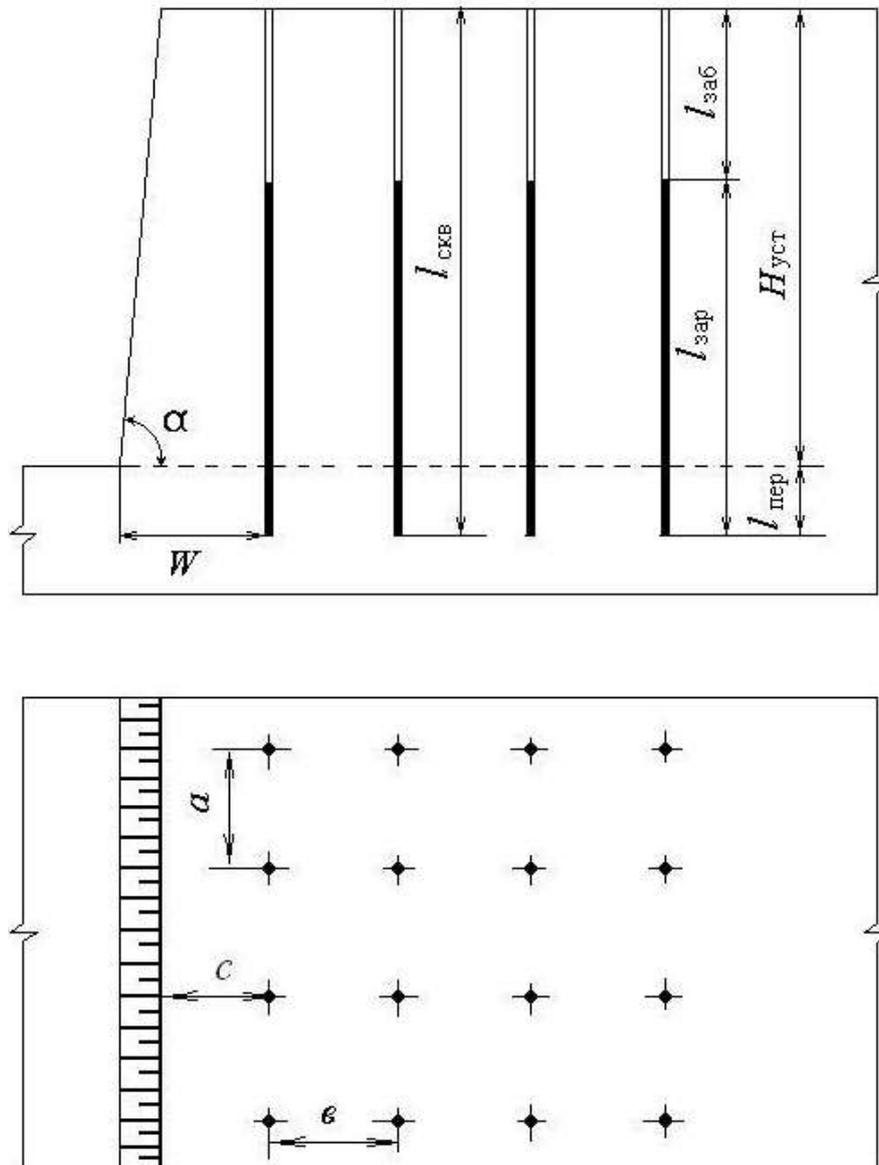


Рис. 17. Параметры расположения скважинных зарядов на взрываемом уступе

3.2. Выбор взрывчатых материалов

При выборе ВВ необходимо учитывать следующие факторы: инженерно- и гидрогеологические условия залегания взрываемых пород; способ заряжания – механизированный или ручной; требования к экологическому равновесию в районе взрыва и т. д.

Отечественные предприятия выпускают ВВ широкой номенклатуры, которые обеспечивают ведение взрывных работ в любых инженерно-геологических условиях. В РГР при выборе ВВ, в зависимости от конкретных условий и принятого метода взрывания, рекомендуется пользоваться табл. 3.1.

В настоящее время в России и за рубежом существует тенденция применения простейших гранулированных ВВ типа АС-ДТ и эмульсионных ВВ (ЭВВ) [4, 5]. Это позволяет добиваться наилучших показателей безопасности при обращении с ВВ, взрывной эффективности, экономичности, экологической чистоты в районе проведения взрывных работ.

Таблица 3.1

Области применения взрывчатых веществ

Условия применения	Породы слабые	Породы средней крепости	Породы крепкие
Сухие скважины или сухая часть обводнённых скважин	Игданит	Граммонит 79/21	Карботол ГЛ-10В
	Гранулит М	Гранулит АС-4	Гранулит АС-8
Обводнённая часть скважин	Акватол Т-20 ЭВВ	Граммонит 30/70 ЭВВ	Алюмотол ЭВВ

Технические характеристики приведённых в табл. 3.1. типов промышленных ВВ, рекомендуемых для взрывания на карьерах, приведены в прил. 6.

Взрывание зарядов на карьерах в основном производят с помощью неэлектрической системы инициирования (НСИ) [6, 7]. В настоящее время в России разрешены к применению НСИ отечественного («Эдилин», «Коршун», «СИНВ», «Искра») и зарубежного («Нонель», «Рионел», «Эксэл») производства [8]. Разновидности наиболее популярных в России НСИ приведены в прил. 7.

Возможно инициирование скважинных зарядов электрическими детонаторами с помощью ДШ в обычном (ДША) или влагостойком (ДШВ, ДШЭ-12 и др.) исполнении. Характеристики ЭД мгновенного и короткозамедленного типов приведены в прил. 8. Типы наиболее распространённых индукторных взрывных машинок, обеспечивающих поступление

в каждый ЭД гарантированного тока, условия их применения и параметры приведены в прил. 9.

