Другая часть необходимых данных автоматически считывается из банка данных. Применительно к проектированию параметров взрывания скважинных зарядов на карьерах базовая система позволяет обосновать и выбрать следующие основные параметры:

- тип бурового оборудования и инструмента;
- тип ВВ и способ инициирования зарядов с учетом трещиноватости, взрываемости и обводненности массива и механизма взаимодействия заряда ВВ с массивом;
- параметры БВР;
- фактическую вместимость 1 м скважины;
- плотность заряжания ВВ;
- массу скважинного заряда ВВ;
- сопротивление по подошве уступа (СПП);
- расстояние между зарядами в ряду;
- расстояние между рядами скважин;
- время замедления между зарядами;
- относительное расстояние между зарядами;
- число рядов скважин;
- выход горной массы с 1 м скважин;
- расход ВВ, средств инициирования;
- расчет сопротивления электровзрывной сети;
- ширину развала взорванной горной массы;
- безопасные расстояния при взрыве по сейсмическому действию, действию УВВ и разлету кусков взорванной массы;
- расчетный гранулометрический состав взорванной горной массы;
- коэффициент разрыхления горной массы;
- оптимальную ширину «подпорной» стенки при взрывании на неубранную горную массу;
- экономические показатели БВР.

Кроме того, эта система позволяет с помощью графопостроителя строить планы и разрезы взрываемых уступов; конструкции зарядов; проект на бурение с указанием высотных отметок и глубин всех скважин; схем взрывания, положение опасной зоны и распечатывать распорядок проведения взрыва.

Подсистемы проектирования взрывов могут решать множество дополнительных задач, основными из которых являются:

1. Определение рациональных параметров взрывания и степени дробления горных пород включает следующие разделы:

- определение рациональной степени дробления по минимуму приведенных затрат на 1 м^3 полезного ископаемого (скальной вскрыши) по всем технологическим процессам добычи и переработки полезных ископаемых.

Автором не приводятся ссылки на конкретные программные продукты ввиду их большого разнообразия и постоянного совершенствования и изменения;

- определение потерь и разубоживания полезных ископаемых при различных способах взрывного дробления массива;
- определение гранулометрического состава взорванной горной массы в зависимости от технологии проведения взрывных работ;
- достигаемая степень дробления горной массы в зависимости от содержания в трещиноватом массиве отдельностей различной крупности;
- определение рационального числа взрываемых рядов скважин, оптимальные параметры развала горной массы;
- определение размеров опасной зоны при взрыве.

2. Оптимизация элементов технического проекта взрывоподготовки блоков к выемке включает:

- расчет оптимального объема взрываемого блока;
- расчет оптимального парка буровых станков с учетом бурового инструмента и буримости пород;
- выбор оптимального типа ВВ для каждого конкретного типа руды и вмещающих пород;
- определение минимального (максимального) времени обуривания блока, заряжания скважин;
- прогноз обрушаемости скважин в процессе подготовки блока к заряжанию;
- расчет оптимального парка зарядных и забоечных машин.

За рубежом компьютерные программы используют в основном для оптимизации параметров взрывания в трех направлениях:

- управление и проектирование БВР;
- экспертные оценки и прогноз результатов взрывов;
- моделирование (имитация) процессов взрыва.

Программы, связанные с управлением взрывных работ, включают накопление, обработку и анализ большого количества данных: количество скважин, массу ВВ, объем взрыва, свойства взрываемых пород, расчет параметров и т. п.

Целью этих программ является получение числовых значений конкретных параметров, для обработки которых не требуется специальных знаний. Программы этого уровня разрабатывают с учетом особенностей объекта, где ведут взрывные работы и имеют широкое распространение среди инженеров-взрывников.

Примерами программ этого направления являются программы «Lotys-123» и «Tax», позволяющие использовать данные маркшейдерских замеров для определения положения (координат) скважин. Для каждой скважины в ЭВМ вводятся отметки кровли и подошвы уступа, глубина скважины, масса заряда, длина забойки и др., вычисляются отметка верхнего торца заряда и его дна, эффективный диаметр скважины, на графопостроителе вычерчиваются планы и поперечные сечения взрываемых блоков и распечатывается вся необходимая документация на взрыв.

Выполненные таким образом расчеты и построенные разрезы позволяют оперативно проектировать и анализировать фактические параметры БВР.

Компьютерные программы, предназначенные для экспертных оценок, обычно берут начало от результатов практических наблюдений и укрупненного анализа существующих параметров и результатов взрывных работ.

Так, например, английскими экспертами выявлен ряд ориентировочных зависимостей:

- сопротивление, преодолеваемое скважинными зарядами, выраженное в метрах, примерно соответствует диаметру скважины, выраженному в дюймах;

- максимальные размеры кусков взорванной горной массы соответствуют примерно половине расстояния между скважинами;
- величина заряда в контурных скважинах должна составлять 0,2 величины зарядов в скважинах дробления и др.

Эти и другие аналогичные зависимости использованы в программе «Bobcat», предназначенной для оптимизации взрывных работ. С помощью этой программы соединяются следующие параметры и показатели:

- прочность и трещиноватость пород;
- работоспособность ВВ;
- удельный расход ВВ;
- размеры сетки взрывных скважин;
- высота уступа;
- длина колонки заряда;
- гранулометрический состав взорванной массы;
- ширина развала взорванной породы.

Типичный выход от реализации этой программы — сравнение вариантов параметров БВР и оценка целесообразности расширения (сужения) сетки скважин при использовании более (менее) мощного ВВ.

При получении плохих результатов взрыва инженер, выполнявший расчет параметров, обращается к экспертной системе, разработанной для определения причин плохого взрыва и, задав серию вопросов и указав множество параметров, имеет возможность проанализировать полученные результаты, установить наиболее вероятную причину некачественного взрыва и предложить соответствующие средства для нормализации качества взрыва.

Компьютерное моделирование действия взрыва находит применение для решения задач в заранее заданной системе, имеющей строго ограниченные рамки. Для решения таких задач необходимо моделировать вклад каждого компонента взрывного процессе при точном знании физических, химических и механических явлений, происходящих при взрыве.

Примером программы этого направления является программа «Dina» для контроля детонационных процессов взрыва скважинных зарядов. Использование этой программы привело к со-

вершенствованию фундаментальных знаний процессов инициирования зарядов и дало ряд практических рекомендаций.

Рассмотренные программные продукты предусматривают работу пользователя на ЭВМ в диалоговом режиме с распечаткой результатов всех расчетов, чертежей, схем взрывания, распорядка на взрыв, корректировочных расчетов и т. п., что обеспечивает удобство пользования этими программами и выбор оптимального варианта взрывного воздействия за короткий интервал времени.

ГЛАВА 7

МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВОВ НА ВЫБРОС И СБРОС

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Важным направлением использования взрывчатых веществ в народном хозяйстве являются взрывные работы крупных масштабов, основной задачей которых — перемещение больших объемов горной породы непосредственно самим действием взрыва без применения других средств транспорта и разработки породы.

В ряде случаев взрывные работы оказывается возможным организовать таким образом, что вся разрабатываемая порода перемещается в заданном направлении и укладывается действием взрыва. В этих случаях может быть достигнуто снижение затрат за счет существенного упрощения всей технологии работ. Кроме того, обеспечивается, как правило, резкое сокращение сроков работ по сравнению с любым другим возможным способом решения подобных задач.

Работа, проведенная трестами «Союзвзрывпром» и «Гидроспецстрой» по организации крупномасштабных взрывных работ, в основном имела целью: строительство карьеров; сооружение каналов; создание водохранилищ и возведение соответствующих плотин и дамб с возможно уменьшенной фильтрацией воды; возведение противоселевых сооружений.

При некоторых взрывах оказалось невозможным выполнить весь объем запроектированного строительства. В этих случаях требовалась досыпка сооружений породой, перемещаемой общеизвестными способами. Это, как известно, имело место при доработке профиля такой плотины, как основное звено селезащитного комплекса в долине Медео около Алма-Аты.

Необходимо отметить, что многие взрывные работы в СССР по масштабу взрываемых зарядов и объему перемещаемых масс породы существенно превосходят взрывы, осуществленные когда-либо за рубежом для мирных, созидательных целей. Кроме того, применение массовых направленных взрывов на выброс и сброс для создания крупных плотин заданного профиля по сме-

лости и оригинальности замысла и эффективности полученных результатов существенно превосходит зарубежные достижения.

Применение направленных взрывов на сброс дает возможность создавать в горных ущельях камненабросные плотины, образующие каскады водохранилищ, эффективно использующих характерный рельеф горных долин. Эти плотины, вероятно, могут быть фильтрующими, подобно природному завалу, образовавшему Сарезское озеро, где высота подпора составляет примерно 500 м и значительный поток фильтрации протекает спокойно и устойчиво уже десятки лет, не нарушая прочности каменного завала.

Перемещение породы взрывом позволяет также создавать противоселевые фильтрующие плотины, рассчитанные на то, чтобы задерживать чрезмерно высокие расходы воды при кратковременных горных наводнениях, но беспрепятственно пропускать нормальные расходы воды и постепенно сбрасывать жидкую фазу селя после его прохождения без сооружения дополнительных водосбросов. Это существенно удешевляет, упрощает и ускоряет возведение селезащитных плотин. Могут быть созданы также путем взрыва на сброс фильтрующие дамбы, которые приближаются по конструкции к обычным мостам на различных транспортных коммуникациях.

Весьма перспективно применение взрывов на выброс для создания каналов. При этом необходимо отметить, что действие взрывов снижает фильтрационные потери воды, так как уплотняет породу в ложе и бортах канала.

7.2. ВЗРЫВ НА ВЫБРОС

Взрыв производят для образования выемок заданного профиля взрыванием зарядов, рассчитанных на выброс породы.

Величина сосредоточенного заряда выброса определяется по формуле М.М. Борескова:

$$Q = q_н W^3(0{,}4 + 0{,}6n^3), \text{ кг},$$

где $q_н$ — расчетный удельный расход ВВ для нормальной воронки, кг/м^3;

W — линия наименьшего сопротивления, м;

n — показатель действия взрыва; $n = r/W$;

r — радиус воронки (рис. 7.1), м.

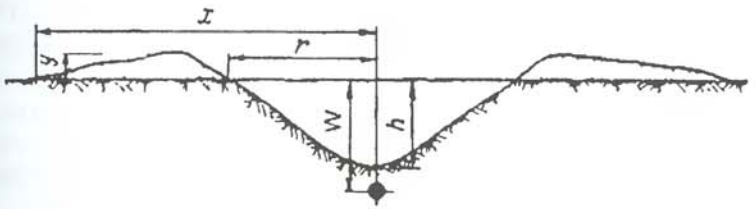


Рис. 7.1. **Схема действия заряда выброса**

При величинах ЛНС свыше 25 м сосредоточенный заряд выброса рассчитывается по формуле, увеличивая величину заряда на $\sqrt{\frac{W}{25}}$:

$$Q = q_в W^3\left(0{,}4 + 0{,}6n^3\right)\sqrt{\frac{W}{25}}, \text{ кг}.$$

Для образования выемок взрывом на выброс заряды располагают в один или несколько рядов.

При однорядном расположении расстояние между зарядами a (при условии, что $W > 1{,}5$ м) определяют по формуле

$a = 0{,}5W(n + 1)$, м.

При двухрядном или многорядном расположении и одновременном взрывании зарядов между рядами b принимают равным расстоянию между зарядами в ряду.

Если расстояния между зарядами в соседних рядах не равны между собой, то

$$b = \frac{a_1 + a_2}{2},$$

где a_1 и a_2 — расстояние между зарядами соответственно в первом и втором рядах.

При значении n от 1 до 2 видимую глубину воронки (траншеи) h (см. рисунок) определяют по формуле

$h = 0{,}33\ W(2n - 1)$, м.

В глинистых и суглинистых грунтах

$h = 0{,}45\ W(2n - 1)$, м.

В скальных породах при значениях $n > 2$ видимая глубина воронки равна ЛНС, но разрушающее действие взрыва проявляется на глубину, равную радиусу сферы сжатия $R_{сж}$:

$$R_{сж} = 0{,}062\sqrt[3]{K_у Q}, \text{ дм},$$

где $K_у$ — коэффициент пропорциональности, учитывающий свойства породы. Для скальных пород принимают $K_у = 10$.

При проектировании выемок, каналов, траншей заданного профиля показатель действия взрыва n, число рядов зарядов и расстояние между рядами определяют графически с таким расчетом, чтобы проектируемая воронка соответствовала заданному профилю выемки.

При трехрядном расположении одновременно взрываемых зарядов значение n для зарядов среднего ряда принимается больше, чем для зарядов крайних рядов, на 0,5. В случае замедленного или короткозамедленного взрывания среднего ряда показатели n его зарядов увеличивают на 0,2—0,3.

При взрывании на выброс в условиях горизонтального рельефа (см. рис. 7.1) ширину навала x и высоту навала y ориентировочно определяют по формулам:

$x = 5nW$, м;

$$y = \frac{0{,}7W}{n}, \text{ м}.$$

Направленный выброс грунта при горизонтальном рельефе местности осуществляют взрыванием не менее двух рядов зарядов *I* и *II* (рис 7.2). При этом показатель действия взрыва зарядов того ряда, который наиболее удален от направления выброса, должен быть больше на 0,5 показателя действия взрыва зарядов другого ряда.

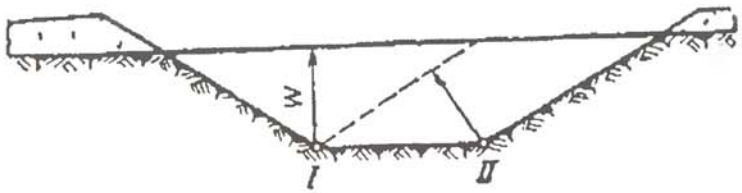


Рис. 7.2. **Односторонний направленный выброс**

Направленный выброс может быть произведен путем разновременного взрыва рядов зарядов, причем первыми взрывают заряды ближайшего ряда к направлению выброса. Число рядов для получения увеличенного выброса на одну сторону при горизонтальном рельефе рекомендуется принимать не более трех.

Расстояние между рядами зарядов при направленном выбросе находят графически так, чтобы ЛНС каждого заряда, взрываемого с замедлением, была перпендикулярна открытой поверхности, образуемой зарядами, взрываемыми с опережением, а длина ее была не больше расстояния от центра заряда до открытой поверхности по вертикали.

Величину удлиненного заряда выброса Q, ось которого параллельна открытой поверхности, определяют по формуле

$$Q = \frac{2 q_в W^2 (0{,}4 + 0{,}6n^3)}{n+1} l_{зар}, \text{ кг},$$

где W — расстояние от оси заряда до открытой поверхности, м;

$q_в$ — расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3.

Если одним удлиненным зарядом не может быть получена выемка заданного профиля (недостаточная ширина понизу), располагают параллельно два или три заряда, удаленных один от другого на величину $a = 0{,}5W(n + 1)$, м.

В зависимости от поставленной задачи заряды взрывают одновременно или с замедлением.

Параметры удлиненных зарядов выброса в скважинах (шпурах), оси которых перпендикулярны открытой поверхности, рассчитывают таким же образом, как и параметры сосредоточенных зарядов, с учетом вместимости и расположения скважин. При этом принимается следующий порядок расчета.

Вычисляют массу сосредоточенного заряда Q и расстояние между зарядами в ряду a.

Устанавливают глубину скважин:

$$L_{скв} = (1{,}1 \div 1{,}2)W, \text{ м},$$

где W — ЛНС эквивалентного сосредоточенного заряда, м.

Определяют вместимость одной скважины $Q_{скв}$ при условии ее заполнения ВВ на 2/3 глубины.

Вычисляют расстояние между скважинами: если $Q < Q_{скв}$, расстояние между скважинами $a_{скв}$ принимается равным значе-

нию a; при $Q > Q_{скв}$ скважины сближают, определив расстояние между ними по формуле

$$a_{скв} = a\frac{Q_{скв}}{Q}.$$

Величина радиуса опасной зоны (минимально безопасного расстояния) по разлету отдельных кусков породы для людей и механизмов (сооружений) при взрывании одиночного заряда определяется по табл. «Единых правил безопасности при взрывных работах» в зависимости от показателя действия взрыва заряда и величины ЛНС.

Аналогично следует поступать и при определении радиуса опасной зоны при одновременном взрывании серии (группы) зарядов. При этом исходной для определения радиуса опасной зоны является наибольшая по величине ЛНС для данной серии зарядов.

7.3. ВЗРЫВ НА СБРОС

Взрыв производят при уклоне поверхности взрываемого массива более 20° к горизонту для вскрытия или разработки полезных ископаемых, образования профильных выемок (дорог, специальных площадок), плотин, насыпей разного назначения и т. п.

В зависимости от конфигурации взрываемого массива и требований, предъявляемых к взрыву (размеры выемок, угол образуемого откоса и т. п.), расположение зарядов может быть

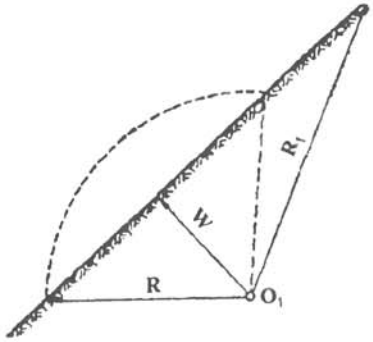


Рис. 7.3. **Схема однорядного расположения зарядов сброса**

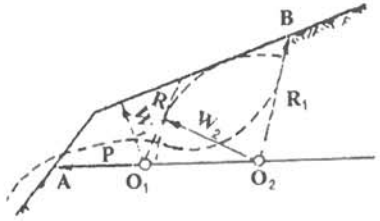


Рис. 7.4. **Схема двухрядного расположения зарядов сброса**

однорядным (рис. 7.3), двухрядным (рис. 7.4) и двухъярусным (рис. 7.5). В отдельных случаях допускается многорядное и многоярусное расположение зарядов.

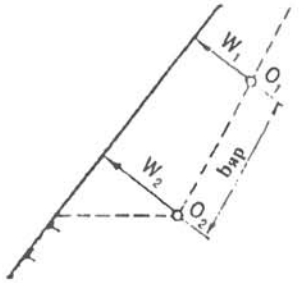


Рис. 7.5. **Схема двухъярусного расположения зарядов сброса**

Места заложения зарядов определяют графически таким образом, чтобы образующаяся выемка (с учетом действия заряда в глубь массива) вписывалась в проектный контур.

Радиус действия взрыва сосредоточенного заряда (см. рис. 7.3) определяют по формуле

$$R = W\sqrt{1+n^2}, \text{м}.$$

Радиус отрыва пород в нагорную сторону R_1 за счет обрушения откоса может превышать величину R, достигая $2W$, а на участках с падением пластов пород параллельно поверхности склона R может превышать $3W$.

Процент сброса породы при образовании полувыемки имеет максимальное значение при $R = R_1$. Под процентом сброса понимают отношение фактического объема образовавшейся взрывом выемки (в пределах проектного контура) к проектному объему, выраженное в процентах.

При двухрядном расположении заряды второго ряда помещают в вершине угла, образуемого проектируемым откосом O_2B и площадкой AO_2 (см. рис. 7.4). Оставшаяся порода на подошве характеризуется величиной P.

Положение заряда первого ряда находят из условия совмещения радиуса действия его взрыва R с проектным контуром площадки O_1A. При этом расстояние между рядами зарядов во избежание оставления порогов должно быть не больше радиуса действия взрыва заряда второго ряда.

За ЛНС заряда второго ряда принимают расстояние от его центра до проектируемой поверхности отрыва при взрыве зарядов первого ряда.

Если число рядов превышает два, графическое построение ЛНС первых рядов производят аналогичным способом с размещением зарядов от последнего ряда к первому.

Величину зарядов сброса определяют по формуле М.М. Борескова. Показатель действия взрыва зарядов n первого ряда принимают от 1 до 1,5. Значение n для зарядов второго ряда должно быть на 0,25—0,5 больше, чем для зарядов первого ряда. Как правило, заряды второго ряда взрывают с замедлением.

При устройстве профильных выемок месторасположение зарядов следует определять из условия сохранения при взрыве проектного основания выемки и получения заданных откосов. Для этого необходимо учитывать действие заряда в глубь массива, которое выражается в разрушении (рыхлении) дополнительного объема породы за пределами контура воронки (выемки).

Глубина интенсивного разрушения пород в глубь массива может быть ориентировочно определена по формуле, как для взрыва на выброс.

Расстояние между зарядами a в рядах (ярусах) определяют, как для однорядного взрыва на выброс. При различных величинах IV соседних зарядов расстояние между зарядами находят по средней величине.

При двухъярусном расположении зарядов (рис. 7.5) расстояние между ярусами $b_{яр}$ принимают в зависимости от устойчивости породы и величины n в пределах $(1{,}3 \div 1{,}6)W$ зарядов нижнего яруса. При двухрядном расположении зарядов в нижнем ярусе за величину W принимают ЛНС заряда второго ряда.

Заряды разных ярусов могут взрывать одновременно или с замедлением в направлении сверху вниз.