3.3. Расчёт параметров буровзрывных работ

Разработанные параметры БВР должны обеспечивать качественное дробление горной породы, проработку подошвы уступа в соответствии с проектными данными, компактность расположения горной массы, малый разлёт кусков породы при взрыве, низкое сейсмическое воздействие на охраняемые объекты. Значения параметров зависят от свойств используемых ВВ, физико-механических свойств породы, способа и системы инициирования зарядов, схем взрывания. Ниже представлена методика расчёта параметров БВР при проведении массовых взрывов на карьерах.

1. Определяют диаметр скважин в соответствии с [9] или [10] по формуле

$$d = 28H \sqrt{\frac{k}{\Delta}}, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

где H – высота уступа, м;

K – расчётный удельный расход ВВ, кг/м³ (табл. 3.2);

Δ – плотность заряжания, т/м³.

2. Определяют величину преодолеваемого сопротивления по подошве уступа (СПП) W для одиночного скважинного заряда

$$W = \sqrt{\frac{P}{K}}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

где P – вместимость 1 м скважины, кг.

С учётом взаимодействия зарядов W определяют, принимая во внимание коэффициент их сближения m по формуле

$$W_{\text{вз}} = W(1,6 - 0,5m), \text{ м}. \quad (3.3)$$

Кроме того, величину W проверяют из условия безопасного ведения работ по формуле

$$W \geq Hctg\alpha + c, \text{ м,} \quad (3.4)$$

где α – угол откоса уступа;

c – минимально допустимое расстояние от оси скважин до бровки уступа, м [11].

Таблица 3.2

Величина расчётного удельного расхода ВВ (аммонит № 6ЖВ)

Наименование породы	Категория пород по СНиП	Коэффициент крепости f по шкале проф. М. М. Протоdjяконова	Средняя плотность пород, кг/м ³	Расчётный удельный расход ВВ, кг/м ³
Мел	IV–V	0,8–1,0	1 850	0,25–0,3
Гипс	IV	1,0–1,5	2 250	0,35–0,45
Мергель	IV–VI	1,0–1,5	1 900	0,3–0,4
Конгломерат, брекчии на глинистом цементе	IV–VI	2,3–3,0	2 200	0,35–0,45
Глинистый сланец	IV–VII	3,0–6,0	2 200	0,4–0,5
Доломит, известняк, магнезит, песчаник	VII–VIII	5,0–6,0	2 700	0,4–0,5
Известняк, песчаник, мрамор	VII–IX	6,0–8,0	2 800	0,45–0,7
Гранит, гранодиорит	VII–X	6–12	2 800	0,5–0,7
Базальт, диабаз, андезит, габбро	IX–XI	6–18	3 000	0,6–0,75
Кварцит	X	12–14	3 000	0,5–0,6
Порфирит	X	16–20	2 800	0,7–0,75

Примечание: в случае применения других ВВ приведённые в таблице значения K необходимо умножить на коэффициент относительной работоспособности e для данного типа ВВ.

3. Определяют ориентировочную величину перебура

$$l_{\text{пер}} = 0,5KW, \text{ м.} \quad (3.5)$$

4. Определяют длину забойки. Минимально допустимую величину забойки принимают равной $(0,6–0,8)W$.

5. Определяют величину заряда

$$Q = P(l - l_{\text{заб}}), \text{ кг.} \quad (3.6)$$

6. Определяют расстояние между зарядами в ряду

$$A = m W, \text{ м.} \quad (3.7)$$

7. Расстояние b между рядами скважин при короткозамедленном взрывании принимают $(0,9-1)W$.

8. Если одиночные скважины даже при коэффициенте сближения $m = 0,6$ не обеспечивают нормальную проработку подошвы уступа при больших величинах СПП, применяют парное расположение скважин. Величину СПП парно-сближенных зарядов W_2 определяют по формуле

$$W = \sqrt{\frac{2P}{K}}, \text{ м.} \quad (3.8)$$

Формулой (3.2) следует пользоваться только в тех случаях, когда W меньше $0,8H$. Если полученная величина W больше $0,8H$, то расчёт зарядов производят следующим образом:

а) принимают величину ЛНС в пределах $(0,6-0,8)H$;

б) вычисляют вес заряда в скважине по формуле

$$Q = KW^3, \text{ кг;} \quad (3.9)$$

в) определяют длину заряда по формуле

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q}{P}, \text{ м,} \quad (3.10)$$

где P – вместимость 1 м скважины, кг;

г) для расчёта остальных параметров используют вышеприведённую методику.

9. Взрывная сеть НСИ состоит из магистральной УВТ, по которой передаётся взрывной импульс от специального пускового устройства к КД, поверхностных соединительных блоков с КД, внутрискважинных КД в различных комбинациях [6, 7]. Возможно использование НСИ в комбинации с электрическим способом инициирования.

3.4. Составление проекта массового взрыв

Массовые взрывы на карьерах осуществляют по проектам, которые состоят:

а) из технического расчета со схемой расположения скважин и графическими материалами (*рекомендуемый состав технического расчёта приведен в прил. 10*);

б) из таблицы параметров взрывных работ (*в РГР расчёт параметров взрывных работ выполняется в компьютерной программе «Расчёт скважинных зарядов». Пример таблицы параметров БВР, используемой в данной программе, представлен в прил. 11*);

в) из распорядка проведения массового взрыва (*в РГР разрешается не приводить*).

Технический расчет и схема расположения скважин должны состоять из пояснительной записки с расчётами и графической документацией. Эти документы составляют с учетом фактических горно- и гидрогеологических условий, а также указаний маркшейдерской службы.

Маркшейдерская документация массовых взрывов во всех случаях должна состоять из: плана-задания (масштаб 1 : 1 000); предварительного плана проекта расположения скважин на уступе (масштаб 1 : 500); поперечных профилей скважин первого ряда (масштаб 1 : 500 и 1 : 200) с таблицей расчёта зарядов; геолого-технологического плана блока (масштаб 1 : 500); сводного плана буровых и взрывных работ (масштаб : 1 000).