При однорядном (и одноярусном) расположении зарядов сброса ширина развала породы L может быть ориентировочно определена по формуле

$$L = 5nW, \text{ м}.$$

7.4. ВЗРЫВЫ НА ВЫБРОС ПЛОСКИМИ ЗАРЯДАМИ

Когда от взрыва необходимо получить максимальный метательный эффект, из всех известных методов наиболее эффективным является метод плоских систем зарядов. Под идеальным плоским зарядом обычно понимают такой заряд, длина и ширина которого значительно больше его толщины.

На практике идеальный плоский заряд заменяют эквивалентной по действию системой камерных или скважинных зарядов, которые располагают в одной плоскости на расстояниях, не превышающих некоторых предельных значений. При взрыве таких плоских систем зарядов волны сжатия от каждого заряда на весьма близком расстоянии сливаются в одну волну, которая в дальнейшем распространяется параллельно плоскости расположения зарядов и вовлекает в движение среду по тем же законам, как и при взрыве заряда с идеальной плоской формой.

Хорошей иллюстрацией действия плоских систем зарядов является взрыв многорядных камерных зарядов, применяемых для образования широких траншей и выемок. Другим примером может служить взрыв шпуровых зарядов, расположенных в одном ряду и параллельных открытой поверхности. При определенном отношении длины линии наименьшего сопротивления к диаметру заряда взрываемая порода отрывается от массива по плоскости расположения шпуровых зарядов и движется перпендикулярно этой плоскости.

Основное преимущество метода плоских зарядов по сравнению с другими известными методами заключается в том, что при взрыве порода движется по нормали к заряду, что резко повышает такие характеристики взрыва, как направленность и кучность выброса. Располагая плоский заряд под определенным углом к горизонту, можно достичь выброса породы в желаемом направлении.

Высокая кучность выброса крайне необходима на вскрышных работах, строительстве взрывным способом плотин, перемычек, каналов и других гидротехнических сооружений.

Исследования по использованию плоских систем зарядов для направленного выброса грунта в Советском Союзе впервые были начаты в Сибирском отделении АН СССР под руководством акад. М.Л. Лаврентьева.

Экспериментальная проверка этого метода подтвердила теоретические выводы, однако он требует по сравнению с обычными методами повышенных расходов ВВ и больших трудозатрат при его применении.

Для осуществления одностороннего направленного выброса возможны и другие способы применения плоских систем зарядов.

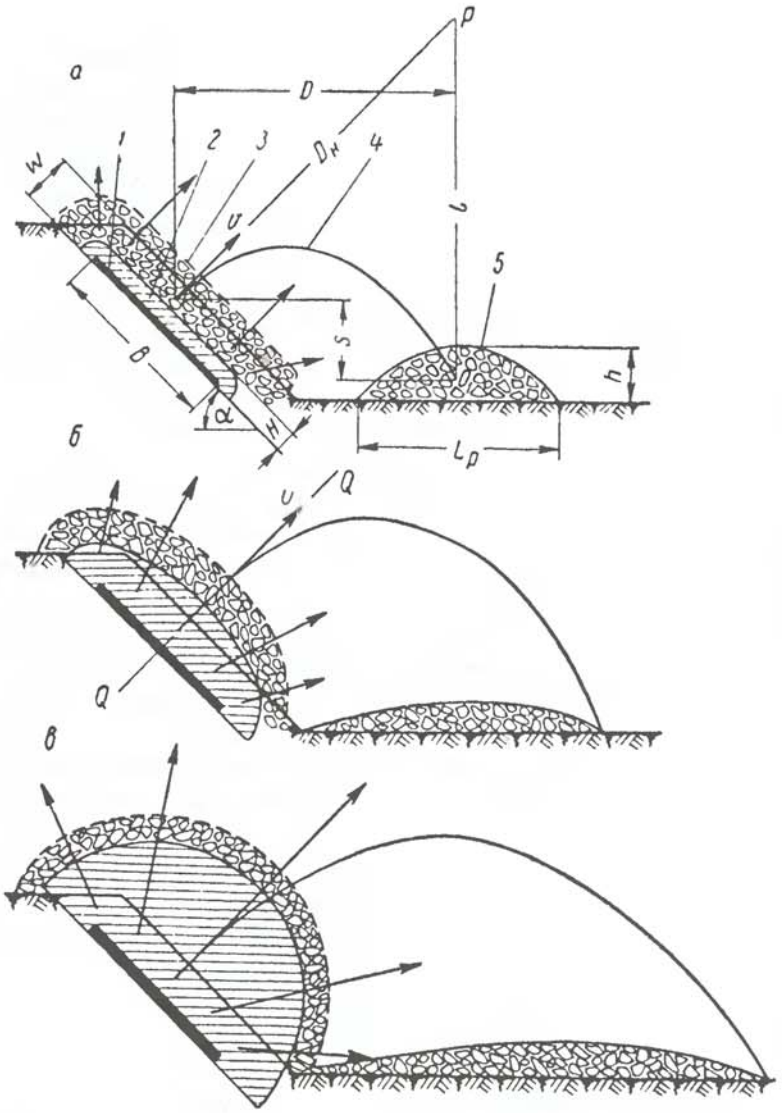


Рис. 7.6. **Схема разлета породы при взрыве плоского заряда с удельным расходом ВВ:**
а — малым; *б* — средним; *в* — большим; *1* — плоский заряд; *2* — газовая полость; *3* — свободная поверхность в конечной стадии взрыва; *4* — траектория движения центра тяжести; *5* — контур развала

В отечественной практике строительных и вскрышных работ этот метод не получил широкого распространения потому, что еще не разработаны четкие практические рекомендации по определению условий, в которых метод плоских зарядов может дать наибольший экономический эффект. Кроме того, нет более или менее полного изложения основ расчета плоских систем зарядов применительно к вскрытию полезных ископаемых и гидротехническому строительству.

Характер движения породы, выброшенной при взрыве плоского заряда, существенно зависит от соотношения между размерами плоского заряда, его массой, глубиной взрыва и углом наклона к горизонту.

Если масса плоского заряда относительно невелика, а длина и ширина значительно превышают толщину взрываемого слоя породы, то граница раздела между газообразными продуктами взрыва и движущейся породой перемещается параллельно плоскому заряду. Расширяющаяся газовая полость имеет форму тонкого параллелепипеда с закругленными торцами (рис. 7.6, *а*, заштрихованная область). В результате этого все точки объема взрываемой породы, за исключением незначительных областей, примыкающих к торцам заряда, приобретают одинаковую по величине и давлению скорость. Так как при относительно малой массе зарядов сопротивление воздуха на движении породы сказывается незначительно, то выброшенная взрывом порода движется в воздухе как одно целое. При этом можно считать, что контуры объема породы в процессе всего движения параллельны своему первоначальному положению до взрыва. Такая схематизация явления выброса близка к действительности и в значительной мере облегчает баллистические расчеты. При взрыве плоских зарядов отмеченный выше характер движения породы (так называемый плоско-параллельный выброс) имеет место при выполнении следующих условий:

$$\left.\begin{aligned} \frac{A}{quW} > 10; \\ \frac{B}{quW} > 10, \end{aligned}\right\}$$

где A и B — соответственно длина и ширина плоского заряда;
q — удельный расход ВВ;

u — удельный объем продуктов взрыва при адиабатическом их расширении до атмосферного давления;

W — толщина слоя взрываемой породы.

Под удельным расходом ВВ в выражении и в дальнейшем имеется в виду отношение суммарной массы плоской системы зарядов к некоторому расчетному объему породы, находящемуся строго по нормали к площадке, на которой расположена вся система зарядов.

ГЛАВА 8

МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В данной главе приведены методы ведения специальных видов взрывных работ. Значение этих видов взрывных работ в народном хозяйстве и объем их из года в год растут в связи с расширением области применения взрывных работ в промышленности.

8.1. МЕТОДЫ ВЗРЫВАНИЯ ПЕРЕМЫЧЕК В ВОДОЕМАХ И РЕКАХ

Скальные перемычки используют в гидротехническом строительстве для изоляции котлована от водоема или реки. Они могут быть скальными в виде участков естественного массива, насыпными или грунтовыми с камненабросной пригрузкой.

Для ликвидации перемычек составляют специальный проект и применяют взрывы: на рыхление с последующей выемкой грунта экскаваторами; на выброс — для создания первоначальной прорези, которая расширяется водным потоком; на выброс и рыхление — для образования первоначальной прорези и облегчения сноса оставшейся части перемычки; на полный выброс, когда удаляется взрывом вся масса породы.

Для бурения скважин в скальных перемычках применяют легкие шарошечные или пневмоударные станки. В грунтовых перемычках бурение скважин производится с обсадкой металлическими трубами.

На взрывание перемычки составляют проект, в котором обосновывают метод взрывания и выбор бурового оборудования.

При взрывании на рыхление (рис. 8.1) применяют, как правило, вертикальные скважины, для лучшей проработки подошвы их бурят по сближенной в 1,5 раза сетке. Расчетная глубина рыхления принимается на 0,5—1 м ниже дна.

У откоса перемычки, подпертого водой, сетка скважин уменьшается до 0,5—0,7 расчетной. Взрывание — короткозамедленное с помощью ДШ или системами СИНВ.

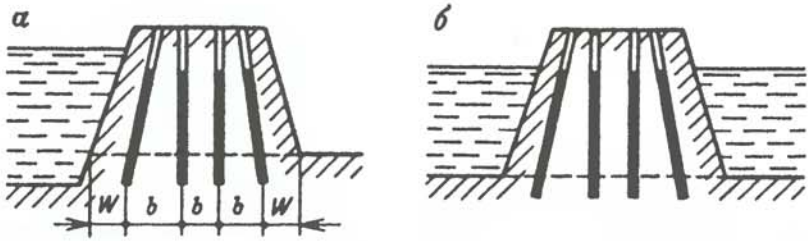


Рис. 8.1. Метод взрывания скальных перемычек при одностороннем (*а*) и при двухстороннем (*б*) подпоре воды

Для создания прорези в перемычках взрывом на выброс глубиной не более 4 м следует применять вертикальные скважинные заряды выброса, расположенные в один ряд по ее оси. При глубине больше 4 м применяют также заряды выброса, размещаемые в скважинах увеличенного диаметра. Требуемый диаметр скважин рассчитывают по формуле

$$d \geq \frac{W}{20}\sqrt{1+n^2}.$$

Для полного разрушения перемычки заряды располагают вдоль ее оси в один, два или три ряда. При однорядном и двухрядном взрывании принимают показатель действия взрыва $n = 2 \div 3$, при трехрядном $n = 2{,}5 \div 3$ в среднем ряду, $n = 2 \div 2{,}5$ — в боковых рядах.

Для защиты от действия воздушной волны в постройках выставляют оконные рамы или укрывают щитами. Наиболее ответственные части объектов (механизмы, трансформаторы, колонны и т. п.) закрывают деревянными или металлическими щитами.

8.2. МЕТОДЫ ВЗРЫВНОГО ОБРУШЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫХ ЧАСТЕЙ МАССИВОВ

Под неустойчивыми понимают нависающие части скальных массивов в крутых склонах, подсеченные тектоническими трещинами, трещинами напластования, или крупные глыбы, способные к обрушению.

Принудительное обрушение неустойчивых частей массивов проводится путем подрезки его сверху контурными скважинами или путем подбоя понизу. Если массив имеет большие размеры и состоит из крупных блоков, производится также дробление его обрушаемой части зарядами в скважинах, пробуренных сверху или (при большой мощности массива) из буровых подземных выработок.

На взрывное обрушение неустойчивых частей массива составляется специальный проект.

Для выполнения буровых работ в верхней части массива разрабатывается полка для установки буровой рамы (при использовании станков БМК-4) или горизонтальной трубы, укрепленной на забетонированных в почву стойках (при использовании станков НКР-100м). В основании массива, с двух сторон которого бурят скважины подбоя, прокладывают тропы или полувыемки.

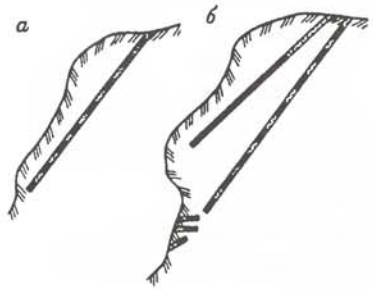


Рис. 8.2. **Технология взрывного обрушения неустойчивых участков массивов**

Если массив представляет собой небольшой по высоте разбитый трещинами блок, обычно достаточно одного ряда контурных скважин с усиленным зарядом в нижней части (рис. 8.2, *а*). При взрывании мощных и крупноблочных массивов кроме контурных скважин с верхней площадки в массиве бурят скважины рыхления (рис. 8.2, *б*).

Обычно в первую очередь взрывают заряды подбоя, через 10—15 мс — заряды контурных скважин и в последнюю очередь, также через 10—15 мс — заряды рыхления в массиве.

Бурильщики и взрывники должны работать обязательно в касках, а в местах возможных камнепадов — под навесными полками, они должны быть обучены приемам скалолазания, работе со страховочными веревками.

8.3. МЕТОДЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРЫВОМ КАМУФЛЕТНЫХ ПОЛОСТЕЙ

Этот метод применяется при сооружении подземных емкостей для хранения жидкостей и газов, ям под столбы и опоры.

Сущность работы по образованию камуфлетных полостей заключается в том, что в скважине или шпуре на требуемой глубине размещают и взрывают заряд ВВ. При этом в массиве образуется камуфлетная полость. Образование полостей целесообразно только в пластичных породах (глинах, суглинках), имеющих показатель простреливаемости свыше 100 дм^3/кг.

Для выполнения работ необходимо опытным взрывом уточнить показатель простреливаемости пород $П_{пр}$, в которых предполагается выполнять взрывы. Если выше пласта, в котором намечено образовать полости, расположены сыпучие или неустойчивые породы, бурение скважин следует вести с полной обсадкой металлическими трубами, чтобы исключить возможность прорыва неустойчивых грунтов в созданную взрывом полость.

При образовании камуфлетных полостей составляется проект на взрыв. Величину заряда (кг) рассчитывают по формуле

$$Q = \frac{V_п}{П_{пр}},$$

где $V_п$ — проектный объем полости, дм^3.

Определяют минимально допустимую глубину заложения расчетного заряда по формуле

$$W_{min} \geq \frac{2\sqrt[3]{Q}}{q_р},$$

где $q_р$ — расчетный удельный расход ВВ на единицу объема нормальной воронки взрыва (табл. 1.5, часть I учебника).

Если принятая глубина заложения заряда $W_{пр}$ меньше минимально допустимой величины W_{min}, применяют несколько прострелок, для чего определяют допустимую величину заряда по формуле

$$Q_д \leq q_р W_{min}/8.$$

После этого определяют необходимое число прострелок:

$$N_{пр} = \frac{Q}{Q_д},$$

округляя полученное число до большего целого числа.

При первой прострелке заряд может быть насыпным или в виде патрона-боевика. При многократной прострелке каждый последующий заряд готовится в виде одного патрона-боевика. При последовательной прострелке интервал между взрывами должен быть не менее 15 мин для ВВ II группы и 30 мин для ВВ других групп.

Высота забойки над прострелочным зарядом должна быть не менее удвоенной его длины.

При образовании камуфлетных полостей под сваи величину заряда рассчитывают по формуле

$$Q = \frac{R^3}{П_{пр}\,\rho_{ВВ}},$$

где R — проектный радиус уширенной пяты сваи или радиус котла, дм.

Прострелку производят сосредоточенными зарядами в виде патронов-боевиков.

Последовательность работ при установке свай на камуфлетные расширения, заполненные бетоном, приведена на рис. 8.3. При строительстве ям под столбы и опоры по оси трассы в точках установки столбов бурят скважины, в них взрывают удлиненные заряды, расширяя скважину до требуемого диаметра. Диаметр получаемой ямы пропорционален диаметру заряда. Поэтому диаметр заряда определяется по формуле

$$d_з = \sqrt{\frac{D_п^2}{П_{пр}\,\rho_{ВВ}}},$$

где $D_п$ — требуемый диаметр полости, дм;

$\rho_{ВВ}$ — плотность ВВ в заряде, кг/дм^3.

При использовании стандартных патронов диаметром 32 мм два патрона соответствуют расчетному диаметру заряда 45 мм, три патрона — 55 мм, четыре — 64 мм, пять патронов — 71 мм. Если расчетный диаметр меньше 32 мм, применяют рассредоточение заряда таким образом, чтобы масса 1 м рассредоточенного заряда соответствовала расчетному диаметру.

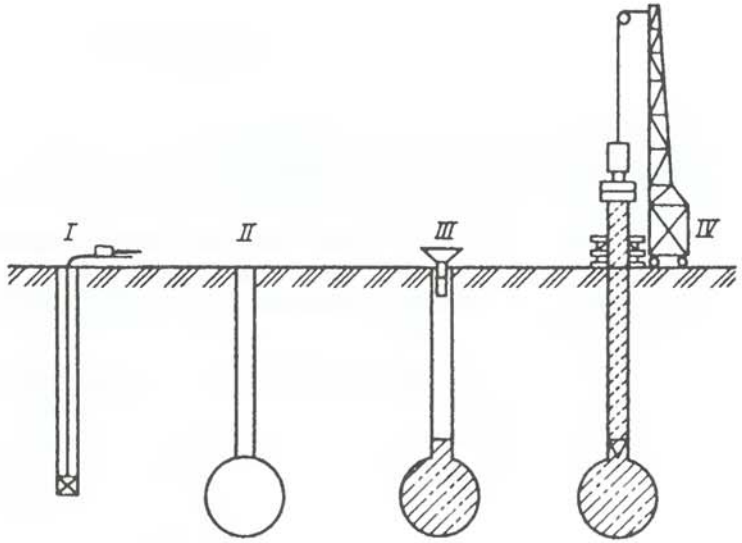


Рис. 8.3. **Технологии взрывного образования полостей:**
I, *II* — простреливание скважины и образование котлового расширения; *III* — бетонирование котлового расширения; *IV* — установка сваи

Диаметр скважины применяют в 1,5 раза большим рассчитанного диаметра заряда. Глубина скважины должна на 10% превышать проектную глубину выемки. В летний период принимают длину забойки $l_{заб} = 20d_з$. Зимой, при наличии мерзлоты, когда необходимо разрушить мерзлый слой, длину заряда принимают равной длине скважины, т. е.

$$l_з = L_{скв}.$$

Массу заряда (кг) определяют по формуле

$$Q = 0{,}785 d_з^2 l_з \rho_{ВВ}.$$

Конструкция заряда принимается в виде гирлянды патронов, к которой сбоку привязана нить ДШ. Заряд опускают в скважину на шпагате или на деревянной рейке.

Пространство между зарядами и стенками скважины должно засыпаться мелкой забойкой. Взрывание — электрическое.

8.4. МЕТОДЫ ВЗРЫВНОЙ ПОСАДКИ НАСЫПЕЙ НА БОЛОТАХ

При посадке насыпей взрывом на твердое дно торфяных болот при пересечении их строящимися шоссейными и железными дорогами необходимо:

- разрушить или удалить плотный верхний слой (кору) болота до отсыпки насыпи для обеспечения свободного ее погружения. Это выполняется взрыванием зарядов выброса, расположенных в этом слое болот;
- удалить взрывами торф, расположенный между насыпью и твердым дном. Взрывы этих зарядов разжижают и выбрасывают торф из-под насыпи, а также поднимают насыпь, обеспечивая при обратном ее падении динамический удар, необходимый для выжимания из-под нее остатков разжиженного торфа.

При глубине болот до 2,5—3 м, при снятии коры выбрасывается практически весь торф и дополнительное взрывание под насыпью не требуется.

Если болото имеет глубину более 3 м и сложено слаборазложившимся торфом, то при отсыпке в траншею насыпь зависает, не достигнув дна болота, и для окончательной ее посадки необходимо производить взрывание под насыпью.

В случае продольной отсыпки насыпей с железнодорожного транспорта вначале создают взрывом осевую траншею. Вдоль траншеи на сваях настилают путь и с него в осевую траншею отсыпают насыпь. После этого путь переносят на созданную насыпь и взрывают боковые траншеи, в которые также производят отсыпку насыпи. Если три траншеи не обеспечивают полную ширину насыпи, взрывают дополнительные боковые траншеи.

$$B_{от} = 2W,$$

где W — глубина заложения заряда. При глубине болота до 3 м $W = H$, где H — полная глубина болота. При глубоких болотах $W = 0{,}9h$, где h — мощность коры болота, но не более 3 м.

n — показатель действия взрыва, принимаемый 1,5—2,0. Полезная ширина боковых траншей, вследствие отжимания насыпью торфа, меньше осевой и составляет $B_б = 1{,}7W_н$.

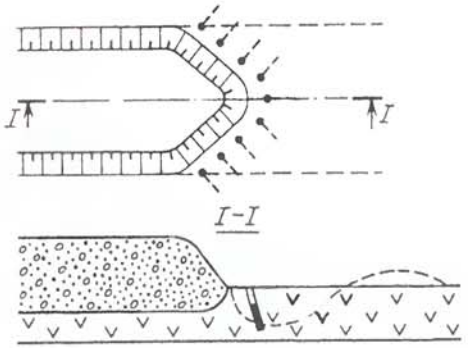


Рис. 8.4. **Схема образования взрывом траншеи на болоте лобовым способом**

При отсыпке насыпи лобовым способом применяют метод поперечных траншей. Для максимального отбрасывания торфа за пределы трассы скважины располагают елочкой (рис. 8.4).

Ввиду многократной переброски и отжимания торфяной массы полезная ширина их еще меньше и составляет $B_б = 1{,}2W_п$.

Параметры взрывных работ рассчитывают в следующем порядке.

Глубина скважины

$$L_{скв} = W/\sin\alpha, \text{ м},$$

где α — угол наклона скважины, обычно 45—50°.

Масса заряда

$$Q = q_р W^3 f(n),$$

где $q_р$ — расчетный удельный расход ВВ; в зависимости от зольности торфа составляет:

% зольности	20	30	40	50	60	70
$q_р$, кг/м³	0,58	0,59	0,61	0,65	0,71	0,81

$f(n)$ — функция показателя действия заряда, составляющая при взрывании торфов наклонными скважинами:

n	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
$f(n)$	1	1,10	1,2	1,55	2,1	2,82	3,7

Длина заряда

$$l_з = 0{,}75L.$$

Диаметр заряда

$$d_З = \sqrt{\frac{4Q}{\pi l_З \rho_{ВВ}}}.$$

Расстояние между скважинами при взрывании осевой траншеи

$$a_{ос} = W\sqrt[3]{f(n)}.$$

Расстояние между скважинами при взрывании боковых и поперечных траншей

$$a_б = 0{,}9a_{ос}.$$

Расстояние от оси траншей до линии расположения устьев скважин

$$B = \sqrt{L^2 - W^2}.$$

Взрывание траншей выполняется мгновенно с помощью детонирующего шнура.

Если в результате отсыпки насыпи в траншеи она не опустилась на твердое дно, необходимо взрывание под насыпью. При этом выполняются посадка откосов насыпи и рыхление придорожной полосы, куда выжимается торф из-под насыпи.

Взрывание под насыпью следует выполнять, когда высота насыпи более чем в два раза превысит мощность слоя торфа, оставшегося под ней (рис. 8.5). Это необходимо для того, чтобы в результате взрыва насыпь не погрузилась полностью в разжиженный торф.

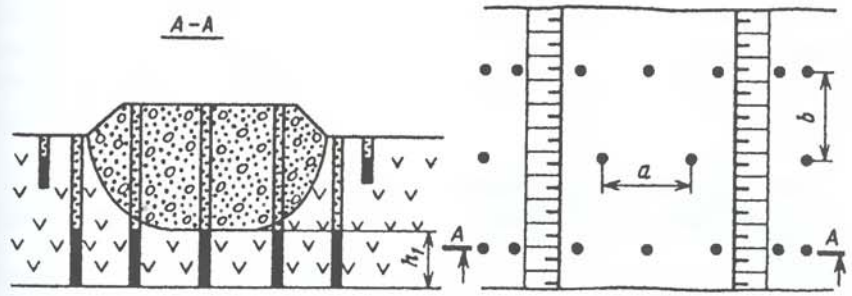


Рис. 8.5. **Метод удаления взрывом торфа из-под насыпи для ее посадки на минеральное дно**

Диаметр заряда принимают 200 мм. Вблизи искусственных сооружений (мостов, труб и т. п.) диаметр уменьшается до 130—150 мм.

Длина заряда $l_з = h_1$, где h_1 — мощность слоя торфа, оставшегося под насыпью; для ориентировочных подсчетов ее можно принимать равной 2/3 слоя торфа, оставшегося после снятия коры болота.

Величина заряда

$$Q = 0{,}785 d^2 l_з \rho_{ВВ}.$$

Расстояние между скважинами в ряду и между рядами

$$a = b = 30d.$$

Для рыхления коры болота бурят скважины диаметром 50—100 мм. Глубину скважин принимают равной мощности коры болота (обычно 1,5—2 м); длину заряда принимают $l_з = 0{,}5L$.

Взрывание электродетонаторами. Сначала взрывают заряды двух рядов, ближайших к оси, затем следующие два ряда и т. д. В последнюю очередь взрывают заряды под откосами насыпи.

При наличии сооружений, ЛЭП или проводов связи предусматривают следующие меры защиты. При приближении к искусственным сооружениям диаметр зарядов под насыпью уменьшают до 150—130 мм (на участке длиной 50 м в ту и другую сторону от искусственного сооружения). При строительстве дорог вдоль ЛЭП или линии связи во время взрывания плотного покрова болот выброс грунта направляют в противоположную от проводов сторону. Для этого при методе продольных траншей пионерную траншею проводят не по оси, а по дальнему краю трассы по отношению к проводам, а скважины бурят с наклоном в обратную сторону от проводов.

8.5. МЕТОДЫ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В лесном хозяйстве с помощью взрывов выполняются корчевка пней для очистки площадей, тушение лесных пожаров. Последнее, как правило, ведется в аварийном порядке в соответ-

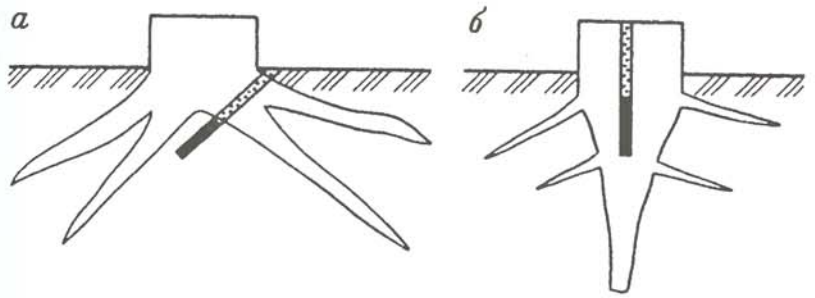


Рис. 8.6. **Схемы взрывных методов корчевки пней**

ствии со специальной инструкцией, поэтому на эти работы проекты не составляют.

На *корчевку пней* составляют паспорт буровзрывных работ.

Величина заряда и глубина бурения зависят от породы дерева, давности рубки и толщины пня. Расположение заряда: при стелющейся системе корней (ель, ольха и др.) — под центром пня (рис. 8.6, *а*), при редькообразном корне (сосна, береза, дуб и др.) — у центрального корня (рис. 8.6, *б*).

Для очистки площадей глубину скважины принимают равной 1,5 диаметра пня, при заготовке древесины пней — 2 диаметрам. При корчевке пней в каменистом грунте глубина скважины может быть уменьшена на 15—20%, в песке ее увеличивают на 15—20%. Если диаметр пня превышает 1 м, делают две скважины.

Массу заряда (г) определяют по формуле

$$Q = q_п d_п,$$

где $q_п$ — удельный расход ВВ в граммах на 1 см диаметра пня (табл. 8.1);

$d_п$ — диаметр пня, см.

При одновременной работе нескольких бригад взрывников расстояние между ними должно составлять не менее 300 м, что указывается на ситуационном плане.

При ведении взрывных работ на участках леса, покрытого кустарниками, взрывник выставляет на видном месте красный флажок. Обычно флажок ставят на высоких местах или привязывают к кустам.

Таблица 8.1

Удельный расход ВВ (г) на 1 см диаметра пня

Диаметр пня, мм	Свежая рубка			Давность рубки от 3 до 7 лет			Давность рубки свыше 7 лет		
	щебенистый грунт	суглинистый грунт	торф	щебенистый грунт	суглинистый грунт	торф	щебенистый грунт	суглинистый грунт	торф
Мягкие породы: ель, ольха, осина, пихта, сосна и др.									
200—250	16	18	10	12	14	8	10	12	6
300—350	18	20	12	14	16	10	12	14	8
400—450	20	22	14	16	18	12	14	16	10
500—550	22	24	16	18	20	14	16	18	12
600—650	24	26	18	20	22	16	18	20	14
700—800	26	28	20	22	24	18	20	22	16
Твердые породы: береза, бук, вяз, дуб, клен, ясень и др.									
200—250	18	22	12	14	16	10	12	14	8
300—350	20	24	14	16	18	12	14	16	10
400—450	22	26	16	18	20	14	16	18	12
500—550	24	28	18	20	22	16	18	20	14
600—650	26	30	20	22	24	18	20	22	16
700—800	28	32	22	24	26	20	22	24	18

Примечание. Удельный расход ВВ уточняется опытными взрывами.

8.6. МЕТОДЫ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Взрывные работы в сельском хозяйстве ведутся для взрывного плантажа почвы на косогорах с целью посадки виноградников и других культур, выращиваемых на горных склонах; для дробления валунов при расчистке полей.

Взрывной плантаж почвы предусматривает рыхление и перемешивание слоев без разброса грунта. На взрывной плантаж почвы в удаленных от населенных пунктов местах составляют паспорт буровзрывных работ, при работе вблизи населенных пунктов — проект.

Перед выполнением взрывных работ определяют мощность слоя грунта, подлежащего рыхлению, основные физико-технические свойства грунта, угол наклона, на котором предстоит работать, наличие в опасной зоне зданий, дорог, ЛЭП и т. д. Шпуры располагают рядами вдоль склона. Расстояние между рядами шпуров b и между шпурами a принимают равным $1{,}5H$. Глубину шпуров $l_ш$ принимают равной заданной глубине рыхления H (обычно 0,8÷1 м), диаметр шпуров — 44÷50 мм.

Массу зарядов рассчитывают по формуле

$$Q = q_р W^3 f(n),$$

для первого ряда (нижнего по откосу) $f(n) = 1$, а для последующих рядов $f(n) = 1/3$. Взрывание замедленное или короткозамедленное порядное.

Дробление валунов для расчистки полей. Валуны дробят на приемлемые для погрузки куски. Если валуны заглублены в почву, их необходимо выбросить на поверхность взрывом заряда подкопа.

Применяют шпуровой метод с бурением шпуров легкими бурильными молотками, работающими от передвижных компрессоров, и (если валунов мало или расположены они редко) метод накладных зарядов.

Для выброса на поверхность заглубленных валунов подкопный заряд подводится под центр тяжести валуна. Заряд принимают сосредоточенный, величиной $Q = qV_в$, где q — удельный расход ВВ, ориентировочно $q = 0{,}7\rho$, кг/м^3 (ρ — плотность валуна, т/м^3); $V_в$ — объем валуна, м^3.

В случае применения метода накладных зарядов удельный расход ВВ принимают равным 2—3 кг/м³.

Заряд располагают в углублении или по возможности на ровной поверхности, примерно над центром тяжести валуна.

Конструкция заряда — плоская, толщина слоя ВВ 20—30 мм. Забойка делается из дерна, емкости с водой толщиной в два раза большей толщины слоя ВВ. Взрывание — огневое или электрическое (при частом расположении валунов).

8.7. МЕТОДЫ ОБРАЗОВАНИЯ ТРАНШЕЙ И КАНАЛОВ ВЗРЫВОМ УДЛИНЕННЫХ ЗАРЯДОВ

В последние годы в гидромелиоративном строительстве для образования взрывом каналов в мягких грунтах глубиной до 10 м и более все шире применяется взрывание удлиненных зарядов, располагаемых параллельно земной поверхности. Для этого по оси канала землеройными машинами отрывается траншея расчетной глубины и ширины, в которую закладывается удлиненный заряд.

Глубина заложения зарядов W принимается, исходя из имеющейся для отрывки траншей техники, но не больше проектной глубины канала H.

Величину удлиненного заряда (кг) на 1 м длины траншеи рекомендуется определять по формуле:

$$Q_{\text{у}}^{1} = q_{\text{н}} W^{2}\left(n^{2} + 0{,}4n - 0{,}4\right).$$

Показатель действия взрыва рекомендуется определять по формулам института Гидроспецпроект:

для одиночного заряда

$$n = \frac{1{,}3\sqrt{S_{\text{к}}}}{W} \geq \frac{2H}{W};$$

для двух взаимодействующих зарядов

$$n = \frac{2\sqrt{8{,}1H^{2} + S_{\text{к}}} - 7{,}1H}{W} \geq \frac{2H}{W},$$

где $S_{\text{к}}$ — проектное сечение канала, м².

Расстояние между зарядами

$$a = \frac{W(n+1)}{0{,}4n + 0{,}6}, \text{ м.}$$

Видимая глубина воронки

$$H_{\text{в}} = 0{,}5nW, \text{ м.}$$

Используют бестротиловые ВВ (игданит, гранулиты) или списанные с вооружения боеприпасы. После заряжания траншею засыпают грунтом с помощью бульдозеров или других машин.

При сооружении каналов небольшой глубины (1—2 м) заряд помещают в толстостенный полиэтиленовый шланг и специальным лемехом, установленным на тракторе, заглубляют в землю.

Создают специальные высокопроизводительные средства для полной механизации работ по отрывке траншей, заряжанию и взрыванию зарядов, т. е. использования непрерывной (поточной) взрывной технологии сооружения мелиоративных траншей.

8.8. МЕТОДЫ ПОДВОДНОГО ВЗРЫВАНИЯ

Одной из многочисленных областей применения энергии взрыва является дробление и перемещение горных пород под водой. Необходимость этой операции связана с разработкой месторождений твердых полезных ископаемых на дне морей и океанов, со строительством и углублением портов и каналов, проходкой подводных траншей для трубопроводов и с другими видами работ. Подводный взрыв может служить как для дробления горных пород с последующей экскавацией, так и для перемещения их (взрывы на выброс). Зачастую, несмотря на высокий расход ВВ и повышенный объем бурения, взрывы на выброс более экономичны, так как исключают дорогостоящие в подводных условиях выемочные и транспортные работы. К примеру, при расчистке русла р. Ангары в 1965—1967 гг. взрывами на выброс было удалено 5000 м³ диабазовых пород X—XI групп по СНиП. Взрывание выполнено на глубине 0,5—1,5 м при скорости течения до 5 м/с. Удельный расход ВВ (алюмотола) — до 14,1 кг/м³, что превышает максимальный удельный расход ВВ при обычном подводном взрывании. Но, несмотря

на увеличение расхода ВМ, стоимость работ по новой технологии ниже, чем при механизированной уборке породы. Влияние воды на размеры и форму образующихся при взрыве полостей огромно. Характерным примером является приведенный на рис. 8.7 профиль воронки, образовавшейся при взрыве заряда в кораллах.

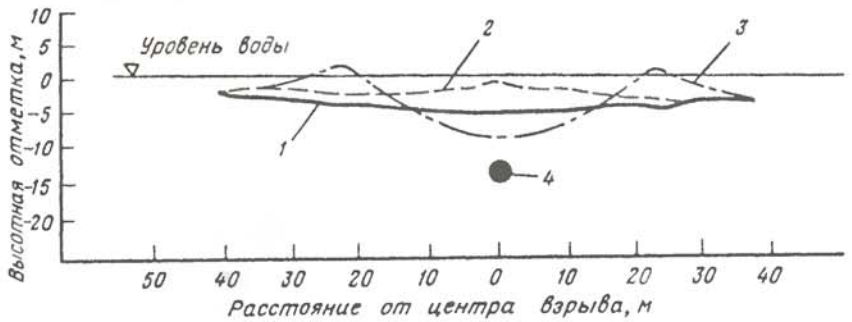


Рис. 8.7. **Изменение профиля воронки при подводном взрывании заряда массой 10 т:**
1 — профиль воронки; *2* — профиль дна перед взрывом; *3* — профиль воронки от наземного взрыва; *4* — заряд ВВ

При выборе параметров подводных взрывов на дробление необходимо учитывать тип погрузочного оборудования, требуемую степень дробления, тип горной породы и ее мощность, глубину воды, течение и погодные условия. Выбор рационального удельного расхода ВВ может быть решен только экспериментами. Предельные значения удельного расхода ВВ в зависимости от применяемого погрузочного оборудования и требуемой для него степени дробления для разных пород приведены в табл. 8.2.

При незначительных отклонениях от оптимальных параметров взрывных работ значения удельного расхода могут резко возрастать. Так, при взрывной отбойке гипсов с коэффициентом крепости $f = 3 \div 5$ на глубине 8 м при изменении длины скважин с 2 до 8 м удельный расход ВВ возрастает с 1,1 до 3 кг/м^3, а затраты на буровзрывные работы увеличиваются до трех раз.

При увеличении глубины воды, на которой выполняется взрывание, удельный расход ВВ и затраты на буровзрывные работы возрастают.

Таблица 8.2

Экскаватор	Максимальный размер кондиционного куска, мм	Удельный расход ВВ, кг/м^3	
		в слабых породах	в крепких породах
Многочерпаковый	600	0,9	3,0
Роторный	300	1,2	3,0
Грейферный	450	1,1	2,4
Драглайн	750	0,6	2,8

Влияние водной среды на процесс разрушения. Известно, что комплексным показателем, отражающим влияние свойств среды на сопротивляемость действию взрыва, является акустическая жесткость. С ее увеличением возрастает значение ударных волн в процессе разрушения.

Основными факторами, определяющими действие воды на взрывную волну, являются: рассеяние энергии волны напряжения на контакте порода — вода; гидростатическое давление, препятствующее сдвижению границы разрушаемого массива.

Потери энергии из-за рассеяния волны напряжения в слое покрывающего материала зависят от отношения акустических жесткостей среды и воды $m = \rho_0 c_0/(\rho_c c_c)$, где ρ_0, c_0 и ρ_c, c_c — соответственно плотность и скорость звука в среде и в воде.

К примеру, для границы раздела гранит — вода при $m = 7$ теряется 44% энергии взрывной волны. Чем больше акустическая жесткость породы, тем меньше энергии волны напряжений рассеивается в воде. В то же время, учитывая, что разрушение материалов с высокой акустической жесткостью происходит под воздействием взрывных волн на открытую поверхность, влияние рассеяния энергии для таких пород следует ожидать наиболее значительным.

Влияние гидростатического давления в процессе разрушения. На первоначальных стадиях развития взрыва оно оказывает положительное действие, препятствует процессу раскрытия трещин, что обеспечивает более полное прохождение волны напряжений во все точки массива.

Но в последующие моменты, при раскрытии трещин и сдвижений массива под воздействием взрыва, гидростатическое давление играет отрицательную роль, так как необходима дополни-

тельная энергия на его преодоление. При этом вода при больших скоростях нагружения (смещения) приближается по свойствам к несжимаемому телу (особенно в начальной стадии) и резко ухудшает эффективность разрушения пород с увеличением глубины. Максимальная эффективность взрыва достигается лишь при свободной подвижке породы по направлению ЛНС.

Отбойка пород небольшими слоями малопроизводительна, так как в подводных условиях выгоднее обуривать и взрывать уступы большой высоты. Разработка методов ведения подводных взрывных работ, позволяющих эффективно разрушать уступы высотой 8—15 м, весьма актуальна. При этом наиболее важным является создание условий для свободной подвижки породы под водой. Это может быть достигнуто образованием газовых полостей при взрывании зарядов перед поверхностью уступа, на которые можно направлять последующую отбойку породы (рис. 8.8, *а*). Возможно применение пузырьковых завес, снижающих плотность, а следовательно, и противодавление воды. Для создания такой завесы воздух можно подавать по шлангам к подножию разрушаемого уступа, можно использовать пиротехнические газогенераторы, интенсивно выделяющие CO_2 и O_2 при инициировании (рис. 8.8, *б*).

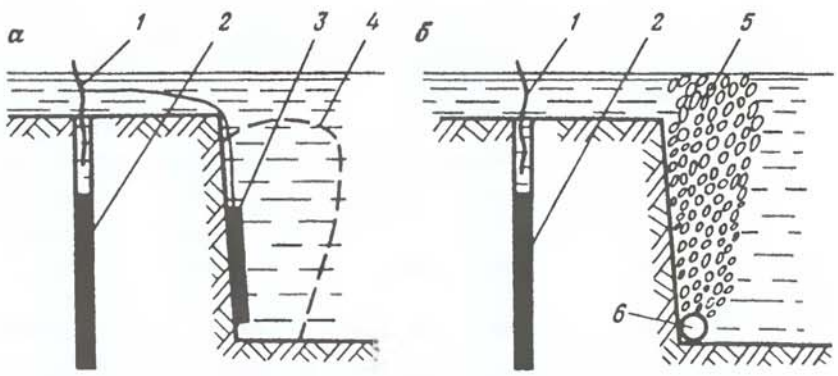


Рис. 8.8. **Создание газообразных объемов на открытой поверхности массива при подводном взрывании:**
а — с помощью зарядов ВВ; *б* — пузырьковой завесой; *1* — инициатор; *2* — заряд дробления; *3* — заряд для создания газообразной полости *4*; *5* — пузырьковая завеса; *6* — перфорированный шланг подачи воздуха

Методы бурения и заряжания. Под водой применяется техника, аналогичная наземной, с поправками на более высокую плотность среды, в которой выполняется работа. Применяют три варианта ведения буровзрывных работ: 1) для бурения и заряжания скважин (шпуров) используют бурильные молотки или гусеничные буровые установки; 2) бурение и заряжание с платформ или плавучих барж; 3) размещение зарядов на дне водоема, т. е. взрывание наружными зарядами.