К пояснительной записке прилагается следующий графический материал:

а) схемы расположения скважин (прил. 12);

б) поперечные профили через заряды (прил. 13);

в) схемы отвода оборудования;

г) схемы заряжания и забойки скважин (прил. 14);

д) ситуационный план местности с указанием опасной зоны и находящихся в ее пределах зданий, сооружений, линий электропередачи, коммуникаций, а также мест расположения постов охраны опасной зоны, взрывной станции;

е) схемы взрывных сетей (прил. 15).

Графический материал, указанный в пп. в) и д), в РГР допускается не приводить.

4. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Основные правила безопасности, которые должны быть учтены при разработке проекта БВР, изложены в [1-10].

4.1. Требование промышленной безопасности при бурении скважин

Рабочее место для ведения буровых работ должно быть обеспечено:

- подготовленным фронтом работ (очищенной и спланированной рабочей площадкой);
- проектом (паспортом, технологической картой) на бурение.

Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ должно осуществляться в соответствии с установленными требованиями.

Буровой станок должен быть установлен на безопасном расстоянии от верхней бровки уступа в соответствии с проектом, но не менее 2 м от бровки до ближайшей точки опоры станка, а его продольная ось при бурении первого ряда скважин должна быть перпендикулярна бровке уступа.

Запрещается подкладывать куски породы под домкраты станков. При установке буровых станков шарошечного бурения на первый от откоса ряд скважин управление станками должно осуществляться дистанционно.

Каждая скважина, диаметр устья которой более 250 мм, после окончания бурения должна быть перекрыта. Участки пробуренных скважин должны быть ограждены предупредительными знаками. Порядок ограждения зоны пробуренных скважин и их перекрытия утверждается техническим руководителем организации.

Шнеки у станков вращательного бурения с немеханизированной сборкой-разборкой бурового става и очисткой устья скважины должны иметь ограждения, заблокированные с подачей электропитания на двигатель вращателя.

Запрещается работа буровых станков при неисправных ограничителях переподъема бурового снаряда, тормозе лебедки и системы пылеподавления.

Подъемный канат бурового станка должен иметь пятикратный запас прочности. Не менее одного раза в неделю механик участка или другое специально назначенное лицо должны проводить наружный осмотр каната и делать запись в журнале о результатах осмотра.

Выступающие концы проволок должны быть обрезаны. При наличии в подъемном канате более 10 % порванных проволок на длине шага свивки его необходимо заменить.

4.2. Требование промышленной безопасности при ведении взрывных работ на открытых разработках

Общие требования

Взрывчатые материалы, доставленные к местам работ, должны находиться в сумках, кассетах или в заводской упаковке, а также в спецмашинах и контейнерах.

Взрывчатые материалы на местах работ, а также заряженные шпуры, скважины запрещается оставлять без постоянного надзора (охраны). Средства инициирования и боевики должны храниться отдельно, на расстоянии, исключающем передачу детонации.

При обращении с взрывчатыми материалами должны соблюдаться меры предосторожности, предусмотренные инструкциями (руководствами) по их применению, меры безопасности и противопожарной безопасности.

Порошкообразные взрывчатые вещества на основе аммиачной селитры в патронах и в мешках перед применением должны быть размяты без нарушения целостности оболочки. Запрещается применять взрывчатые вещества, увлажненные свыше норм, установленных стандартами (техническими условиями) и указанных в инструкциях (руководствах) по применению.

Слежавшиеся порошкообразные взрывчатые вещества, содержащие гексоген или жидкие нитроэфиры, должны использоваться без размятия или измельчения и только при взрывных работах на земной поверхности.

При производстве взрывных работ (работ с взрывчатыми материалами) необходимо разрабатывать и проводить мероприятия по обеспечению безопасности персонала взрывных работ, предупреждению отравлений людей пылью взрывчатых веществ и ядовитыми продуктами взрывов. Эти мероприятия должны утверждаться распорядительным документом организации, ведущей взрывные работы.

Взрывные работы должны выполняться взрывниками под руководством лица, назначенного приказом по организации (руководитель взрывных работ), по письменным нарядам с ознакомлением с ними под роспись и соответствующим наряд-путевкам и проводиться только в местах, отвечающих требованиям безопасного их проведения.

Каждая организация, ведущая взрывные работы с применением массовых взрывов, должна иметь типовой проект производства буровзрывных работ, являющийся базовым документом для разработки паспортов и проектов буровзрывных работ, в том числе и проектов массовых взрывов, выполняемых в конкретных условиях.

Проекты буровзрывных и взрывных работ 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.

При производстве взрывных работ перед началом заряжания с момента доставки взрывчатых материалов к местам производства работ вводится запретная зона, в пределах которой запрещается находиться людям, не связанным с заряжением [1–10].

В запретную зону разрешается проход специалистов организации и работников контролирующих органов в сопровождении руководителя взрывных работ.

Размеры запретной зоны должны определяться проектом буровзрывных работ.

На открытых горных работах запретная зона должна составлять не менее 20 м от ближайшего заряда. Она распространяется как на рабочую пло-

щадку того уступа, на котором проводится зарядание, так и на ниже- и вышерасположенные уступы, считая по горизонтали от ближайших зарядов.

Опасная зона определяется расчетом в проекте или паспорте буровзрывных (взрывных) работ и вводится:

- при взрывании с применением электродетонаторов в боевиках с начала укладки боевиков;

- при взрывании с применением детонирующих шнуров – до начала установки в сеть пиротехнических реле (замедлителей);

- при использовании в боевиках неэлектрических систем инициирования с низкоэнергетическими волноводами – с момента подсоединения взрывной сети участков к магистральной;

- при взрывании с использованием электронных систем инициирования – с момента подсоединения взрывной сети участков к магистральной.

На границах запретной и опасной зон должны быть выставлены посты, обеспечивающие ее охрану. Постовым запрещается поручать работу, не связанную с выполнением прямых обязанностей.

При производстве взрывных работ обязательна подача звуковых, а в темное время суток, кроме того, и световых сигналов для оповещения людей. Запрещается подача сигналов голосом, а также с применением взрывчатых материалов.