Первый вариант применяется при небольших глубинах и малых объемах работ, при взрывании вблизи чувствительных к взрывным воздействиям сооружений. Целесообразно его применение при контурном взрывании.

Второй вариант наиболее распространен при ведении подводных взрывных работ. Выбор бурового оборудования зависит от глубины воды, погодных условий и объема работ. Обычно взрываемая порода покрыта слоем наносов, бурение и заряжание в этом случае ведется по способу Линде.

Вначале в грунт с палубы забуривается осадная труба *I*, через которую производится бурение скважины *II* (рис. 8.9). После извлечения бурового инструмента *III* в скважину с помощью

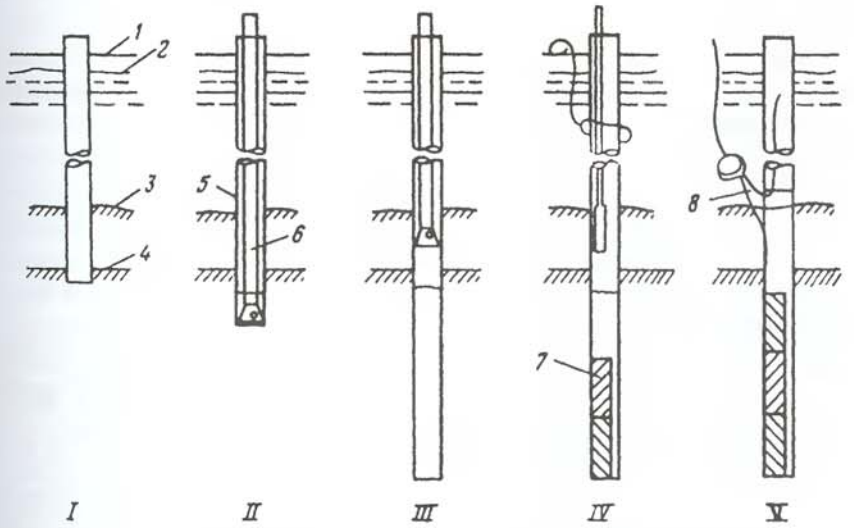


Рис. 8.9. **Последовательность подводного заряжания скважин по методу Линде**

штанги опускается монозаряд или патроны *IV*, вводится боевик с детонирующим шнуром и выполняется забойка. На обсадную трубу опускается петля, которой удерживается детонирующий шнур после извлечения обсадной трубы на поверхность *V*. Жесткие монозаряды целесообразно применять для заряжания скважин в сильнотрещиноватых мягких породах. В остальных случаях возможно применение водоустойчивых гранулированных и эмульсионных ВВ. При использовании гранулированных ВВ плотность заряжания рекомендуется повышать с помощью пневматических зарядчиков.

В некоторых случаях, когда невозможно или нецелесообразно бурить скважины (шпуры) для размещения зарядов, применяют накладные заряды. Применение этого варианта в основном ограничено некрепкими породами при мощности разрушаемого слоя, не превышающего 0,5 м. Для его применения не требуется больших капитальных затрат, кроме того, он позволяет выполнять работы быстро и практически при любых погодных условиях. Но из-за неблагоприятного воздействия на окружающую среду (сильные гидроударные волны и рассеяние продуктов взрыва в воде) и высокого удельного расхода ВВ объем работ, выполняемых по этому варианту, снижается.

Накладные заряды эффективно используют в породах некрепких с $f \le 4$ по проф. М.М. Протодьяконову и рассчитывают по формуле

$$Q = q_{\text{рн}} S W,$$

где W — глубина рыхления, обычно составляет 0,3—0,5 м;

S — взрываемая площадь участка, м.

Значения для накладных зарядов $q_{\text{рн}}$ и зарядов рыхления $q_{\text{рр}}$ принимают в следующих пределах:

Породы, f	2	4	6	8	10	14	18	20
$q_{\text{рн}}$, кг/м^3	20	30	40	70	100	150	200	300
$q_{\text{рр}}$, кг/м^3	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	1,8	2	2,2

При глубине заложения зарядов под водой H больше $2W$ расчетный расход ВВ корректируется по формуле:

$$q_{\text{рр}} = 1 + \frac{2 - H/W}{3}.$$

Расстояние между накладными зарядами принимают $(3 \div 3{,}5)W$. Расчет скважинных (шпуровых) зарядов производят как для условий взрывания с одной открытой поверхностью, а удельный расход ВВ $q_{\text{рр}}$ принимают от 0,9 до 2,2 кг/м^3 и уточняют опытными взрывами.

Для инициирования зарядов при подводном взрывании обычно применяют детонирующий шнур ДШВ, в качестве боевиков — тротиловые шашки. Особое внимание следует уделять влагоизоляции концов и мест скрутки ДШ.

Значительно реже применяется электрическое инициирование.

Трудности, связанные с тщательной изоляцией от воды мест скрутки проводов, а также их чувствительность к механическим воздействиям зачастую непреодолимы. Следует отметить применение в Японии принципиально нового метода электрического взрывания — электромагнитного. Инициирование по этому методу выполняется с помощью электродвижущей силы, наведенной в цепи электромагнитным полем. Благодаря отсутствию магистральных проводов этот метод особенно эффективен при высоких скоростях течения воды.

Воздействие взрыва на окружающую среду. Основными вредными воздействиями подводных взрывов на окружающую среду являются: гидроударная волна, сейсмическое давление, загрязнение ядовитыми взрывчатыми веществами, продуктами взрыва и донными отложениями. Для небольших водоемов может быть значительным воздействие гравитационной волны.

Наиболее неблагоприятное действие оказывает взрыв накладных зарядов. Известно, что давление гидроударной волны от взрыва заряда в скважине составляет лишь 10—14% от давления при взрыве накладного заряда.

Единственным средством для снижения сейсмического действия взрыва является уменьшение суммарного заряда или применение короткозамедленного взрывания.

Для снижения давления гидроударной волны наиболее эффективным средством является пузырьковая завеса (см. рис. 8.8, *б*), которая, кроме того, создает заслон растеканию ядовитых отходов

ВВ и донной мути. Возможно применение и других средств гашения гидроударной волны. Предлагается на поверхность взрываемого скального грунта укладывать буферное устройство, состоящее из проволочного гибкого каркаса, наполненного упругими шарообразными телами. Эффективное гашение энергии взрывной волны достигается вследствие ее погашения упругими шарообразными телами и в результате многократного отражения от поверхности этих тел.

Особое внимание при подводном взрывании следует уделять последовательности инициирования зарядов и опасности передачи детонации через влияние. Чтобы избежать этого, рекомендуется оставлять незаряженной около $15d_з$ верхней части скважины.

8.9. МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ДОБЫЧЕ ШТУЧНОГО КАМНЯ

Взрывной метод отделения блоков камня от массива применяется при добыче штучного камня, предназначенного для изготовления тесаных и полированных изделий, не допускающих наличия в них волосяных трещин.

Для обеспечения наибольшего выхода блоков из горной массы нужно соблюдать следующие основные правила:

- взрывание шпуровых зарядов проводить при трех открытых поверхностях;
- шпуры располагать вдоль вертикальных трещин или параллельно направлению наилучшего раскола породы.

Расстояние между шпурами в ряду подбирают опытным путем, начиная с 0,2—0,3 м. Диаметр шпура следует принимать не более 35 мм. Недопустимы недобур и перебур по отношению к горизонтальной трещине, являющейся подошвой монолита.

Расчет суммарной массы зарядов на отрыв блока производится по формуле:

$$Q = q_ш V,$$

где $q_ш$ — удельный расход дымного пороха, кг/м^3;

V — объем отрываемого блока, м^3.

Величина $q_ш$ принимается для дымного пороха в пределах 0,05—0,3 кг/м . Массу заряда в одном шпуре уточняют пробными взрывами.

Взрывание пороховых зарядов осуществляется с помощью ОШ или электровоспламенителей. Инициирующий конец шнура завязывают узлом и на сгибах надрезают. Свободную от заряда часть шпура заполняют забоечным материалом, для чего на порох накладывают небольшой бумажный пыж, поверх которого помещают 1—2 глиняных пыжа, уплотняемых забойником. Остальную часть шпура над глиной забивают измельченной породой.

Главным недостатком применения дымного пороха является его высокая чувствительность к огню, искрам. Потому применяют дополнительные меры, указанные в Единых правилах безопасности при взрывных работах, исключающие образование искр при работах с дымным порохом (применение неискрящихся инструментов, обуви и т. д.). В настоящее время дымный порох при добыче штучных блоков все больше заменяют детонирующим шнуром, одна или две нити которого помещают в шпуры и взрывают (рис. 8.10).

Шпуры недобуривают до нижней плоскости монолита на 10% его высоты. Рекомендуемое расстояние между шпурами (при условии $l/H = 0{,}9$; $N(N + 2) = 0{,}8$; $l > 0{,}6$ м; $d_ш \geq 35$ мм) с учетом направления раскола по отношению к слоистости выбирается следующим:

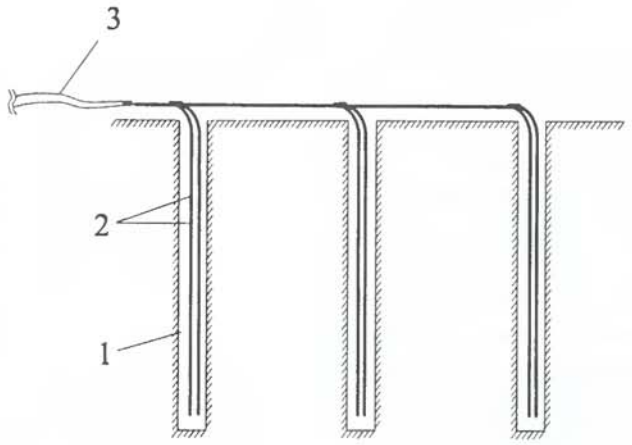


Рис. 8.10. **Отбойка блочного камня шпурами *1*, заряженными ДШ *2*, инициируемыми ЭД *3***

перпендикулярное

$a = 0{,}18 \div 0{,}21$ м;

под углом 45°

$a = 0{,}4 \div 0{,}45$ м,

где l — глубина шпура, м; H — высота монолита, м; N — число шпуров в линии откола; n — число нитей ДШ в шпуре.

При взрывании одной нити в шпуре расстояние между шпурами принимается с коэффициентом 0,6.

Для зарядов из двух нитей рекомендуется минимальная ширина выкалываемого блока B с учетом направления раскола по отношению к слоистости:

- перпендикулярное: $B = 1{,}3 \div 1{,}2$ м;
- под углом 45°: $B = 1{,}1 \div 0{,}8$ м;
- параллельное: $B = 0{,}6$ м.

При значениях B меньше указанных следует помещать в шпур одну нить или чередовать в шпурах заряды из одной и двух нитей ДШ. Заряды в одной плоскости раскола взрывают одновременно. При необходимости раскола монолита по нескольким параллельным плоскостям следует взрывать заряды ДШ в каждой плоскости отдельно или с замедлением не менее 200 мс.

При отделении монолитов из массива на уровне подошвы уступа камнерезными машинами СМ-177 А делается горизонтальный пропил глубиной 1 м. Плоскость вертикальных шпуров совпадает с концом горизонтального пропила. Вместо горизонтального пропила можно бурить горизонтальные шпуры. В этом случае ширина выкалываемого монолита может быть увеличена до 1,5 м. Бурение горизонтальных шпуров рекомендуется в крепких мраморах, в которых применение камнерезных машин становится неэффективным. Обеспечение сохранности мрамора достигается ограничением удельного расхода ВВ величиной 0,1 кг/м^3.

Заряды в шпурах вертикальной и горизонтальной плоскостей взрывают одновременно.

При выкалывании монолитов взрыванием ДШ в скважинах высота уступа достигает 10 м. Скважины диаметром 105 мм бурятся до подошвы уступа. В подошве уступа бурятся горизонтальные шпуры глубиной 1,2—1,5 м, соответствующей ширине

выкалываемого монолита. Шпуры заряжают тремя, а скважины семью нитями ДШ. При высоте уступа свыше 6 м призабойную часть скважины заряжают девятью нитями ДШ.

Расстояние между шпурами 0,2—0,3 м, между скважинами 0,7—0,8 м. Выход блоков не уменьшается по сравнению с их добычей камнерезными машинами (25%), так же как и выход плит из блоков (12 м^2/м^3), а при правильном ведении взрывов может даже увеличиваться, т. к. при этом блоки выкалываются строго по трещинам, а камнерезной машиной они могут разрезаться на части в соответствии с линией ее движения по уступу.

В последние годы все шире для отбойки штучных блоков применяют невзрывные расширяющиеся при затвердении средства (НРС). При этом шпуры бурят по сближенной сетке (через 20—40 см), заполняют их раствором НРС, и после его отвердения блок в плоскостях обуривания выкалывается без всяких разрушений. Недостаток метода — в возможности его применения только при температуре выше 15 °С.

8.10. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛА ВЗРЫВОМ

Импульсные нагрузки, возникающие при взрыве, позволяют реализовать при обработке металлов физические процессы, не используемые в традиционных методах сварки, штамповки, упрочнения, плакирования, дробления и др.

Сварку и штамповку металла взрывом осуществляют при непосредственном контакте ВВ и металла или при передаче энергии взрыва через промежуточную среду (вода, масло, воздух).

Взрывом сваривают однородные и разнородные металлы, которые не соединяются обычными способами (сталь с медью, алюминий со сталью и другие сочетания). С помощью взрыва можно получать как биметаллические, так и многослойные соединения различных металлов. Соударение металлов при сварке взрывов происходит при значительных скоростях и сопровождается волновыми процессами на поверхности контакта. Сварку массивных деталей осуществляют контактным методом, а листы металла и фольгу соединяют, как правило, дистанционным методом с использованием промежуточной среды. Для сварки металлические пластинки устанавливают на некотором расстоянии

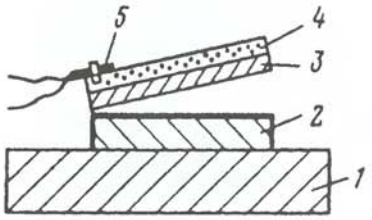


Рис. 8.11. **Установка для сварки металла взрывом:**
1 — основание; *2*, *3* — нижняя и верхняя свариваемые пластины; *4* — слой ВВ; *5* — детонатор

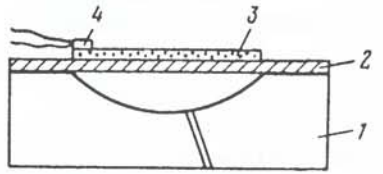


Рис. 8.12. **Установка для штамповки металла взрывом:**
1 — основание со штамповочной формой; *2* — лист-заготовка для штамповки; *3* — заряд ВВ; *4* — детонатор

параллельно или под углом 5—15° друг к другу. Нижнюю пластинку располагают на массивном основании, а на верхнюю помещают заряд ВВ (рис. 8.11). Сварку применяют для многослойных и композиционных материалов. Характерной особенностью сварки взрывом является соединение деталей по всей поверхности соприкосновения.

Штамповку металла взрывом (рис. 8.12) применяют для изготовления изделий практически неограниченных размеров. Заготовку обычно помещают на матрицу, укрепляют на ней, а заряд размещают или непосредственно на заготовке, или в передающей среде. При взрыве заряда ВВ заготовка деформируется и приобретает форму матрицы, взрыв создает высокие скорости деформации штампуемого металла и улучшает его механические свойства.

Для штамповки используют порох и мощные ВВ. Массу заряда и параметры его расположения определяют опытным путем.

Одним из перспективных методов обработки металла является упрочнение его взрывом. Упрочнение происходит при распространении в металле ударных волн. Механизм упрочнения связан с улучшением кристаллической структуры металлов при взрыве. В настоящее время упрочняют взрывом зубья ковшей экскаваторов, детали дробилок, сварные швы, траки гусеничных машин, стрелочные железнодорожные переводы и др. Обработанные взрывом детали машин обладают повышенной износостойкостью.

Для дробления металла и металлических конструкций используют наружные и шпуровые заряды. Масса наружных зарядов ВВ для перебивания металлического предмета определяется по формуле

$$Q_M = q_м S,$$

где $q_м$ — расчетный удельный расход ВВ, г/см³ ($q_м$ = 10÷30 г/см³);

S — площадь поперечного сечения перебиваемого предмета, см².

Для обработки металлов взрывом применяют специальные ВВ, характеристика которых приведена в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Показатели	Аммонит АТ	Гексопласт ГП-87К	Аммонит А-2
	Расчетные		
Теплота взрыва, кДж/кг	3700	5024	3770
Объем газов, л/кг	930	—	915
	Экспериментальные		
Плотность, г/см³	0,8—0,9	1,45—1,5	1,85—0,95
Работоспособность, см³	270—285	400—410	300—310
Критическая толщина слоя, мм	10—15	3—4	35—55
Скорость детонации, км/с	1,5—3,8	7,0—7,5	2,5—4,5

При перебивании конструкций толщиной более 15 см применяют шпуровые заряды. Диаметр шпуров 35—42 мм, а глубина 1/2+2/3 толщины конструкции. Для стальных конструкций глубина шпуров может достигать 3/4 ее толщины. Шпуры в металле выплавляют с помощью газовых горелок или высверливают электродрелью. Длина заряда в шпуре составляет 0,7 глубины шпура. Расстояние между шпурами 1—1,5 глубины шпуров, но не более 0,4 м. При взрывании полых деталей заряд размещают внутри их, а для обеспечения равномерного дробления детали всю полость заполняют влажным песком. При авариях в скважинах разрушение шарошечных долот, переходников, оставленных в скважинах, производят кумулятивными торпедами осевого действия. Для обрыва обсадных труб в скважинах используют взрывные труборезы. Для получения отверстий в листовых деталях и заготовках используют куму-

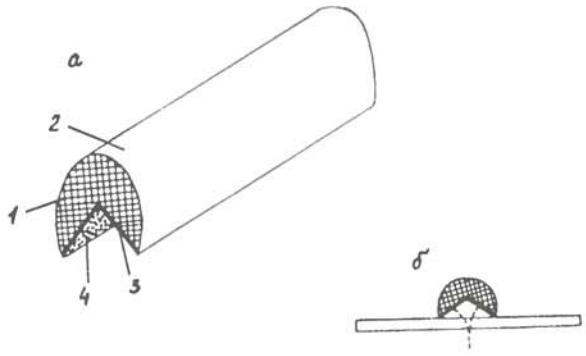


Рис. 8.13. **Схемы резки металла детонирующим шнуром с продольной кумулятивной выемкой:**
а — шнур; *1* — ВВ; *2* — пластиковая оболочка; *3* — кумулятивная выемка; *4* — армировка выемки; *б* — резка листа

лятивные заряды. Конструкции коробчатой формы и различные емкости дробят гидровзрывным способом. При этом емкость заполняют водой, внутрь ее помещают заряд ВВ и взрывают.

Для образования отверстий в трубах и резки металлических листов и конструкций взрывом применяют детонирующие шнуры с продольными кумулятивными выемками, армированными медным листом или другими материалами (рис 8.13).

Обработку металла взрывом производят на специальных площадках или в бронеямах. Взрывание производят из заглубленного блиндажа, удаленного от места взрыва не менее чем на 100 м.

8.11. МЕТОДЫ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ БОРЬБЕ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

При борьбе с лесными пожарами взрывные работы проводятся для создания:

- опорных полос для выжигания полосы перед кромкой пожара, противопожарной валки деревьев и корчевки пней;
- заградительных канав и иных противопожарных инженерных сооружений в лесу.

При выполнении взрывных работ по тушению или локализации лесных пожаров и проведении профилактических противопожарных мероприятий используют только ВВ и СИ, допущенные к применению в этих условиях.

Для проверки состояния взрывных работ, соблюдения установленного порядка перевозки, хранения, использования и учета ВМ непосредственно при ведении взрывных работ по тушению лесных пожаров авиабазы обязаны обеспечивать доставку представителей контролирующих органов на места работ задействованными на этих работах вертолетами.

Взрывные работы по локализации и тушению лесных пожаров должны проводиться в районах, удаленных от населенных пунктов, где своевременное тушение лесных пожаров другими способами не может быть обеспечено.

Руководителями взрывных работ в авиалесоохране могут назначаться специалисты подразделений авиалесоохраны, имеющие производственный стаж работы взрывником не менее 3-х лет, прошедшие обучение на специальных курсах при высших или средних специальных учебных заведениях по программе, утвержденной Министерством природопользования по согласованию с Ростехнадзором.

Руководители и исполнители взрывных работ, а также персонал складов ВМ и лица, привлекаемые к работам с ВМ, подлежат оформлению приказами по авиабазам.

Подготовка взрывников и заведующих складами ВМ должна проводиться по соответствующим программам.

Руководители взрывных работ подразделений авиалесохраны обязаны до начала пожароопасного сезона формировать в установленном порядке списки личного состава, привлекаемого к работам с ВМ, в том числе на лиц, осуществляющих разгрузку и подноску ВМ.

Обеспечение взрывных работ взрывчатыми материалами должно осуществляться, как правило, с кратковременных складов ВМ.

Для обеспечения резерва во ВМ на пожароопасный сезон авиабазы должны иметь постоянные склады ВМ — собственные или арендованные у сторонних организаций.

Перед началом очередного пожароопасного сезона авиабазы обеспечивают получение (оформление) документации на право производства взрывных работ, проектов (паспортов), складов для хранения ВМ, специально оборудованного транспорта для

перевозки ВМ к местам работ, а также подготовленного персонала, руководящего взрывными работами и осуществляющего эти работы.

Отпуск ВМ взрывникам на производство взрывных работ осуществляется по нарядам-путевкам, которые выписываются имеющим право руководства взрывными работами начальником авиаподразделения или руководителем взрывных работ авиаотделения.

По окончании работ взрывник и руководитель взрывных работ своей подписью подтверждают фактический расход ВМ.

Оставшиеся неиспользованными при тушении лесного пожара ВМ должны быть возвращены на склад, а при невозможности возврата израсходованы на профилактические мероприятия (образование минерализованных полос, противопожарных канав и других противопожарных сооружений) под руководством руководителя взрывных работ с соблюдением требований ЕПБ при взрывных работах.

В тех случаях, когда взрывник находится на пожаре и не имеет возможности получить ВМ со склада, допускается выдача их взрывнику одновременно с нарядом-путевкой через доставщика. В этом случае доставщик взрывчатых материалов получает ВМ со склада по наряду-путевке, подписанной руководителем взрывных работ. Учет расхода взрывчатых материалов ведется в Книге учета расхода ВМ, которую доставщик получает под роспись со склада ВМ.

При получении ВМ с арендного склада по наряду-накладной, она должна подписываться руководителем и главным бухгалтером авиабазы, подпись главного руководителя и главного бухгалтера подтверждаются радиограммой, подписанной этими лицами.

В этом случае в наряде-накладной вместо подписи указываются номер, дата и фамилии лиц, подписавших радиограмму. Запись подтверждается подписью лица, принявшего радиограмму.

Доставка ВМ к месту лесного пожара воздушными судами (ВС) осуществляется: вертолетами — с посадкой на выбранные с воздуха площадки и в режиме зависания с десантированием ВМ; самолетами — с десантированием ВМ на парашютах и без парашютов.

Порядок доставки ВМ к местам работ воздушными судами осуществляется согласно требованиям «Инструкции по перевозкам и десантированию опасных грузов воздушным транспортом в авиационной охране лесов».

Взрывные работы по локализации или тушению лесных пожаров необходимо выполнять путем прокладки опорных минерализованных полос перед фронтом огня, взрыванием серии шпуровых зарядов с глубиной шпуров до 0,7 м, расположенных в линию с интервалом 2—5 м, или взрыванием наружных удлиненных зарядов.

Выполнение взрывных работ должно проводиться в соответствии с инструкцией согласно проектам, учитывающим конкретные условия работ. Проекты должны быть утверждены заместителем начальника авиабазы, имеющим право руководства взрывными работами.

При привлечении к тушению лесных пожаров персонала других авиабаз взрывные работы проводятся под руководством местной авиабазы.

Валка деревьев для создания противопожарных разрывов, просек производится для локализации верховых пожаров.

При валке деревьев взрывным способом заряды помещают в подкопы, в шпуры (скважины), как при корчевке пней, валка деревьев при этом происходит вместе с корнями.

Применяют также накладные заряды, которые изготовляют в виде пакетов плоской формы и плотно привязывают шпагатом к стволам деревьев, в месте прикрепления накладных зарядов их отесывают топором.

Масса заряда определяется по формуле

$$Q = Kd,$$

где K — удельный расход ВВ, г/см;

d — диаметр ствола, см.

Удельный расход ВВ принимается для твердых и вязких пород (дуб, бук, и т. п.) в размере 1,25—1,5 г/см, для остальных пород — 1 г/см (по данным Союзвзрывпрома).

По прибытии к месту лесного пожара специально назначенный летчиком-наблюдателем руководитель тушения пожара проводит разведку его границ. Оценивая обстановку, он выясняет направления наиболее быстрого распространения огня, ско-

рость распространения, учитывает естественные преграды, расположение наиболее ценных и опасных в пожарном отношении объектов и другие особенности местности.

На основании личного осмотра места пожара руководитель тушения проводит расстановку сил так, чтобы обеспечить локализацию головной части пожара, где скорость распространения огня наибольшая, или в местах, где огонь угрожает населенным пунктам либо ценным объектам.

После остановки движения огня в головной части прокладываются опорные минерализованные полосы по флангам, и при необходимости с тыльной стороны пожара.

Прокладку опорных полос во всех случаях следует проводить в менее захламленных местах с редкой растительностью и наиболее разомкнутым древостоем, а также использовать имеющиеся преграды: реки, дороги, ручьи, просеки и тропы.

При прокладке опорных минерализованных полос шпуровым методом последовательно выполняют следующие работы: подготовка шпуров, подноска к шпурам ВВ, заряжание шпуров и их взрывание, заброска грунтом растительности в перемычках между воронками взрывов.

Для подготовки шпуров применяются штыковые лопаты, буры. Вынутый грунт используется для забойки.

Лица, привлекаемые к подноске ВВ, должны быть допущены органами внутренних дел к обращению с ВВ. В исключительных случаях разрешается привлекать для подноски ВВ мобилизованных на пожар лиц под наблюдением взрывников. Эти лица должны быть проинструктированы под роспись руководителем взрывных работ с мерами безопасности при обращении с ВВ, подаваемыми взрывниками сигналами и правилами поведения.

После подготовки шпуров непосредственный руководитель взрывных работ (инструктор парашютно-пожарной команды или группы, инструктор десантно-пожарной команды или группы) должен выделить каждой паре взрывников определенный участок, но не более чем 12 шпуров, и лично разделить участки красными флажками. Закончив подноску ВВ к шпурам, взрывники получают от старшего взрывника зажигательные трубки по числу шпуров и расходятся на рабочие места таким образом, чтобы при зарядке каждая пара двигалась навстречу друг другу. При

зарядке группой, составляющей нечетное количество взрывников, крайний взрывник движется в направлении от последней пары взрывников.

После доставки ВВ подносчики и другие лица, кроме взрывников, занятых заряжанием или монтажом, должны удаляться руководителем взрывных работ в укрытие за пределы опасной зоны. Место укрытия указывается руководителем взрывных работ, а у места возможного входа в опасную зону за ее пределами по его указанию должны быть выставлены посты охраны. После этого руководителем взрывных работ подается предупредительный сигнал (один продолжительный).

По окончании заряжания шпуров каждая пара взрывников расходится в разные стороны на выделенном участке с тем, чтобы во время поджигания зажигательных трубок двигаться навстречу друг другу. Руководитель взрывных работ лично проверяет весь участок взрыва, и, убедившись в отсутствии посторонних людей в опасной зоне, готовности взрывников, правильности заряжания, подает боевой сигнал, одновременно он поджигает контрольную трубку, а взрывники поджигают зажигательные трубки шпуровых зарядов.

После взрыва контрольной трубки взрывники обязаны немедленно удалиться за пределы опасной зоны, даже если остались незажженными зажигательные трубки некоторых зарядов.

При тушении подземных (торфяных) пожаров необходимо прокладывать сплошные канавы глубиной до минерального слоя или проявления воды. Величина заряда определяется по типовому паспорту и уточняется пробным взрывом, выполняемым под непосредственным руководством руководителя взрывных работ.

При шпуровом методе прокладки минерализованной полосы наиболее эффективным является взрывание с применением ДШ.

При тушении лесного пожара взрывники должны иметь следующие инструменты и принадлежности:

- лопаты;
- ножи;
- спички, шпагат (изоленту);
- сумки для переноски ВВ и отдельно зажигательных трубок;

- средства сигнализации (ручные сирены, сигнальные рожки, рации типа «Ромашка», «Кактус», «Транспорт-Н», «Карат-2»).

Каждая группа обеспечивается однотипными средствами связи (не менее 3-х носимых раций для руководителя взрывных работ и старшего постового). Руководитель взрывных работ и взрывники должны иметь часы с секундной стрелкой.

Для ускорения процесса взрывных работ при прокладке опорных полос могут применяться наружные шланговые заряды, а также эластичные шнуровые заряды.

При прокладке опорных полос с применением наружных зарядов последовательно выполняются следующие работы:

- разноска зарядов по намеченной трассе;
- подготовка отрезков шланговых зарядов и раскладка их по намеченной линии;
- встряхивание шлангового заряда с целью соединения патронов;
- соединение отдельных элементов шланговых зарядов;
- присоединение зажигательной трубки к шланговому заряду;
- взрывание заряда.

Руководитель взрывных работ, оценив обстановку на местности, указывает группе направление трассы опорной полосы, ее ось и центр и отдаст распоряжение о выносе шланговых зарядов от центра через каждые 20 м в обе стороны, а шнуровые заряды — с интервалом 50 м.

В зависимости от скорости прокладки опорных полос при всех способах взрывания следует отступать от кромки огня на расстояние, при котором полностью обеспечивается безопасность взрывных работ от надвигающегося фронта пожара.

Допустимое расстояние до места взрывных работ от кромки огня низового лесного пожара определяет руководитель взрывных работ с учетом скорости продвижения пожара и принимается по табл. 8.4.

Безопасные расстояния для людей по поражающему действию осколков и обломков, разрушаемых взрывами материалов при прокладке опорных полос в ходе тушения лесных пожаров,

Таблица 8.4

Вид работы	Скорость прокладки полосы, мин	Скорость распространения фронта пожара, м/мин	Минимально допустимые расстояния от зарядов до кромки пожара, м
Прокладка 100 м опорной полосы с применением ВМ бригадой из четырех чел.:			
а) шпуровым методом (с устройством шпуров лопатами, ломами) с взрыванием зарядов	45	0,25	30
		0,50	45
		1,0	65
		1,5	90
		2,0	110
		2,5	130
		3,0	155
		5,0	250
б) наружными зарядами с использованием шланговых зарядов (прокладка удлиненного заряда, соединение отрезков шлангового заряда, взрывание шлангового заряда)	15	0,25	30
		0,5	35
		1,0	40
		1,5	50
		2,0	55
		2,5	60
		3,0	65
		5,0	100
в) наружными зарядами с использованием шнуровых зарядов ЭШ-1П (прокладка удлиненного заряда, соединение отрезков шнурового заряда, взрывание шнурового заряда)	5	0,5	30
		1,0	35
		2,0	40
		3,0	50
		5,0	60

должно определяться по проекту, и в любом случае составлять не менее 50 м.

При этом допустимое минимальное расстояние 50 м при прокладке минерализованной полосы принимается только в том случае, когда минерализованная полоса прокладывается в лесу при полноте древостоя не менее 0,8. В тех случаях, когда заградительная полоса прокладывается на открытой местности, минимально допустимая величина радиуса опасной зоны должна составлять не менее 200 м.

Во многих случаях тушение лесных пожаров затруднего отсутствием воды. Институтом КНИИМ предложено в лесу по определенной схеме создавать котлованы взрывным методом, которые естественно или искусственно заполняются водой, которая во время возникновения лесных пожаров используется для борьбы с огнем. Это могут быть ручные или механизированные средства.

ГЛАВА 9

МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ И ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

9.1. МЕТОДЫ ВАЛКИ ЗДАНИЙ

При валке зданий, как правило, применяют метод шпуровых зарядов. Только для разрушения особо мощных колонн следует применять сосредоточенные заряды, размещая их в скважинах или рукавах.

Для валки здания по всему его периметру взрывом образуется подбой. Во избежание опасных зависаний отдельных элементов зданий подбой должен быть сплошным, что достигается правильным расчетом и расположением зарядов в зависимости от конструктивных особенностей объекта и материала, из которого он построен. Здания с внутренними капитальными стенами обрушают целиком или по частям. В первом случае в капитальных стенах делается сплошной горизонтальный подбой на том же уровне, что и в наружных стенах. Во втором — обрушаемая часть отрезается от оставшейся вертикальными подбоями, расположенными вдоль капитальной стены.

Перед валкой здание должно быть освобождено от деревянных частей (перекрытий, дверных и оконных проемов, внутренних переборок и т. п.). Поэтому в ходе изысканий, на основании которых составляется проект взрывной валки здания, надлежит решать следующие задачи: 1) уточнить план здания и точно замерить толщину стен, размеры оконных, дверных и других проемов, уточнить расположение и замерить основные параметры внутренних капитальных стен, вентиляционных каналов и других пустот; 2) определить прочностные характеристики материала здания (кирпичной или каменной кладки, на цементе или извести, бутобетона, железобетона и др.); 3) выяснить наличие и расположение в зоне обрушения (в радиусе, равном 1/2 высоте стен) подлежащих защите подземных коммуникаций; 4) уточнить план расположения действующих и строящихся зданий и сооружений, транспортных магистралей, воздушных линий связи, ЛЭП и других объектов в пределах опасной зоны — в радиусе не менее 100 м (рис. 9.1).

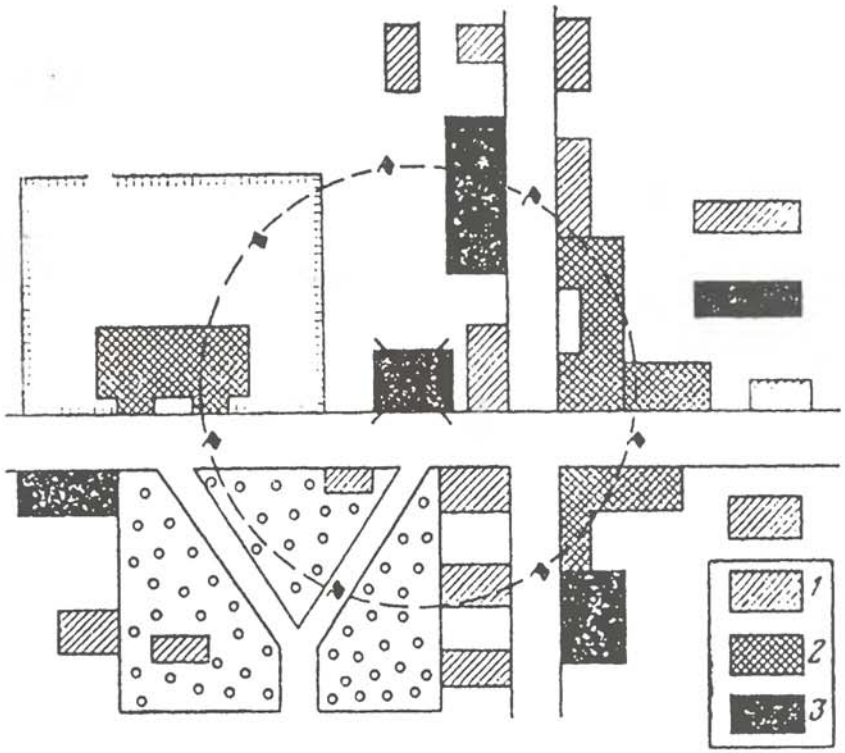


Рис. 9.1. **Ситуационный план местности при валке зданий:**
1 — действующие сооружения; *2* — строящиеся; *3* — подлежащие сносу

На взрывную валку зданий составляют проект, включающий чертежи и пояснительную записку.

На рабочих чертежах показывают расположение шпуров. В зависимости от прочности стены шпуры сплошного подбоя располагают в два или три ряда (рис. 9.2). Все шпуры подбоя располагают строго на одном уровне, причем нижний ряд должен быть расположен не ниже 0,5 м от поверхности почвы. Глубину шпуров принимают равной 2/3 толщины стен, в углах эту величину замеряют по направлению шпура.

Расстояние между шпурами в ряду определяют по формуле

$$a = 0{,}7\sqrt{p/q},$$

где p — вместимость 1 м шпура, кг;

q — удельный расход ВВ (табл. 9.1).

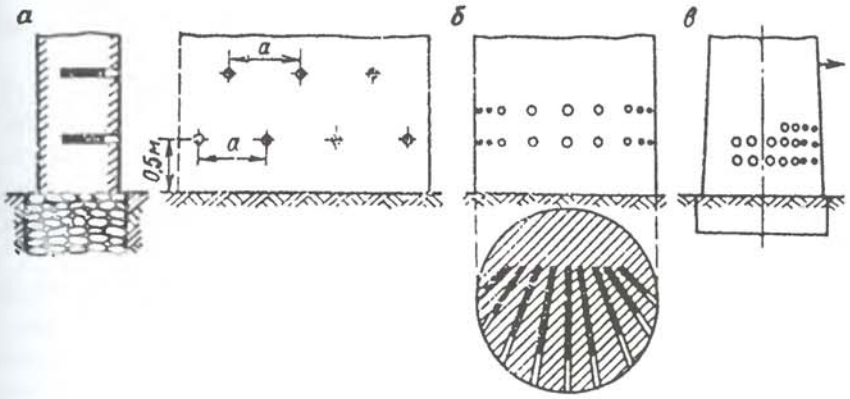


Рис. 9.2. **Схемы расположения шпуров подбоя:**
а — при валке стен; *б* — при обрушении колонн; *в* — при валке трубы

Таблица 9.1

Толщина стены и диаметр колонн, м	Удельный расход аммонита 6ЖВ (кг/м³) при кладке			
	кирпичной на известковом растворе	кирпичной на цементном растворе	бутобетонной	железобетонной
Обрушение стен				
0,45	1,8	2,0	2,1	2,2
0,5	1,6	1,8	1,9	2,0
0,6	1,3	1,5	1,6	1,8
0,7	1,2	1,3	1,5	1,6
0,75	1,1	1,2	1,3	1,4
0,8	0,9	0,9	1,1	1,3
0,9	0,8	0,9	1,0	1,2
1,0—1,2	0,7	0,8	0,9	1,1
1,3—1,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1,6—1,7	0,55	0,6	0,7	0,8
1,8—1,9	0,45	0,5	0,5	0,7
Обрушение колонн				
2,0—2,5	0,7	0,8	0,85	0,9
2,7—3,0	0,6	0,7	0,8	0,85
3,2—4,0	0,55	0,6	0,7	0,7
4,2—5,0	0,5	0,5	0,6	0,65

При применении стандартных патронов диаметром 32 мм $p = 0{,}8$ кг/м, в этом случае $a = 0{,}63\sqrt{1/q}$.

Расстояние между рядами шпуров принимают $0{,}87a$, что обеспечивает равное расстояние между всеми шпурами. Шпуры в углах стен располагают один над другим по биссектрисе угла. Шпуры, граничащие с проемами, дымоходами и другими пустотами, располагают от них на расстоянии, равном $a/2$. В узких простенках шпуры располагают со стороны проемов.

При разрушении здания по частям рассечку его производят вертикальным рядом шпуров, расположенных на таких же расстояниях один от другого, что и в рядах горизонтального подбоя.

В зданиях с колоннами или опорами заряды следует располагать на том же уровне, что и в стенах. При диаметре колонн не более 1,5 м шпуры располагают в два ряда по той же схеме, что и при образовании подбоя в стенах (рис. 9.2, *б*). При большом диаметре колонн применяют заряды в скважинах диаметром 100—150 мм, глубиной 0,7 диаметра колонн или в рукавах длиной 0,6 диаметра колонн.

На рабочих чертежах дается также схема взрывной сети. Учитывая большое число взрываемых зарядов, предпочтительнее применять сети из ДШ, которые обязательно проверяют по безопасности образуемой воздушной волны.

В пояснительной записке должны быть изложены конструктивные особенности здания, определен объем подготовительных работ, в частности бурения, и приведен расчет зарядов.

Объем обрушаемой массы здания подсчитывают по строительным чертежам.

Величину шпуровых зарядов определяют по формуле

$$Q = 0{,}5hp,$$

где h — толщина стены, м.

Величину заряда в рукаве или скважине длиной L (при обрушении колонн) определяют по формуле

$$Q = L^3 q.$$

Удельный расход ВВ приведен в табл. 9. 1.

Большое внимание должно быть уделено технике безопасности, в частности, должны быть предусмотрены защита от повреждений подземный коммуникаций, а также меры по ограничению разлета осколков. Для решения этих задач применяют следующие устройства: 1) амортизаторы, предохраняющие от повреждения подземные коммуникации (рис. 9.3), представляющие собой две насыпи из песка или щебня высотой 1 м, расположенные по обе стороны охраняемого объекта и перекрытые двойным настилом из бревен или металлических балок; 2) щиты, предотвращающие разлет (там, где требуется его ограничивать), изготавливаемые из досок толщиной не менее 50 мм. Щиты устанавливают в 50 см от стены наклонно и опирают на нее не менее чем на 50 см выше зоны дробления стены (рис. 9.4).