Значение и порядок сигналов:

- а) первый сигнал – предупредительный (один продолжительный). Сигнал подается при вводе опасной зоны;

- б) второй сигнал – боевой (два продолжительных). По этому сигналу проводится взрыв;

- в) третий сигнал – отбой (три коротких). Он означает окончание взрывных работ.

Сигналы должны подаваться взрывником (старшим взрывником), выполняющим взрывные работы, а при массовых взрывах – специально назначенным работником организации, ведущей взрывные работы.

Способы подачи и назначение сигналов, время производства взрывных работ должны быть доведены до сведения персонала организации, а при взрывных работах на земной поверхности – до жителей населенных пунктов, примыкающих к опасной зоне.

Допуск людей к месту взрыва после его проведения может разрешаться лицом, осуществляющим руководство взрывными работами, или по его поручению взрывником, только после того, как будет установлено, что работа в месте взрыва безопасна.

Поверхность у устья подлежащих заряданию шпуров, скважин и других выработок должна быть очищена от обломков породы, буровой мелочи, посторонних предметов.

Перед заряданием шпуры и скважины должны быть очищены от буровой мелочи.

При взрывании наружных зарядов необходимо их размещать так, чтобы взрыв одного не нарушил соседние заряды. Если это сделать не представляется возможным, взрывание должно проводиться только одновременно (с применением электродетонаторов или детонирующего шнура).

При глубине скважин более 15 м обязательно дублирование внутри-скважинной сети.

Опасные зоны, их охрана, а также места нахождения людей и оборудования, порядок доставки и размещения взрывчатых материалов при подготовке и проведении массовых взрывов, порядок допуска людей после взрыва должны определяться проектом буровзрывных (взрывных) работ [1-10].

Требования при проведении массовых взрывов на земной поверхности

Организации, ведущие взрывные работы с применением взрывов смонтированных в общую взрывную сеть двух и более скважинных, котловых или камерных зарядов, независимо от протяженности заряжаемой выработки, а также единичных зарядов в выработках протяженностью более 10 м (далее – массовый взрыв), должны иметь типовой проект производства буровзрывных работ.

В типовом проекте буровзрывных работ приводятся ситуационный план с указанием границ карьерного поля, объектов строительства, зданий, сооружений, линий электропередачи и коммуникаций, находящихся в пределах максимальной опасной зоны; краткие геологическая и гидро-

геологическая характеристики пород и полезных ископаемых, их классификация по крепости, трещиноватости, буримости, взрываемости; технологические условия (ширина рабочих площадок, высота уступов); методики и общие расчеты параметров буровых и взрывных работ; обоснование выбора диаметров шпуров и скважин, взрывчатых веществ и средств инициирования, средств механизации буровзрывных работ, взрывных и контрольно-измерительных приборов; способы взрывания; схемы взрывной сети; конструкции зарядов и боевиков (промежуточных детонаторов); методика расчета интервалов замедлений и принятые интервалы; параметры расположения скважин на уступах; расходные коэффициенты и расчетные показатели взрывов (удельный расход взрывчатых веществ, выход горной массы с 1 погонного метра скважины); методика расчета безопасных расстояний, типовой паспорт дробления негабаритов.

Типовой проект буровзрывных работ утверждается и вводится в действие распорядительным документом организации.

На основе типового проекта разрабатывается проект производства буровзрывных работ (проект массового взрыва) для конкретных условий, состоящий из:

- а) технического расчета со схемой расположения скважин и графическими материалами;
- б) таблицы параметров взрывных работ;
- в) распорядка проведения массового взрыва.

В каждой организации должен быть разработан документ, определяющий дату и время производства массовых взрывов. Порядок подготовки и проведения массового взрыва утверждает технический руководитель организации, ведущей взрывные работы, или назначенное им лицо.

На основании установленного порядка подготовки и проведения массового взрыва составляется распорядок конкретного массового взрыва, который утверждается техническим руководителем или назначенным им лицом.

По окончании монтажа взрывной сети ответственный руководитель массового взрыва, а при одновременном взрывании нескольких блоков – взрывники, специально назначенные ответственными за зарядание и подготовку к взрыву отдельных блоков, проверяют соответствие монтажа

взрывной сети проектным схемам коммутации, надежность узлов и соединений, правильность установки замедлителей. Обнаруженные дефекты должны быть устранены.

Между ответственным руководителем массового взрыва и взрывниками, ответственными за зарядание и подготовку к взрыву отдельных блоков, а также старшим взрывником должна обеспечиваться надежная двусторонняя связь.

Ответственный руководитель массового взрыва дает указание о подаче боевого сигнала только после получения донесений взрывников, ответственных за зарядание и подготовку к взрыву блоков, за охрану опасной зоны и выставление постов, а также за вывод людей с территории опасной зоны, ознакомившись с заполненной таблицей параметров взрывных работ и убедившись в выполнении мероприятий, перечисленных в порядке проведения массового взрыва.

Не ранее чем через 15 минут после взрыва ответственный руководитель массового взрыва организует осмотр взорванных блоков с принятием мер, предотвращающих отравление газами проверяющего персонала.

После осмотра места взрыва при отсутствии отказов скважинных зарядов и снижении концентрации ядовитых продуктов взрыва в воздухе до установленных норм ответственный руководитель массового взрыва дает указание о подаче сигнала «Отбой». По этому сигналу посты охраны опасной зоны снимаются.

Контроль за наличием отказов после массового взрыва, их регистрация и ликвидация должны осуществляться в соответствии с установленным порядком [1-10].

Результаты выполненных массовых взрывов подлежат систематическому анализу в целях принятия решений по уточнению параметров и дальнейшему совершенствованию буровых и взрывных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ Ростехнадзора от 16.12.2013 № 605 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при взрывных работах» (Зарегистрировано в Минюсте России 01.04.2014 № 31796).
2. Типовая инструкция по безопасному проведению массовых взрывов на земной поверхности. Утверждена Госгортехнадзором России 14 мая 1993 г. Постановление № 10.
3. Кутузов Б. Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом : учебник для вузов. – М. : Горная книга, 2009. – 471 с.
4. Стиг Олофссон. Прикладная технология взрывной отбойки для строительства и горной промышленности (перевод с англ. к.т.н. Ю. П. Щепкина). – Жезказган, 2003. – 278 с.
5. Описание системы НОНЕЛЬ. Dyno Nobel Europe Export. Gyttopp, SE-713 82 Nora, Sweden, 1997. – 30 с.
6. НОНЕЛЬ. Инструкция по эксплуатации. Dyno Nobel Europe Export. Gyttopp, SE-713 82 Nora, Sweden, 1998. – 55 с.
7. Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в Российской Федерации (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 сентября 2011 г. № 537).
8. Кутузов Б. Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 2. Взрывные работы в горном деле и промышленности : учебник для вузов. – М. : Горная книга, 2008. – 512 с.
9. Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве. 3-е изд. перераб. и доп. – М., 1997. – 232 с.
10. Приказ Ростехнадзора от 11 декабря 2013 г. № 599 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке полезных ископаемых"» (Зарегистрировано в Минюсте России 2 июля 2014 г. № 32935).

Классификации пород по крепости, буримости и СНИП

Группа грунтов и пород по СНИП	Классификация проф. М. М. Протодяконова		Единая классификация по буримости		
	Коэффициент крепости	Степень крепости	Класс грунтов	Скорость бурения бурами, мм/мин	
				стальными	армированными
XI X IX	20 15	В высшей степени крепкие. Очень крепкие	1	12	31
			2	15	40
			3	20	50
			4	26	60
			5	30	75
VIII	10 8 6	Крепкие. Довольно крепкие	7	50	110
			8	65	130
			9	85	160
VII	5 4	Довольно крепкие. Средней крепости.	10	110	200
			11	150	250
VI	3 2	То же. Довольно мягкие.	12	200	300
			13	250	350
V	1,5	То же	14	325	400
IV	1	Мягкие	15	425	500

**Классификация трещиноватости
межведомственной комиссии по взрывному делу**

Категория грунта	Степень трещиноватости (блочности массива)	Размер отдельностей, м	Число трещин на 1 м линии
I	Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные)	$< 0,1$	$\triangleright 10$
II	Сильнотрещиноватые (среднеблочные)	$0,1 \dots 0,5$	$2 \dots 10$
III	Среднетрещиноватые (крупноблочные)	$0,5 \dots 1,0$	$1 \dots 2$
IV	Малотрещиноватые (весьма крупноблочные)	$1,0 \dots 1,5$	$1,0 \dots 0,65$
V	Практически монолитные (исключительно крупноблочные)	$> 1,5$	$< 0,65$

Примечание. Размер отдельностей – это среднее расстояние между естественными трещинами всех систем, м.

Буровые станки российского производства для бурения скважин

Показатели	Вращательное (шнековое) бурение		Бурение погружными пневмударниками		Бурение шарошечными долотами		
	СБР-125	СБР-160	СБУ-100ГА-50	СБУ-160-36	СБШ-160/200-40	СБШ-250МНА	СБШ-270ИЗ
Диапазон бурения, мм	125	160	110; 130	125; 160	160-215	250	270
Глубина бурения, м	24	24	50	32	40	32	32
Коэффициент крепости породы	до 6	до 6	6–20	6–20	4–18	4–18	4–18
Тип ходовой части	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный
Расход воздуха, м ³ /мин	–	–	10 (от автономного компрессора)	20	25	32	40
Вес, кг	2 000	12 000	5 000	33 000	50 000	80 000	136 000

Буровые станки зарубежного производства для бурения скважин

Показатели	Atlas Copco			Sandvik		
	FlexiROC D50	DM45	PitViper 275	DI500	D45KS	D75KS
Диапазон бурения, мм	92–152	149–229	171–270	89–165	152–229	229–279
Глубина бурения, м	45	53,3	59,4	40	63	53
Пневмоударник	COP 54	–	–	Mission 50	–	–
Тип ходовой части	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный	Гусеничный
Тип двигателя	Дизельный	Дизельный	Дизельный или электрический	Дизельный	Дизельный	Дизельный
Производительность компрессора, м ³ /мин	17,7	25,4	74,6	22	25,5	45,3
Вес, кг	21 700	41 000	84 000	20 500	47 725	64 864

Технические характеристики основных взрывчатых веществ

Наименование ВВ	Энергия взрыва, кДж/кг	Плотность (насыпная), г/см ³	Характеристики патронов ВВ			Коэффициент относительной работоспособности
			Диаметр, мм	Масса, г	Длина, мм	
Простейшие составы ВВ						
Игданит	3 800	0,85	–	–	–	1,13
Гранулит М	3 850	0,90	–	–	–	1,13
Гранулированные ВВ						
Гранулотол	4 100	0,95–1,00	–	–	–	1,20
Граммонит 30/70	3 450	0,90–0,95	–	–	–	1,14
Граммонит 79/21	4 300	0,9–1,0	–	–	–	1,00
Гранулит АС-4	4 500	0,80–0,85	–	–	–	0,98
Гранулит АС-8	5 200	0,95	–	–	–	0,89
Алюмотол	5 600	0,95–1,00	–	–	–	0,83
Водосодержащие ВВ						
Акватол Т-20	3 680	1,45–1,50	–	–	–	1,2
Карбатол ГЛ-10В	5 700	1,55–1,60	–	–	–	0,79
Эмульсионные ВВ						
Порэммит 1А	2 960	1,2	–	–	–	1,41
ЭмульсолитП	3 300	1,4	90	4 450	50	1,31
			120	6 500	58	

Типы неэлектрических систем инициирования

Нитро-Нобель	НМЗ «Искра»	«Муромец»
Нонель LP	Искра-Ш	ДБИ-Ш
Нонель MS	Искра-С	ДБИ-С
Нонель UNIDET	Искра-П	ДБИ-П