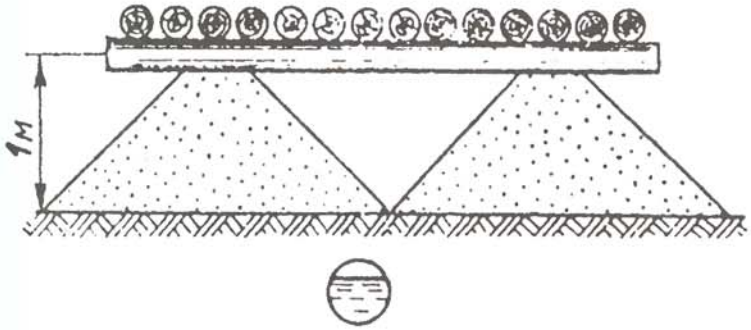


Рис. 9.3. **Амортизатор, защищающий канализационную трубу**

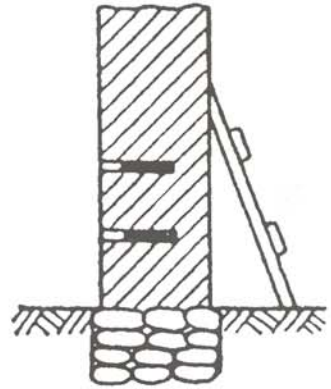


Рис. 9.4. **Схема установки щитов против линии подбоя**

Должны быть строго определены зона оцепления и число постов оцепления, необходимые для перекрытия всех возможных подходов к взрываемому зданию. Должен быть строго соблюден порядок сигнализации и связь, точно назначено время выполнения взрыва.

Проект производства работ на валку зданий в населенных пунктах должен быть согласован с органами Ростехнадзора, городским, районным или поселковыми властями, а также с милицией и пожарной охраной. О времени взрыва должны быть

оповещены население и руководители заинтересованных организаций и предприятий.

9.2. МЕТОДЫ ВЗРЫВНОЙ ВАЛКИ ТРУБ И БАШЕН

Для валки заводских труб и башен взрывом шпуровых зарядов образуют односторонний подбой, в направлении которого должна быть обрушена труба, в некоторых случаях с противоположной стороны дополнительными шпуровыми зарядами образуют подкол.

На валку труб и башен составляют такую же проектную документацию, как и на обрушение зданий. В процессе проведения изысканий устанавливают точное расположение окружающих строений, рельеф местности и наличие свободных секторов, определяющих направление валки трубы. Кроме того, в зоне падения обрушаемой массы фиксируют расположение подземных коммуникаций, которые надлежит защищать амортизаторами, расположение зданий, сооружений, дорог и других объектов, находящихся в опасной зоне.

Размещение шпуров трехрядное; два нижних ряда по длине 0,75 длины окружности трубы, а верхний ряд — 0,67 длины окружности. Вертикальная линия, соединяющая центральные шпуры каждого ряда, совпадает с направлением валки трубы. Шпуры располагают по квадратной сетке, при которой расстояние между рядами шпуров b равно расстоянию между шпурами a в ряду, т. е. $b = a = 0{,}7\sqrt{p/q}$, где p — вместимость шпура, для стандартных патронов аммонита 6ЖВ диаметром 32 мм $p = 0{,}8$ кг/м. Если есть опасение, что труба не упадет в строго заданном направлении, например, при наличии местных ослаблений кладки и т. п., применяют шпуры подкола, которые уменьшают вредное влияние местных ослаблений. Шпуры подкола бурят по длине на 0,3 диаметра трубы и располагают с противоположной от подбоя стороны на 0,7—1,0 м выше верхнего ряда шпуров подбоя (рис. 9.2, *в*). Расстояние между шпурами в ряду такое же, что и между шпурами подбоя. В отдельных случаях в целях точной укладки трубы в заданное пространство применяют тросовую натяжку трубы. Трос петлей охватывает верх трубы и идет к лебедке, установленной в направлении валки, за пределами возможного разлета. Перед взрывом трос натягивается.

Если обрушаемая труба или башня имеет жесткую связь со зданием, эту связь нарушают взрыванием вертикальных отсекающих рядов шпуров. Расстояние между шпурами в отсекающих рядах рассчитывают по той же формуле, что и расстояние между шпурами подбоя и подкола. При взрывании обычно применяют сети из ДШ, электрическое взрывание применяют реже.

Заряды рассчитывают так же, как и при валке зданий. Стоимость обрушения труб и башен подсчитывают по индивидуальным сметам, составляемым для каждого объекта, исходя из намечаемого объема работ по его обрушению.

Меры безопасности при валке труб и башен те же, что и при валке зданий.

9.3. МЕТОДЫ ВЗРЫВАНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В зависимости от средств уборки взорванной массы бетонные и железобетонные конструкции взрывают на дробление (при бульдозерной и экскаваторной уборке) или разрушают на транспортабельные куски (при уборке кранами). В зависимости от мощности бетонных массивов применяют шпуровые или скважинные заряды. Некоторые мощные сооружения, например мостовые устои, имеют специальные камеры для размещения сосредоточенных зарядов. При разрушении железобетонных конструкций толщиной менее 0,4 м применяют удлиненные накладные заряды.

Для взрывания бетонных и железобетонных конструкций составляют проект производства работ, включающий рабочие чертежи и пояснительную записку.

Если бетонное сооружение несложной конструкции расположено вдали от населенных пунктов, на его разрушение составляют паспорт буровзрывных работ.

При проведении изысканий изучают следующие вопросы: 1) характеристику материала сооружения (бетон, железобетон, частота и марка арматуры, материал заполнителя и т. п.); 2) конструкцию сооружения и мощность его или его частей, подлежащих разрушению, наличие камер для размещения зарядов и т. п.; 3) средства уборки и требования к габаритам блоков при раздел-

ке для уборки краном; 4) план расположения подлежащих защите от воздействия взрыва сооружений и коммуникаций.

При взрывном дроблении бетонных конструкций в первую очередь требуется выбрать метод работ. Если мощность бетонного массива в наименьшем измерении не достигает 5 м, применяют метод шпуровых зарядов, при мощности 5 м и более — метод скважинных зарядов, при наличии в мощных бетонных сооружениях зарядных камер — метод сосредоточенных зарядов.

Число шпуров и параметры их расположения рассчитывают в следующем порядке.

Общую величину заряда определяют по формуле

$$Q_{\text{общ}} = Vq, \text{ кг},$$

где V — объем взрываемого массива, м^3;

q — удельный расход аммонита 6ЖВ для бетона 0,45—0,55 кг/м^3.

Число шпуров

$$N = \frac{Q_{\text{общ}}}{pl_з} = \frac{Vq}{pl_з},$$

где p — вместимость 1 м шпура, кг/м;

$l_з$ — длина заряда, м; обычно составляет $0{,}52L_ш$ (здесь $L_ш$ — длина шпура, м), которая составляет в свою очередь $0{,}9H$ (здесь H — мощность взрываемого массива в направлении буримых шпуров, м). Отсюда $l_з = 0{,}45H$. Шпуры располагают по квадратной сетке равномерно по площади, с которой производится обуривание.

$$a = b = \sqrt{S/N} = 0{,}67\sqrt{p/q},$$

где S — площадь блока, в котором располагают шпуры, м^2.

В случае применения стандартных патронов из аммонита 6ЖВ диаметром 32 мм

$$a = b = 0{,}6\sqrt{1/q}.$$

В бетонных блоках высотой не более 3 м с удобной для бурения верхней площадкой шпуры целесообразно располагать из расчета взрыва блока за один прием. При большей высоте блока, а также при отсутствии удобной верхней площадки по боковой поверхности блока бурят горизонтальные шпуры.

Отбойку вертикальными шпурами ведут слоями высотой не более 2 м. Число слоев определяют графически, исходя из деления массива на равные по высоте слои, а шпуры бурят на всю высоту слоя.

В первом случае величина заряда в одном шпуре

$$Q = 0{,}45H'p,$$

во втором

$$Q = 0{,}5H'p,$$

где H' — мощность слоя, м.

Взрывание — электрическое короткозамедленное по рядной или волновой схеме. Волновую схему применяют для улучшения степени дробления и уменьшения дальности разлета. В проекте должны быть показаны электровзрывная сеть и ее расчет.

Если дробление бетона производится в непосредственной близости от действующих агрегатов, шпуры бурят по сетке $0{,}5 \times 0{,}5$ м, а в качестве заряда используют три-четыре нитки ДШ. Кроме того, в этом случае необходимо применять укрытия в виде щитов толщиной не менее 50 мм, установленных не ближе 0,50 м от укрываемого объекта. Если мощность блока превышает 5 м в наименьшем измерении, для его взрывания применяют скважинные заряды, для бурения которых наиболее целесообразно применять буровые машины НКР-100М или БМК-4. Бурение следует вести сверху вниз или с боковой поверхности. В последнем случае для удобства бурения с одной стороны установки станка скважины можно располагать веером (рис. 9.5).

Если позволяет ширина блока, скважины располагают по квадратной сетке:

$$W = a = b = (25 \div 27)d,$$

где W — расстояние от оси заряда до поверхности, м.

Глубина скважин при бурении сверху вниз должна быть на $5d$ меньше высоты блока, т. е. $L = H - 5d$, м; при бурении с боковой поверхности $L = H'' - 15d$, м, где H'' — мощность бетонного блока в направлении бурения горизонтальной или наклонной скважины, м.

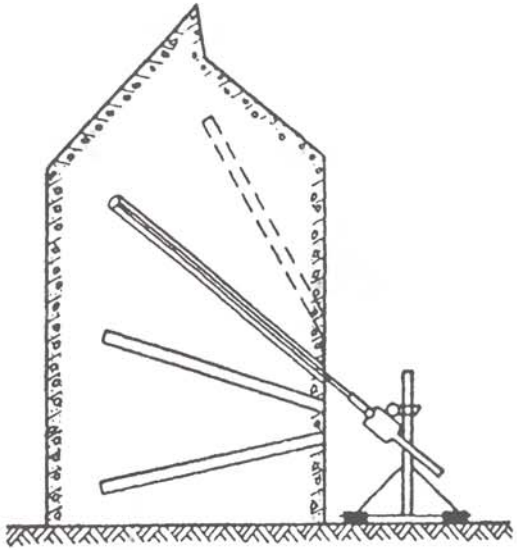


Рис. 9.5. **Веерное расположение скважин в бетонном массиве**

Число скважин на блок

$N = S/W^2$.

Величина заряда в скважине

$Q = Q_{общ}/N$, кг.

Если в бетонных блоках имеются специальные камеры для размещения зарядов, необходимо проверить, чтобы расстояние между камерами в одном блоке, а также расстояние от камеры до наиболее отдаленной открытой поверхности блока не превышали 1,4 ЛНС. В случае превышения этой величины для раздробления отдаленных от основного заряда участков блока в нем следует расположить дополнительные скважинные и шпуровые заряды. Расположение зарядов то же, что и в блоке, взрываемом только шпуровыми или скважинными зарядами.

Сосредоточенные заряды рассчитывают по формуле

$Q = W^3q$, кг.

Для бетона в зависимости от его прочности $q = 0{,}5 \div 0{,}6$ кг/м^3.

В случае, если уборку взорванного блока намечено выполнить с помощью крана, блок раскалывают на транспортабельные куски. Для этого в зависимости от мощности крана и транспортных средств определяют массу транспортабельного куска и путем его деления на плотность данного бетона (плотность бетона изменяется в пределах 2,2—2,5 т/м^3 в зависимости от пористости бетона и плотности заполнителя) определяют требуемый объем куска. После этого по блоку намечаются линии, по которым располагают шпуры. Шпуры бурят на расстоянии один от другого 40—50 см и недобуривают на 30 см до противоположной грани или на 20 см до подошвы. Диаметр шпуров принимают не менее 42 мм. Длина забойки 30 см.

В качестве ВВ рекомендуют применять детонит в патронах диаметром 24 мм. Конструкция заряда представляет собой колонку патронов, привязанных вдоль нити ДШ к тонкой рейке, на которой заряд вводят в шпур. Если нельзя применить патроны малого диаметра, применяют рассредоточенные заряды из расчета 0,4 кг/м при массе каждой части заряда 100 г (1/2 патрона диаметром 32 мм). Взрывание производят с помощью детонирующего шнура. В случае разделки на блоки сооружения, расположенного вблизи действующих агрегатов или зданий, а также при отсечке его части от массива, находящегося в эксплуатации, шпуры следует располагать через 20 см, а в качестве заряда предусматривать две-три нити ДШ.

При проектировании разрушения железобетонных конструкций взрыв рассчитывают на выбивание бетона из арматуры с последующим разрезанием ее автогеном или другими средствами. Для сокращения таких работ до минимума железобетонные конструкции разделяют на блоки транспортабельных размеров. Если толщина взрываемого массива превышает 40 см по намеченным направлениям реза, шпуры располагают на расстояниях $10—15d$ один от другого. Глубина шпуров $L_ш = 0{,}67H'$, м.

В качестве ВВ выбирают наиболее бризантные: скальный аммонит, детонит и т. п. Величину заряда определяют по формуле $Q = 0{,}8L_ш p$, кг.

Если толщина железобетонной конструкции не превышает 40 см, для выбивания бетона из арматуры по линиям реза применяют метод удлиненных накладных зарядов. Заряды располагают по направлениям реза. В качестве забойки рекомендуется песок или дерн. Толщина слоя забойки должна быть не меньше толщины заряда. Ориентировочные величины 1 м удлиненно-

го накладного заряда для разделки железобетонных перекрытий или стен следующие:

Толщина плиты, см	5	10	15	20	25	30	40
Величина заряда из аммонита 6ЖВ, кг/м	1	2	3	4	5,5	7	11

При взрывании железобетонных колонн или опор шпуры располагают в два ряда. Расстояние между шпурами в ряду и между рядами принимают равным $12d$. Величину заряда в каждом шпуре принимают равной $0{,}8L_{ш}p$, кг.

При проектировании разделки железобетонной эстакады предусматривается следующий порядок работ: взрывание, резка и уборка перекрытия, взрывание колонн и последующее их разрушение на почве.

Объем работ ($м^3$) подсчитывают по строительным чертежам или по данным обмеров в период изысканий.

Поскольку разделка бетонных и железобетонных конструкций в большинстве случаев выполняется на территории действующих предприятий, на стройплощадке или вблизи жилья, в проекте должны быть детально разработаны меры безопасности. Кроме ситуационного плана с нанесением охраняемых объектов и постов оцепления, здесь должны быть предусмотрены укрытия от разлета осколков и воздушной волны. В целях предотвращения повреждений застекления воздушной волной от взрыва наружной сети ДШ она должна присыпаться слоем песка мощностью не менее 15 см. Необходимо также составление графика производства взрывов в периоды наименьшего движения в районе взрываемого объекта.

Взрывание фундамента. Фундаменты, как правило, заглублены на определенную глубину в почву. Кроме того, взрываемые фундаменты часто расположены в зданиях (цехах), иногда среди действующих машин. Вследствие этого буровзрывным работам должны предшествовать подготовительные работы по проходке траншеи вдоль одной из сторон фундамента на всю глубину его заложения, устройству укрытий от разлета осколков и действия взрывной волны. В остальном разделка фундамента и других бетонных конструкций мало различается.

При изыскании выясняют те же вопросы с добавлением сведений о глубине заложения фундамента и категории окружающего грунта.

На чертежах должна быть показана траншея, пройденная с одной из сторон фундамента. Если фундамент можно обуривать сверху вниз, объем траншеи должен составлять около 30% объема фундамента, чтобы в общем пространстве (занятом фундаментом ниже поверхности земли и траншеей) разместился взорванный объем (с коэффициентом разрыхления около 1,3). Если фундамент необходимо обуривать с боковой поверхности, ширина траншеи должна быть 2,0—2,5 м, так как в ней нужно разместить перфоратор с метровым забурником и должно быть достаточно места для работы бурильщика.

В случае, если фундамент разделывают вблизи зданий, сооружений и машин, в проекте предусматривают специальное укрытие коробчатой формы из досок толщиной не менее 50 см.

Для взрывания части фундамента ее отрезают сближенными шпурами, пробуренными на расстояниях 0,2 м один от другого (рис. 9.6) глубиной

$$L_{ш} = H - 0{,}15, \text{ м}.$$

В качестве заряда используют три нитки ДШ. В остальном параметры буровзрывных работ для разрушения фундаментов и других бетонных конструкций те же.

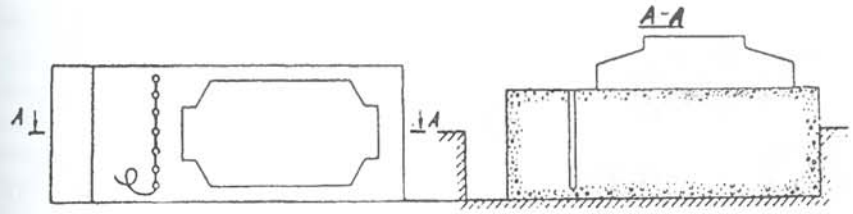


Рис. 9.6. **Схема отделения части фундамента сближенными шпуровыми зарядами**

9.4. МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВОВ ПРИ РЕМОНТЕ ДОМЕННЫХ, МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ И МИКСЕРОВ

Взрывные работы в доменных печах

Для проектирования взрывных работ в доменных печах инженер-взрывник должен иметь представление об устройстве самой доменной печи и иметь опыт производства работ в них.

Доменная печь состоит из железобетонного фундамента: горна, представляющего собой цилиндр из огнеупорной кладки, заключенный в кожух из листового железа; заплечиков — переходной зоны между распаром (самой широкой частью печи) и горном; шахты, представляющей собой металлический усеченный конус, футерованный огнеупорной кладкой; колошника с большим и малым конусами и засыпным устройством.

Поскольку взрывные работы приходится вести практически во всех частях доменной печи, следует рассмотреть их подробно.

Горн состоит из лещади нижнего горна, или металлоприемника, и верхнего горна. *Лещадь* представляет собой многослойную огнеупорную кладку в основании горна. Она все время находится под воздействием жидкого металла, который постепенно проникает в нее, образуя «козел», подлежащий разработке взрывным способом. При ремонте печи «козел» выпускают в жидком виде или, при невозможности этого, разрушают взрывным способом. Вокруг горна сделаны вырезы — амбразуры для размещения воздушных фурм, по которым в печь подается горячее дутье. Число фурм, в зависимости от размеров печи, от 8 до 16.

Для предохранения футеровки (огнеупорной кладки) печи от быстрого износа горн, заплечики, распар и большую часть шахты интенсивно охлаждают водой, циркулирующей в специальных холодильниках.

В процессе работы печи образующиеся в нижней части шахты и в основании газоотводов под колошником настыли удаляются с применением взрывных работ.

Во время капитальных ремонтов доменных печей взрывным способом обрушают огнеупорную кладку шахты и разделывают металлический «козел» в горне печи. В последние годы разработаны эффективные методы выпуска «козла» в жидком виде и взрывную разделку его практикуют все реже.

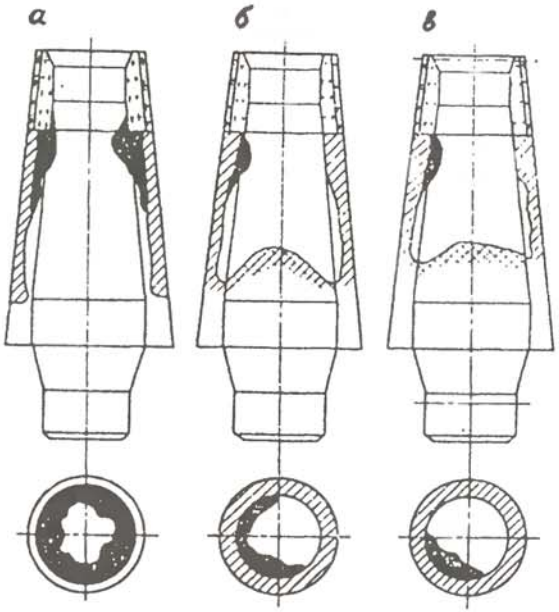


Рис. 9.7. **Схемы образования настылей в доменной печи**

Настыли обычно образуются на расстоянии 1—3 м от распара и могут быть кольцевые (рис. 9.7, *а*), полукольцевые (рис. 9.7, *б*) и односторонние (рис. 9.7, *в*). Перед составлением проекта в ходе изыскательских работ определяют положение настыли в печи по высоте и окружности шахты, а также ее мощность. На работы по удалению настылей составляют проект, в котором предусматривают следующий комплекс работ: опускание шихты в печи ниже основания настыли и присыпка шихты гранулированным шлаком; остановка печи, а после прекращения выделения газа охлаждение настыли водой. Если при поливке водой настыль не растрескивается и не обрушается, то ее обрушают буровзрывным способом.

При мощности настыли более 1,5 м ее целесообразно обрушать скважинными зарядами. Для бурения скважин в кожухе *1* шахты (рис. 9.8) вырезают отверстия 2 диаметром до 0,5 м. Расстояние между отверстиями ориентировочно принимается 1,5 мощности настыли. Глубину скважины принимают из расчета, чтобы заряд был удален от кладки не менее чем на 30 см во избежание ее повреждения. При отсутствии буровых станков вместо скважин применяют рукава (метод малокамерных зарядов).

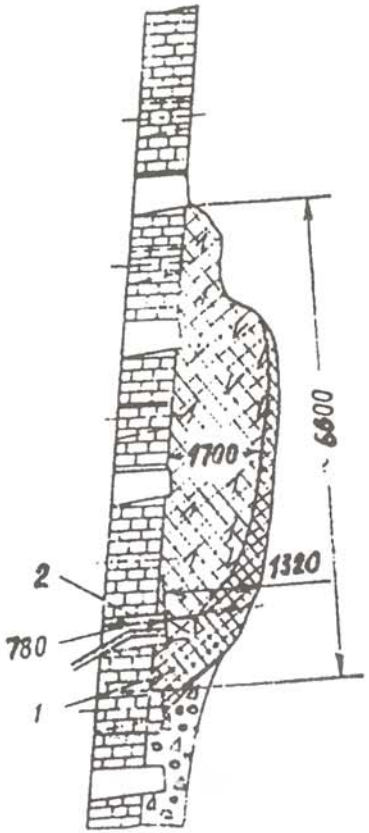


Рис. 9.8. **Схема расположения заряда при обрушении пастыли**

Величину заряда определяют по формуле $Q = 0{,}8W^3$.

В соответствии с требованиями Единых правил безопасности к взрывным работам можно приступать после охлаждения настыли до +200 °С. При этом заряды должны иметь термоизоляционную (обычно асбестовую) оболочку. Взрывание рекомендуется производить с помощью ДШ-В или ДШЭ-12. Часть ДШ, входящую в скважины, обматывают шнуровым асбестом. В качестве забойки применяют сухой песок. Взрывают одновременно по четыре-пять зарядов. При этом общее время заряжания не должно превышать четырех минут.

При мощности настыли менее 1,5 м целесообразно применение шпуров. При кольцевой или полукольцевой настыли шпуры располагают вертикальными рядами, рассекающими настыль на три-четыре части. Поэтому расстояния между шпурами в ряду $a = 15d$ (здесь d — диаметр заряда, дм). В односторонней настыли шпуры располагают в шахматном порядке на расстоянии $25d$ один от другого.

Для бурения шпуров в кожухе автогеном вырезают отверстия диаметром 75—80 мм. Шпуры бурят легкими перфораторами. Забой шпура должен быть заглублен на 2/3 мощности настыли. Диаметр шпуров с учетом термоизоляционной оболочки на заряде ВВ принимают равным 44—46 мм.

Величину зарядов определяют по формуле

$$Q = 0{,}785d^2l_з\Delta,$$

где $l_з$ — длина заряда; $l_з = 0{,}5h$, дм;

h — мощность настыли, дм; Δ — плотность ВВ, кг/дм^3.

Заряды взрывают с помощью ДШ, при этом все шпуры вертикального ряда следует взрывать одновременно.

Объем работ по взрыванию настылей определяют в кубических метрах. Объем посчитывают по данным замеров, выполняемых перед проектированием.

Обрушение огнеупорной кладки шахты и распара при капитальном ремонте печи производят с помощью взрывных работ, выполняемых в соответствии с проектом по одному из вариантов: при плоских закладных холодильниках без выступающих фланцев заряды помещают в трубки холодильников; при других видах холодильников кладку разбуривают шпурами.

В проекте должен быть предусмотрен следующий комплекс подготовительных работ: обрушение и удаление настылей; образование проемов в нижней части печи для удаления через них шихты и боя кирпича; удаление большого и малого конусов; ограждение воздушных и водяных трубопроводов стальными листами; закрепление стальных листов у перил кольцевых площадок против взрываемых шпуров; обрезка амбразур термопар и штуцеров для забора проб газа. До начала взрывных работ для охлаждения кладки предусматривается циркуляция воды по кольцевому водопроводу, расположенному в верхней части шахты.

Если заряды располагают в холодильниках (рис. 9.9), то проведение взрывных работ следует предусматривать в два этапа: сначала на высоте расположения двух или трех верхних холодильников и выше до колошника, а затем, после уборки обру-

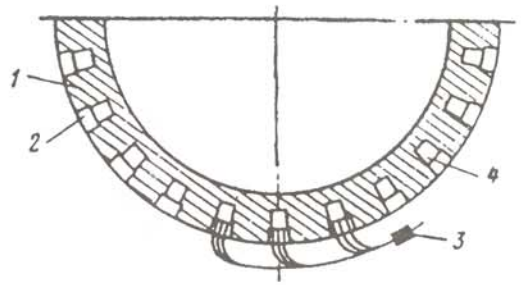


Рис. 9.9. **Схема размещения зарядов в холодильниках при обрушении кладки доменной печи:**
1 — корпус печи; *2* — холодильники; *3* — электродетонаторы; *4* — заряды ВВ

шенной в первом этапе работ кладки, — в нижней зоне, до распара включительно.

При расчете зарядов ВВ определяют их общую величину на один холодильник:

$$Q_{общ} = qhab, \text{ кг},$$

где q — расчетный удельный расход ВВ (для аммонита 6ЖВ от 0,7 кг/м^3 для чистой кладки, до 1 кг/м^3 для кладки, насыщенной сажистым углеродом и другими примесями);

h — толщина кладки (обычно 1,0—1,3 м);

a — расстояние между осями холодильников по горизонтали, м;

b — расстояние между осями холодильников по вертикали (расстояние между рядами), м.

Величину заряда одной трубки определяют по ее вместимости, т. е.

$$Q = L_3 p,$$

где L_3 — длина заряда, дм (практически 3—5 дм);

p — вместимость шпура (трубки), кг/м.

Число трубок холодильника, подлежащих заряжанию,

$$N = Q_{общ}/Q.$$

При подготовке холодильников к заряжанию автогеном обрезают наружные части трубок, а затем с помощью легкого перфоратора и метрового бура разбуривают трубки, подлежащие заряжанию, для очистки их от коррозии. Порядок взрывания рядов холодильников следует принимать снизу вверх (третий, второй и первый ряды). При этом число одновременно взрываемых холодильников в ряду следует определять в зависимости от температуры в трубках. Если охлаждение ведется до $t \le 40$ °С, следует одновременно взрывать до 12 холодильников, при $t = 40 \div 80$ °С — до 8 холодильников.

Если невозможно охладить кладку до 80 °С, с условием термоизоляции ВВ допускается взрывание при температуре не выше 200 °С. Число одновременно взрываемых холодильников в этом случае не должно превышать двух.

По окончании взрывных работ первого этапа и разгрузки печи от кирпичного боя в том же порядке выполняются работы

второго этапа, начиная с холодильников распара вверх до обрушенной в первом этапе зоны.

Если конструкция холодильников не позволяет размещать в них заряды, взрывом обрушают кладку только в верхней части шахты от верхнего ряда холодильников до колошника. В этом случае шпуры бурят из окон (рис. 9.10), для разделки которых в кожухе печи предусматривают вырезание отверстий размером 0,5 × 0,5 м. Нижний ряд окон разделывают на 0,5 м выше верхнего ряда холодильников. Шпуры располагают вдоль поверхности кладки. В каждом проеме бурят по четыре шпура. В зависимости от размеров печи число проемов принимают 4—8 и соответственно число шпуров в ряду окон 16—32. Расстояние между устьями каждой пары шпуров 0,3—0,4 м, глубина шпуров 1,5—2,0 м, диаметр 42—44 мм, расстояние между забоями пары шпуров 1,0—1,5 м.

Длину заряда следует принимать равной 2/3 длины шпура. Величину заряда определяют по вместимости шпуров. Взрывание — с помощью ДШ, при $t \le 40$ °С — одновременно по восемь шпуров, при $t = 40 \div 80$ °С — по четыре шпура. При более высоких температурах взрывные работы данного вида не производят. Поскольку непосредственный обмер затруднителен (ввиду

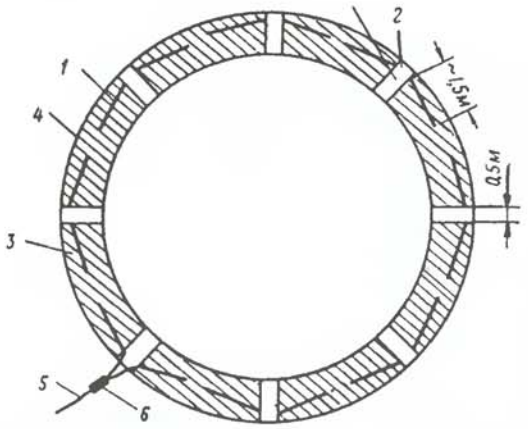


Рис. 9.10. **Схема расположения зарядов в шпурах при обрушении кладки доменной печи:**
1 — шпуры; *2* — проемы; *3* — кладка; *4* — кожух; *5*, *6* — ДШ с электродетонатором

высоких температур в печи), объем кладки в кубических мерах принимают по конструктивным чертежам печи.

В процессе работы доменной печи жидкий чугун постепенно разрушает огнеупорную кладку лещади и проникает в нее. Разрушив кладку лещади, чугун может проникнуть и в фундамент печи. Если чугун не будет выпущен в жидком виде, через специальную скважину, пробуренную в нижней части печи, то после остановки печи на ремонт и ее охлаждение он застывает огромной глыбой в виде «козла». В зависимости от размеров печи, времени между ремонтами, качества огнеупорной кладки лещади «козел» может иметь различные размеры. Практически диаметр «козла» может изменяться от 5 до 11 м, а высота (мощность) от 2 до 7 м.

Структура «козла» следующая: вверху расположен так называемый шлаковый «козел», представляющий собой скопление шлака, оставшегося в печи после выпуска чугуна из домны при ее остановке на капитальный ремонт; ниже — металлический «козел», на глубину 1,0—1,5 м, представленный конгломератом из кусков кирпича, извести и графита, оцементированных чугуном, а затем — чистым чугуном лишь у дна, и с боков имеются включения кусков спекшейся кладки лещади и фундамента печи. «Козлы» могут иметь различную форму, в зависимости от степени и равномерности проникновения металла в лещадь и фундамент.

На взрывные работы по разделке «козла» составляют проект, состоящий из графического материала и пояснительной записки. Графический материал должен включать разрез доменной печи, ситуационный план, конструкции блиндажа, заслонов и других средств защиты.

В пояснительную записку включают объем и год постройки печи, время работы после последнего капитального ремонта, сорт выплавляемого чугуна; размер горна, предполагаемые размеры и массу в тоннах; способы охлаждения печи и «козла» на разных этапах работы; описание средств защиты (блиндаж, заслоны); расчет параметров взрывных работ и обоснование схем расположения шпуров и порядка взрывания; подсчет расхода взрывчатых и вспомогательных материалов на все работы по разделке «козла», а также мероприятия по технике безопасности, предусмотренные Едиными правилами безопасности взрывных работ для горячих массивов.

После остановки печи и выпуска чугуна начинается первый этап охлаждения печи, для чего домну заливают водой. В результате этого шлаковый «козел», как правило, настолько растрескивается, что уборка его производится без взрывных работ. Первый этап охлаждения ведут до тех пор, пока температура в печи не понизится до пределов, позволяющих вести работу в печи (работа допускается при температуре не выше 70 °С, однако ввиду последующей отдачи тепла «козлом» и кладкой охлаждение следует вести до температуры 40—50 °С, так как после поверхностного охлаждения «козел» и кладка продолжают излучать тепло).

По окончании первого этапа охлаждения проектом предусматривается выполнение следующих подготовительных работ: устройство защиты от разлета кусков чугуна, оконтуривание «козла» и устройство кислородной рампы для огневого бурения шпуров.

Главное защитное устройство — перекрытие печи на уровне фурменных отверстий. Это перекрытие (в практике называемое блиндажом) представляет собой решетку из двутавровых балок, концы которых вставлены в фурменные отверстия. Сверху решетку покрывают стальными листами толщиной 20—30 мм и скрепляют их с балками с помощью болтов. Проектом предусматривается также устройство заслонов из листовой стали толщиной 20 мм против фурменных отверстий. Эти заслоны крепятся к кожуху печи тросами.

Против проема в кожухе, через который входят работающие по удалению «козла», устанавливают заслон шириной, на 2 м превышающий ширину проема. Этот заслон также изготовляют из стального листа толщиной 20 мм, а с внутренней стороны обшивается бревнами. Заслоны устанавливаются наклонно, так чтобы они опирались на обшивку горна, а внизу у основания оставалось свободное пространство шириной 1,5 м.

Перед началом бурения предусматривается разработка кладки лещади между «козлом» и горновыми холодильниками. Для бурения шпуров, которое производят огневым способом, над блиндажом для бурения с перекрытия предусматривается установка кислородной рампы. При бурении расходуют следующие материалы: кислород (в среднем 1,7 баллона на 1 т «козла»), ленточные трубки (в среднем 12 м на 1 т) и термит (средний расход 0,05 кг на 1 т). В случае сильного загрязнения «козла» расход материалов возрастает на 10—20%.

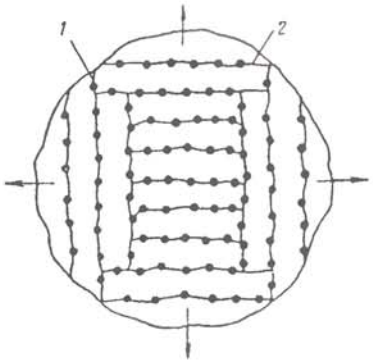


Рис. 9.11. **Схема расположения шпуров при дроблении «козла»:** *1* — шпуры; *2* — ДШ

Разделку «козла» на транспортабельные куски выполняют, исходя из имеющегося подъемно-транспортного оборудования. Если мощность «козла» не превышает 2 м, его разделывают сразу на всю высоту. При большей мощности разделку ведут послойно, причем мощность слоя не должна превышать 1,5 м. Для получения максимального числа отбитых за одну взрывную смену кусков шпуры следует располагать рядами с отбоем на четыре стороны (рис. 9.11).

Параметры взрывных работ следует рассчитывать в следующем порядке. ЛНС для первого ряда или расстояние между последующими рядами шпуров рассчитывают по формуле

$$W = \frac{10d}{0{,}65\sqrt[3]{p}}, \text{ м},$$

где d — диаметр шпуров в зависимости от чистоты чугуна, обычно колеблется в пределах 0,8—1,1 дм;

p — вместимость шпура, кг/м.

Расстояние между шпурами в ряду

$$a = 0{,}7W, \text{ м};$$

величина заряда

$$Q = qW^3, \text{ кг},$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м^3. Для хрупкого чугуна (передельного и высокофосфористого) $q = 4{,}5$ кг/м^3, для вязкого чугуна (литейный) $q = 5$ кг/м^3.

Данный расчет применим для заряжания ВВ насыпью, без теплоизоляционной оболочки, но для этого требуется охлаждение «козла» до температуры ниже 80 °С. Поэтому после окончания бурения шпуров предусматривают второй этап охлаждения «козла», заключающийся в интенсивной промывке одновременно всех шпуров через трубки, вставленные в каждый шпур до его

дна. Учитывая, что вода из шпуров стекает в оконтуривающее пространство, необходимо предусмотреть установку насоса для откачки воды.

Взрывание порядное, причем взрывная сеть из ДШ вместе с патронами-боевиками должна быть смонтирована заранее. На заряжание предусматривается время не более 5 мин.

Опасную зону, вокруг которой устанавливают оцепление, определяют исходя из конкретной обстановки, но она должна быть не менее 30 м. Постами оцепления перекрывают все пути подхода к месту производства взрывных работ. Допуск людей для работы в домне разрешается после полного проветривания печи от продуктов взрыва и осмотра руководителем взрывных работ защитных устройств.

Объем работ определяется в кубических метрах по данным замеров, выполняемых в период изысканий.

Взрывные работы в мартеновских печах

Мартеновские печи в основном разделяют на два типа: неподвижные, у которых ванна неподвижна, и качающиеся, у которых ванна может наклоняться в сторону передней и задней стенок.

Основными сооружениями нижней части печи являются шлаковики (в которых скапливается шлак и пыль, выносимые газовым потоком из ванны) и регенераторы. Основными сооружениями верхней части печи являются ванна и головки. Поскольку все перечисленные сооружения работают при воздействии весьма высоких температур, они футерованы огнеупорной кладкой.

По мере работы печи в шлаковиках накапливается шлак, кладка разделительных стенок как шлаковиков, так и регенераторов изнашивается, кладка подины и свода ванны, кроме того, постепенно насыщается металлом. В период ремонта печи шлак необходимо удалять, а кладку — заменить. Различают горячие, малые холодные, средние холодные, большие холодные и капитальные ремонты.

При горячем ремонте печи взрывные работы применяют для удаления шлака из шлаковиков. При малых холодных ремонтах помимо удаления шлака разрушают кладку главного свода, передней и задней стенок, а также головку. При средних холодных ремонтах, кроме того, разрушают насадки. При большом холод-

ном ремонте разрушают капитальные и раздельные стены в шлаковиках, в ванне печи и насадке, а также все зашлакованные и насыщенные металлом огнеупорные сооружения. При капитальных ремонтах по верхнему строению печи разрушают кладку подины откосов передней и задней стен рабочего пространства, обрушают главный свод и частично головку; по нижнему строению печи — кладку перевальных и наружных стен шлаковиков и регенераторов, а также разрыхляют шлак.

В учебнике рассматриваются методы ведения буровзрывных работ в полном комплексе, т. е. применительно к капитальному ремонту мартеновской печи. Проекты для других видов ремонтов различаются лишь тем, что в них дают расчеты не всех видов взрывных работ, а только части, соответствующей данному виду ремонта.

При ремонтах мартеновских печей на взрывные работы составляют проект, для чего необходимы следующие исходные данные: 1) тип и объем печи; 2) фактическая мощность огнеупорной кладки всех разрушаемых сооружений; 3) участки с кладкой, насыщенной металлом; 4) уровень шлака в шлаковиках; 5) температурный режим во взрываемых объектах. Кроме того, для организации мер безопасности необходимо иметь ситуационный план с нанесением на него соседних печей и других сооружений, повреждение которых недопустимо.

В проекте должны быть отражены следующие данные: методы взрывных работ; схемы расположения и взрывания зарядов; размеры и конфигурация опасной зоны по разлету осколков, воздушным и сейсмическим волнам; конструкция защитных устройств; расстановка постов оцепления; места укрытия взрывников и других рабочих на время взрыва; принятая сигнализация и описание порядка удаления рабочих, обслуживающих действующие печи.

При ведении буровзрывных работ в мартеновских печах наибольшее распространение получил метод скважинных зарядов. Лишь в отдельных узлах, где затруднена установка буровой машины, применяют малокамерные заряды в рукавах. Метод шпуровых зарядов применяют лишь для рыхления шлака в шлаковиках при горячих и малых холодных ремонтах, а также для разделки крупных глыб, оставшихся неразрушенными после основного взрывания.

Для бурения скважин следует предусматривать применение пневмоударных станков, предназначенных для подземных работ (например, НКР-100М с диаметром долота 105 мм). Для организации бурения или образования рукавов вдоль стенок нижнего строения печи проходят траншею. При возможности размещения в ней бурового станка применяют метод скважинных зарядов, а в противном случае — метод малокамерных зарядов.

Расположение зарядов в нижнем строении печи проектируют на основе типовой схемы, отработанной еще в начале 1960-х годов трестом «Уралдомнаремонт» и ПЭУ Союзвзрывпрома и подтвержденной многолетней практикой. По этой схеме для разрушения конструкций нижнего строения печи с правой и с левой сторон требуется восемь зарядов (рис. 9.12), из которых два заряда располагают в разделительной стенке, два — в перевальной стенке и четыре — в выстилке шлаковиков. (Ввиду стесненных условий в выстилке обычно применяют рукава длиной 2,5—3,0 м).

Величину заряда для рыхления шлака следует определять по формуле $Q = L^3q$ (L — длина скважины или рукава). Для шла-

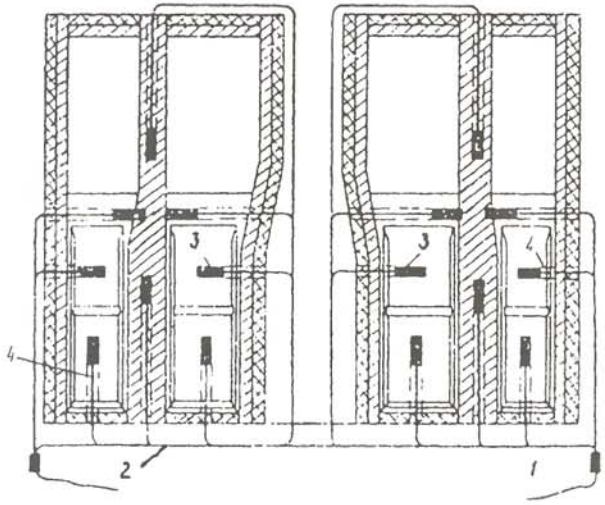


Рис. 9.12. **Схема расположения зарядов в нижней части мартеновской печи:**
1 — электродетонатор; *2* — ДШ; *3* — заряд ВВ; *4* — шпур

ка удельный расход ВВ 0,8 кг/м³ — для печей с хромомагнезитовым сводом и 1 кг/м³ — с динасовым сводом. Если расстояние от центра заряда до боковой поверхности шлаковика меньше 0,75 длины рукава, за ЛНС принимают это расстояние, если больше, то $W = 0{,}75L_р$ (здесь $L_р$ — глубина рукава, м).