Характеристики электродетонаторов

Наименование		Количество серий замедления	Интервал замедления, мс	Сопротивление, Ом	Безопасный ток, А
Непредохранительные	ЭД-8-Ж ЭД-3-Н	1...36	Мгновенного действия 20...10 000	2,0... 4,2 2,0 ...4.2	0,18 0,18
Предохранительные	ЭД-КЗ-ОП ЭД-30-УН	0...9	Мгновенного действия 5...300	2,0... 4,2 2,0... 4,2	0,18 0,18

Технические характеристики взрывных приборов

Наименование	Напряжение на конденсаторе, В	Максимальное сопротивление, Ом	Число одновременно взрываемых послед.соед. ЭД, шт.	Область применения
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М	600/650	320	100	Выработки, опасные по взрыву газа или пыли. Взрывание групп последовательно соединенных ЭД нормальной чувствительности
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М	610/670	320	100	Выработки, опасные по взрыву газа или пыли. Взрывание групп последовательно соединенных ЭД нормальной чувствительности
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3	1 600	000	200	Открытые работы; подземные выработки, неопасные по взрыву газа или пыли. Взрывание групп ЭД нормальной чувствительности
Конденсаторная взрывная машинка ВМК-500	3 000	2 100	800	Открытые работы; выработки, неопасные по взрыву газа или пыли
Устройство пусковое УПЭ-1,5/Х	-	-	-	Открытые работы; выработки, неопасные по взрыву газа и пыли

ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАССОВОГО ВЗРЫВА

(рекомендуемая схема пояснительной записки с расчетами)

1. Общие сведения.
2. Геология и гидрогеология.
3. Объем взрываемого массива.
4. Диаметр скважин, величина перебура, наименование взрывчатых веществ и средств инициирования, удельный расход взрывчатых материалов, расчет зарядов в скважинах, расстояния между скважинами в ряду и рядами скважин.
5. Способы инициирования зарядов, взрывной сети.
6. Расчет электровзрывной (взрывной) сети и силы тока, проходящего через один электродетонатор (электрозажигательный патрон).
7. Рисунки конструкции заряда и боевика с указанием места размещения боевика (боевиков) в заряде (зарядах). Вид и величины забойки.
8. Тип детонирующего шнура (ленты), замедлителей.
9. Схема взрывания с указанием величин интервалов замедлений.
10. Предполагаемый расход взрывчатых веществ (кг), в том числе по наименованиям:

11. Предполагаемый расход промежуточных детонаторов (кг), в том числе по наименованиям:

12. Предполагаемый расход средств инициирования, в том числе по наименованиям:

13. Расчет безопасных расстояний по разлету кусков горной массы.
14. Расчет безопасных расстояний по действию ударной воздушной волны.
15. Расчет сейсмически безопасных расстояний.
16. Расчет безопасного расстояния по воздействию газов, образующихся при массовом взрыве.
17. Прочие сведения.

Расчет составил _____
(должность, фамилия и инициалы, дата)

(подпись)

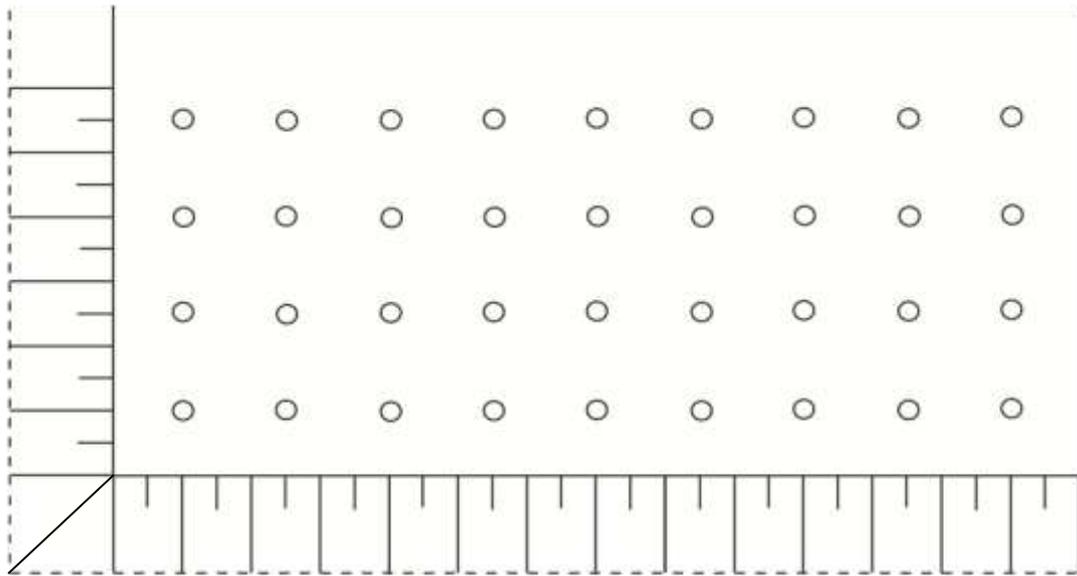
Расчет проверил _____
(должность, фамилия и инициалы, дата)

(подпись)

Таблица параметров взрывных работ

№ ряда	№ скважины	Диаметр скважины, м		Высота уступа, м		Глубина скважины, м		Величина перебура, м		Высота столба воды, м	Сопротивление по подшве, м		Расстояние от устья скважины до бровки уступа, м		Расстояние между скважинами в ряду, м		Расстояние между рядами скважин, м		Удельный расход ВВ, кг/м ³		Расчётный вес заряда, кг	Фактический вес основного заряда, кг				Длина заряда, м		Вместимость в 1 п. м скважины, кг/м		Длина забойки, м		Объём породы от одной скважины, м ³	
		проект.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.		расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.		расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.	расчёт.	фактич.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
III ряд	33	0,22	12,5	12,5	14,0	14,0	1,5	1,5	6,0					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,85	340	0,8	320,0	0,0	320,8	10,0	10,0	34,0	34,0	4,0	4,0	378	378	
	34	0,22	12,5	12,5	14,0	14,0	1,5	1,5	4,5					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,85	340	0,8	320,0	0,0	320,8	10,0	10,0	34,0	34,0	4,0	4,0	378	378	
	35	0,22	12,5	12,5	14,0	14,0	1,5	1,5						5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,89	340	0,8	0,0	336,0	336,8	10,0	9,9	34,0	34,0	4,0	4,1	378	378	
	36	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	5,0					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,84	321	0,8	300,0	0,0	300,8	9,3	9,4	34,0	34,0	4,0	4,1	357	357	
	37	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	5,0					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,84	321	0,8	300,0	0,0	300,8	9,3	9,4	34,0	34,0	4,0	4,1	357	357	
	38	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	1,5					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,88	321	0,8	40,0	273,0	313,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	39	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	1,5					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,88	321	0,8	40,0	273,0	313,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	40	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	1,0					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,88	321	0,8	40,0	273,0	313,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	41	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7						5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,88	321	0,8	0,0	315,0	315,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	42	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7						5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,88	321	0,8	0,0	315,0	315,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	43	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	1,5					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,88	321	0,8	40,0	273,0	313,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	44	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	3,0					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,86	321	0,8	160,0	147,0	307,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	45	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7	3,0					5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,86	321	0,8	160,0	147,0	307,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	
	46	0,22	11,8	11,8	13,3	13,5	1,5	1,7						5,5	5,5	5,5	5,5	0,90	0,88	321	0,8	0,0	315,0	315,8	9,3	9,3	34,0	34,0	4,0	4,2	357	357	

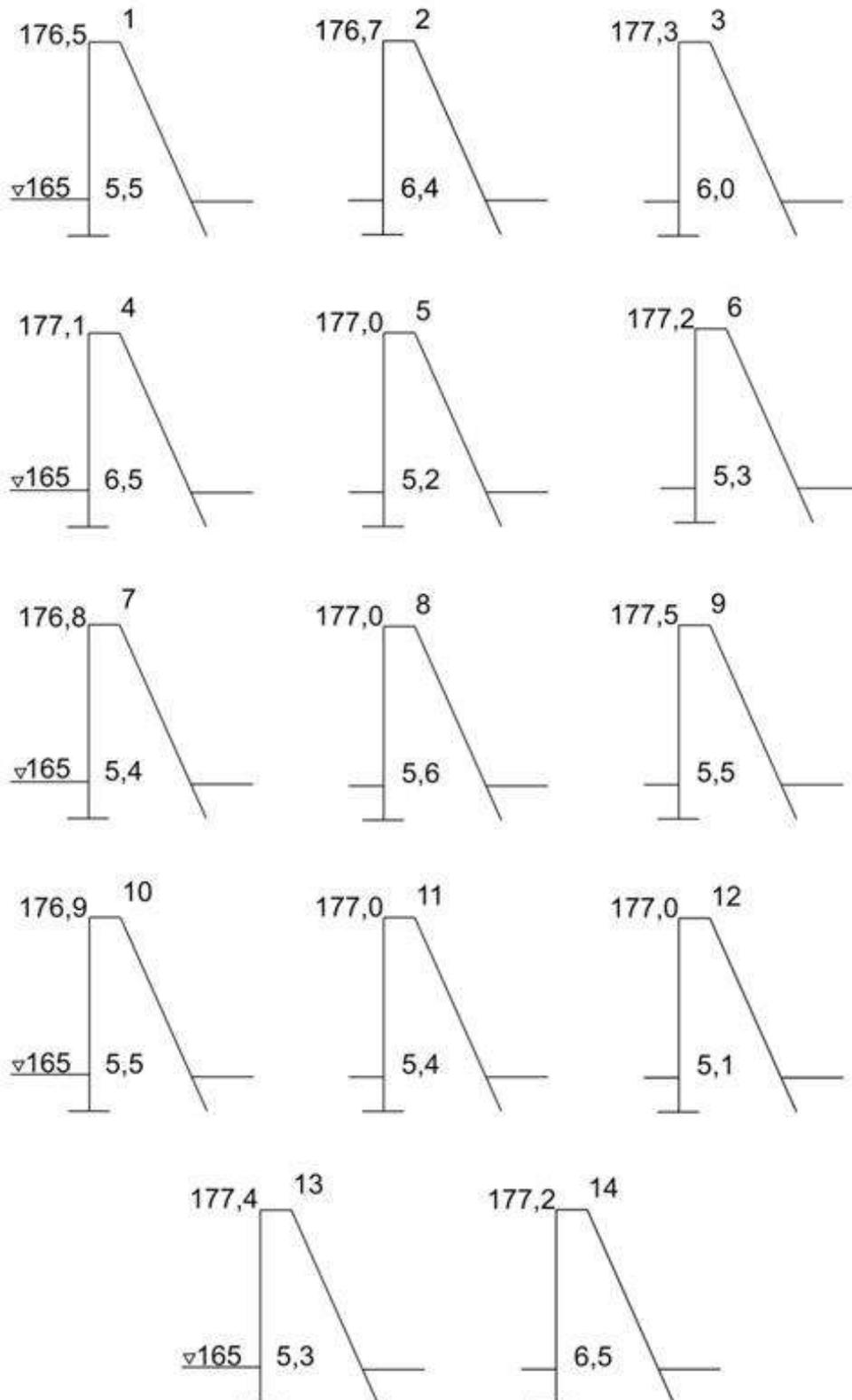
Схема расположения скважин



Поперечные профили через заряды

Схема разрезов по первому ряду

Масштаб 1 : 500



Схемы заряжания и забойки скважин (пример)

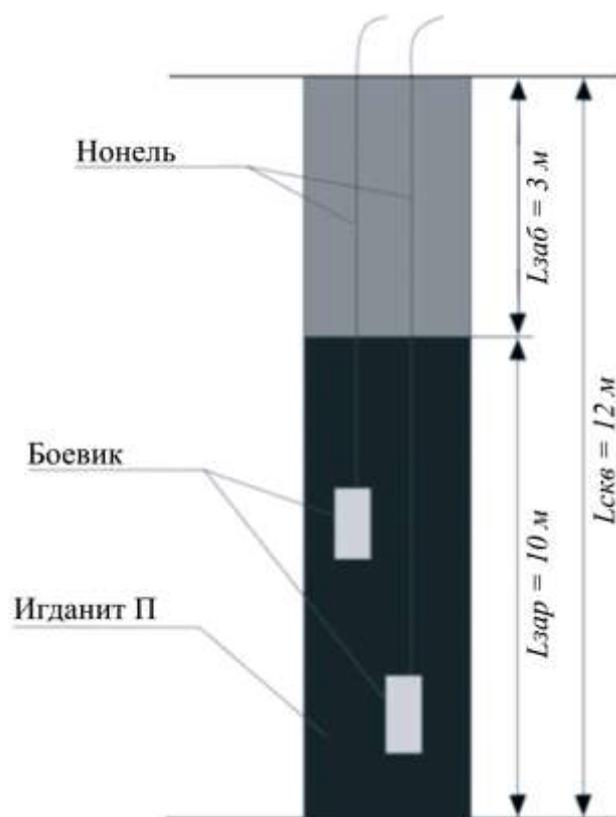


Рис. П.14.1. Конструкция заряда

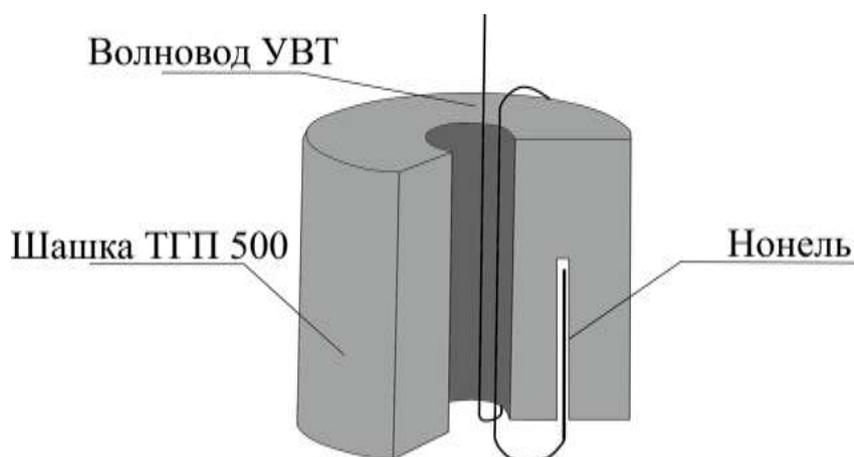
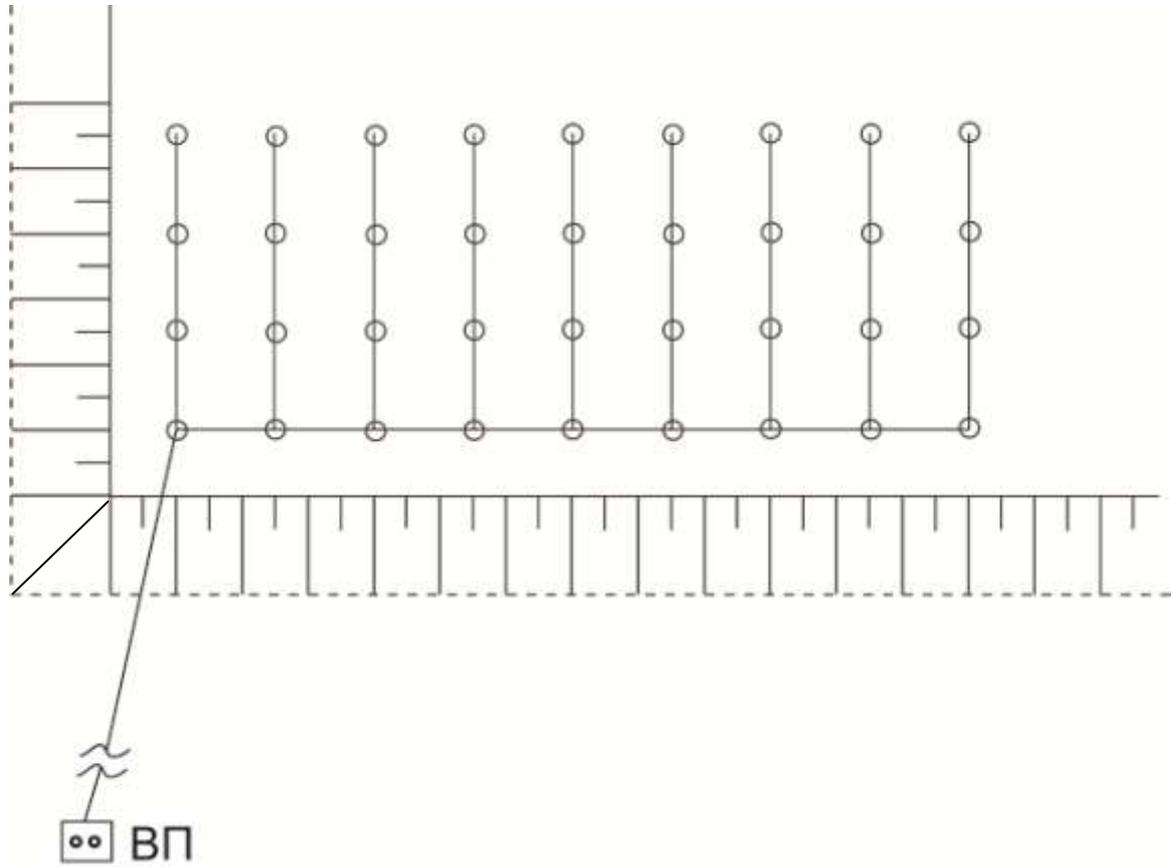


Рис. П.14.2. Конструкция боевика

Схема монтажа взрывной сети



Учебное издание

Гришин Александр Николаевич
Медведская Татьяна Михайловна

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Редактор *Л. Н. Шилова*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 17.10.2016. Формат 60 × 84 1/16

Усл. печ. л. 3,14. Тираж 66 экз. Заказ .

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.