Глубину скважин в разделительных и перевальных стенках принимают 3,5—5 м в зависимости от размеров печи. Массу заряда для этих скважин следует определять по формуле

$$Q = qW^2L,$$

где $q = 1{,}0$ кг/м³;

W определяется графически и обычно изменяется в пределах 1—1,5 м. Величина зарядов колеблется в пределах 5—10 кг.

Для разрушения верхнего строения печи (рис. 9.13) в нем располагают всего шесть зарядов: два со стороны рабочей площадки и четыре со стороны разливочного пролета. Заряды следует располагать в скважинах или, если бурение затруднено (что оговаривается особыми условиями), — в рукавах. Глубину скважин (рукавов) принимают равной 1/3 ширины подины. Расстояние между скважинами принимают $(1{,}2 \div 1{,}3)L$.

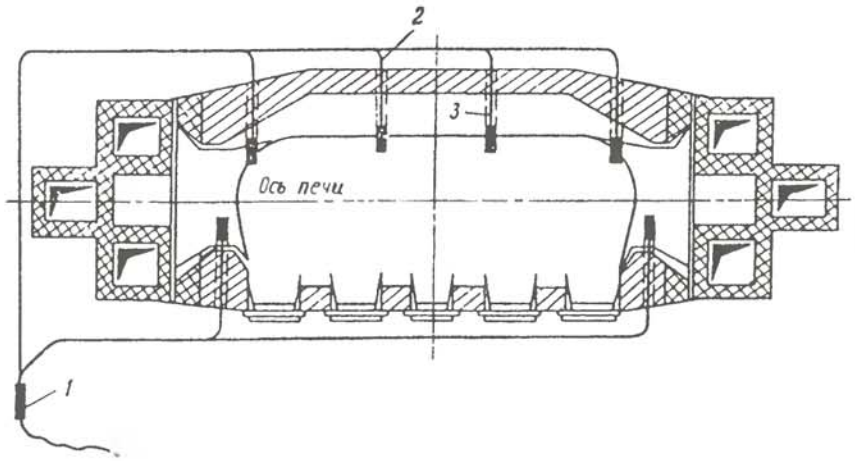


Рис. 9.13. **Схема размещения зарядов в верхнем строении мартеновской печи:**
1 — электродетонатор; *2* — ДШ; *3* — заряды ВВ

Величину заряда в скважинах, пробуренных со стороны разливочного пролета, определяют по формуле

$$Q = qW^2L.$$

При этом с учетом незначительной насыщенности кладки металлом принимают $q = 2$ кг/м³. Величину зарядов в скважинах, располагаемых со стороны рабочей площадки, определяют по той же формуле, что и в скважинах нижнего строения. Однако здесь $q = 2{,}3$ кг/м³ (с учетом более прочной кладки).

От приведенной схемы расположения зарядов могут быть отступления в следующих случаях:

1. Если в ходе ремонта необходимо сохранить металлоконструкции верхнего строения печи, заряды располагают в верхних слоях кладки подины, на расстоянии от металлоконструкций

$$r = 0{,}6\sqrt[3]{П_{пр}\,Q},$$

где $П_{пр}$ — показатель простреливаемости, ориентировочно $П_{пр} = 10$ дм³/кг, а число их следует увеличивать до 11.

2. Если шлаковики расположены на уровне пола и имеют выдвижной поддон, заряды в выстилке шлаковиков из схемы исключают, так как поддон со шлаком вытягивают из шлаковиков с помощью полиспастов и шлак убирают без применения взрывных работ.

3. Если требуется рыхление шлака без разрушения (или повреждения) разделительных и перевальных стенок, применяют шпуровой метод взрывных работ. Шпуры бурят коронками крестовой формы диаметром не менее 45 мм (с учетом термоизоляции зарядов).

Бурение по нижнему строению может быть начато до остановки печи на ремонт, по верхнему строению — только после остановки печи и выпуска металла. По окончании бурения скважин и шпуров, а также проходки рукавов следует предусматривать их охлаждение до температуры 150 °С, для чего рекомендуется использовать металлические трубки с отверстиями для выброса воды. Конец трубки, выходящей из скважины, должен быть отогнут под прямым углом.

Ввиду того, что температура при ведении буровзрывных работ в мартеновских печах, как правило, превышает 80 °С, заряды применяют только в термоизоляционной оболочке, которую

обычно изготовляют из асбестового картона. ДШ должен быть обмотан шнуровым асбестом на длину от заряда до устья скважины. Одному взрывнику разрешается заряжать не более двух скважин (рукавов, шпуров). Следовательно, число взрывников для взрывания каждой из сторон нижнего строения печи должно быть не менее четырех, а верхнего строения — трех. Максимальное время на заряжание и монтаж сети — 6 мин. Взрывание в мартеновской печи производят в два этапа. На первом этапе обычно за два приема взрывают нижние строения печи, на втором — верхние.

Объем работ (в кубических метрах) учитывают по видам взрываемых объектов и сред, т. е. отдельно шлака, огнеупорной кладки и пропитанной металлом кладки, так как расход ВВ и бурения на разрушение той или иной взрываемой среды различен. Объем работ определяют по данным замеров, выполненных в период подготовки печи к ремонту, а где это затруднительно — по конструктивным чертежам соответствующих элементов печи.

Опасную зону по разлету кусков в зависимости от местных условий устанавливают 50—100 м; максимальный радиус — вдоль пролета мартеновского цеха, минимальный — со стороны оконных и других проемов. Радиусы опасной зоны по воздушной волне и сейсмоопасной зоны устанавливают в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Учитывая наличие мощных фундаментов и высокого качества огнеупорной кладки, расчет параметров взрывных работ следует вести, как для плотных скальных пород.

Для предотвращения разлета осколков в проекте должны быть предусмотрены специальные укрытия. Против устьев скважин (рукавов) следует рекомендовать установку груженых мульд, шлаковых коробок, броневых листов. Окна шлаковиков перекрывают стальными листами или сетками, сплетенными из стальных тросов. Пульты управления работающей и соседней печей следует укрывать щитами из досок толщиной 50 мм. Для предотвращения разлета осколков в графике ремонтных работ необходимо предусмотреть разрушение главного распорно-подвесного свода только после завершения взрывных работ. Посты оцепления устанавливают на границах опасной зоны таким образом, чтобы все подходы к ремонтируемой печи (они должны быть показаны на ситуационном плане) были под наблюдением.

Взрывные работы при ремонте миксера

Миксер представляет собой большой цилиндрический сосуд, предназначенный для хранения жидкого чугуна, поступающего из доменного цеха в мартеновский. Цилиндр *1* миксера (рис. 9.14) склепан или сварен из толстой котельной стали и футерован внутри огнеупорным кирпичом *3*. Торцевые стенки — отъемные, их крепят на болтах. Вместимость миксеров обычно от 600 до 1300 т жидкого чугуна, температура которого поддерживается в пределах 1250—1300 °С.

Вследствие охлаждения миксера в нижней части его постепенно образуется чугунный «козел» *4*. При ремонте миксера, если «козел» не удастся расплавить газовыми горелками и вылить, его разделывают взрывами зарядов в шпурах *2*. На взрывную разделку «козла» составляют проект, в котором предусматривают следующие подготовительные работы: охлаждение миксера водой; после охлаждения миксера до температуры внутри него порядка 50 °С снимают одну из торцевых стенок и выламывают всю свободную от «козла» кладку.

Как и при разделке «козла» в доменной печи, шпуры бурят огневым способом. В отличие от последнего кислородную рампу устанавливают в специальном открытом вагоне, подгоняемом к миксеру на период бурения. Параметры взрывных работ рассчитывают так же, как и при разделке «козла» в доменной печи, но

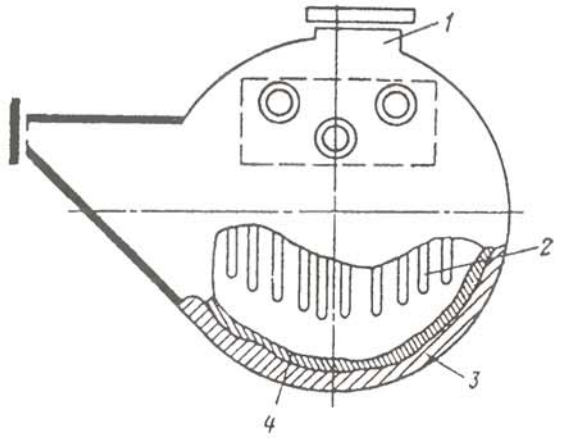


Рис. 9.14. **Схема устройства миксера**

чтобы за один взрыв общая величина заряда не превышала 10 кг. Глубину шпуров во избежание повреждения миксера принимают равной 2/3 толщины «козла». Схему расположения зарядов составляют из расчета разделки «козла» на куски массой до 10 т. Ввиду того, что внутри «козла» температура обычно превышает 80 °С, заряды изолируют асбестовой оболочкой.

Объем работ (в кубических метрах) учитывают по замеру, произведенному перед составлением проекта.

Для предохранения миксера от повреждений предусматривают выстилку всей внутренней поверхности бревнами толщиной 20—25 см, скрепляемыми скобами. Во избежание разлета осколков необходимо предусматривать укрытие сливного носка, фурм и заливного люка металлическими щитами. Для укрытия открытой торцевой стороны сооружается навесной щит из стальных листов или бревен.

В остальном необходимо предусматривать те же меры безопасности, что и при взрывных работах в мартеновских печах.

ГЛАВА 10

МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВАНИЯ МЕРЗЛЫХ И СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОКАЛИЗАТОРОВ

10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Взрывные работы в строительстве при рыхлении мерзлых и скальных грунтов зачастую проводят в стесненных условиях, вблизи жилых и промышленных зданий и сооружений, транспортных сетей и инженерных коммуникаций, линий электропередачи и т. п. Такие сложные условия обязывают принимать дополнительные меры по защите от повреждений близкорасположенных зданий и сооружений разлетающимися осколками взрываемого грунта.

Как показала практика работ строительных организаций, наиболее эффективным средством, ликвидирующим опасный разлет осколков взрываемого грунта и гасящим ударную воздушную волну, является применение передвижных укрытий-локализаторов, которыми укрывается (локализируется) место взрыва.

Метод рыхления мерзлого и скального грунта скважинными или шпуровыми зарядами под укрытием-локализатором взрыва применяют при разработке котлованов, траншей и других выемок в стесненных условиях городского и промышленного строительства. Он обладает следующими преимуществами: сравнительно небольшой трудоемкостью; вполне удовлетворительным дроблением; значительным сокращением затрат ручного труда и экономией горюче-смазочных и других материалов; незначительным временем подготовки грунта к экскавации.

Руководством по безопасному рыхлению мерзлых и скальных грунтов взрывом определяется порядок эффективного и безопасного выполнения работ по рыхлению и скальных грунтов в стесненных условиях строительной площадки.

К организации и производству взрывных работ по рыхлению мерзлых и скальных грунтов под локализатором на строительных объектах предъявляются требования, установленные Едиными правилами безопасности при взрывных работах, Руководством по безопасному рыхлению мерзлых и скальных грунтов взрывом и другими директивными документами.

10.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

В целях эффективности и безопасного производства работ по рыхлению мерзлых и скальных грунтов взрывом следует применять следующий комплект машин, механизмов и приборов:

- тягач, бульдозер или автокран;
- буровую установку для бурения скважин или шпуров;
- буровую установку для нарезания локализирующих щелей (по необходимости);
- компрессор (при бурении скальных грунтов);
- передвижное укрытие (локализатор взрыва);
- спецавтомашину для перевозки ВМ;
- передвижной контейнер для хранения ВМ на месте производства работ (по необходимости);
- взрывные машинки и приборы для проверки взрывной сети;
- инструмент и приспособления для переноски ВМ, заряжания или забойки скважин или шпуров;
- инвентарь для обозначения опасной зоны и средства подачи сигналов.

Очистку и планировку площадки осуществляют бульдозером, который может быть затем использован как тягач для надвижки локализатора.

Надвижку или установку локализатора на заряженные скважины или шпуры производят бульдозером-тягачом, тягачом или автокраном соответствующей грузоподъемности.

Наезд бульдозера или тягача на заряженные скважины или шпуры не допускается.

Укрытие места взрыва производят локализатором взрыва полозкового, колесного, навесного или шатрового (камерного) типа (рис. 10.1—10.4). Конструкция локализатора может быть сплошной жесткой или содержать эластичные элементы, но в любых случаях должна полностью предотвращать разлет осколков взрываемого грунта. Размеры локализатора должны быть приняты с таким расчетом, чтобы радиус воронки взрыва плюс 0,5 м не выходил за пределы зоны, перекрываемой локализатором.

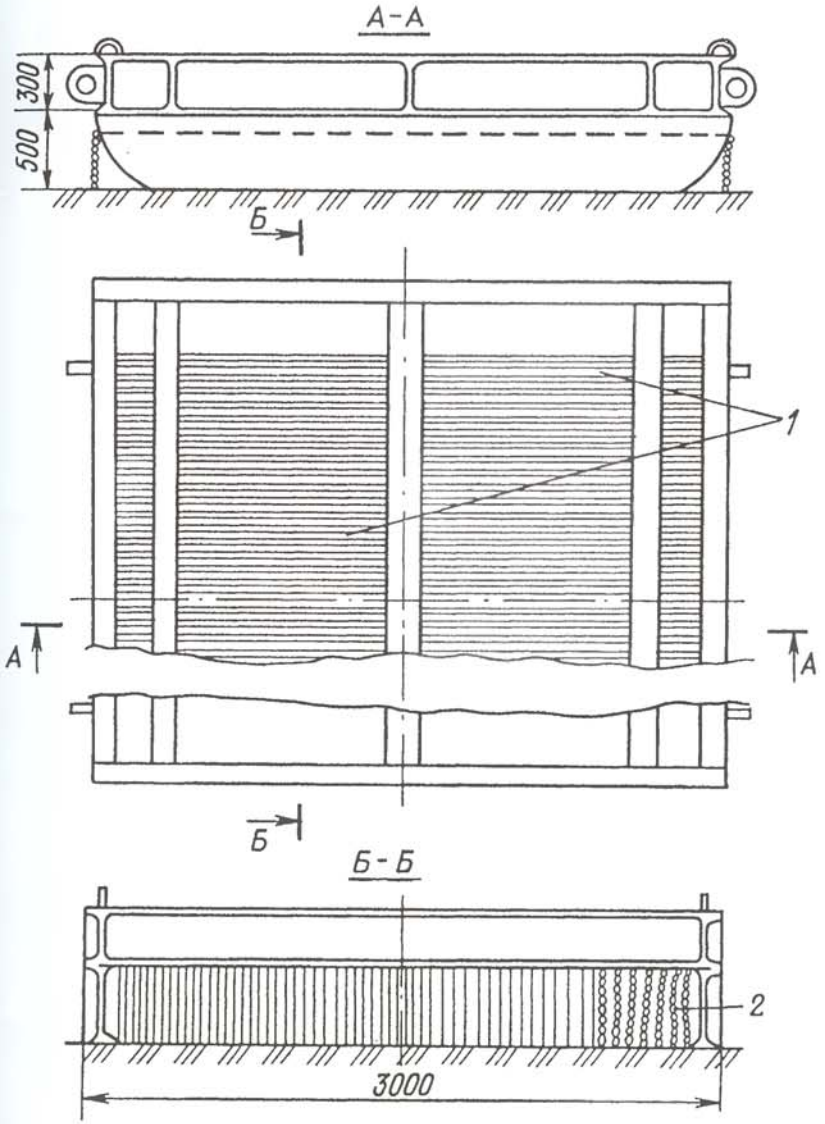


Рис. 10.1. **Локализатор взрыва полозкового типа массой 5 т:**
1 — гнездо для пригрузов; *2* — защитное ограждение из якорных цепей

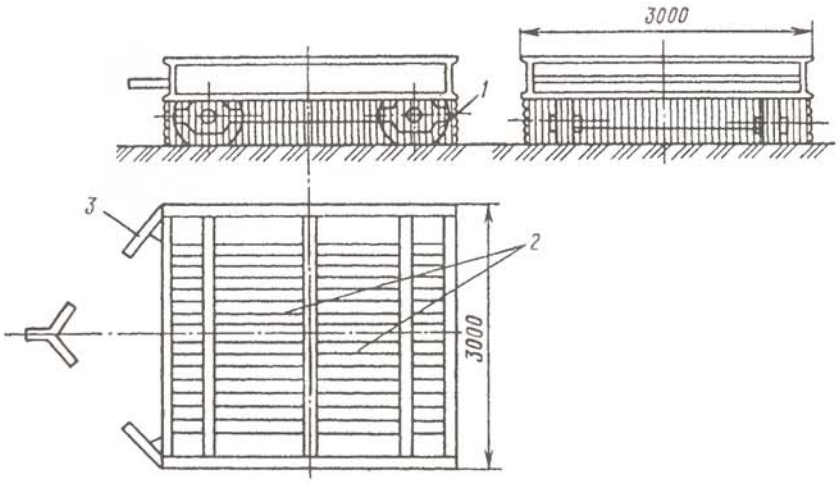


Рис. 10.2. **Локализатор взрыва колесного типа массой 4,5 т:**
1 — ограждение из якорных цепей; *2* — гнездо для пригрузов; *3* — буксировочное устройство

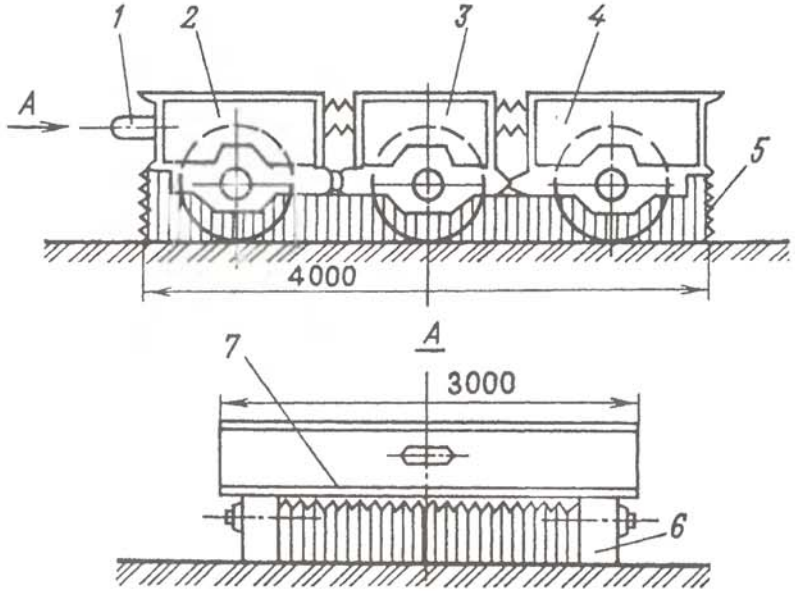


Рис. 10.3. **Локализатор взрыва колесного типа с шарнирной рамой:**
1 — буксировочное устройство; *2*, *3*, *4* — секции шарнирной рамы; *5* — цепные ограждения; *6* — опорный каток; *7* — решетка

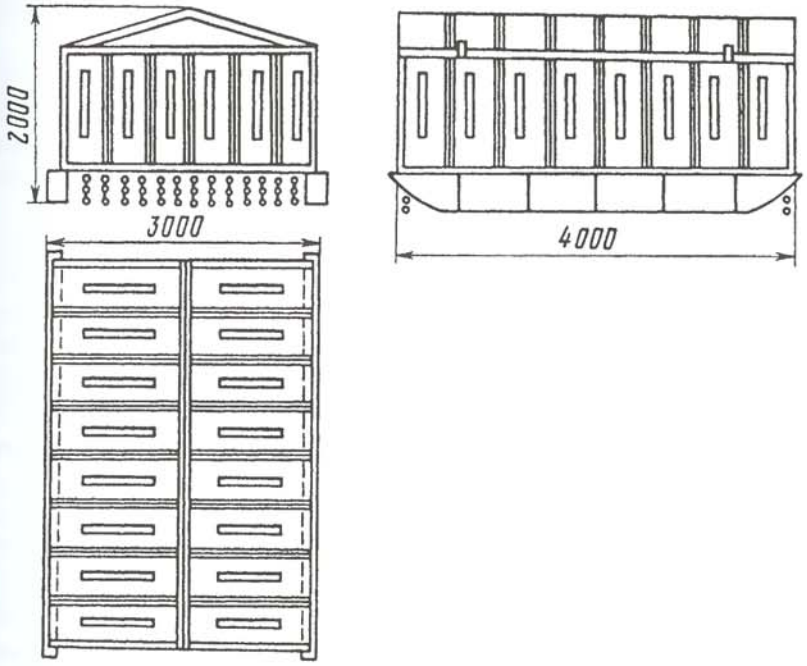


Рис. 10.4. **Локализатор взрыва камерного типа массой 9 т**

Масса укрытия-локализатора рассчитывается по формуле

$$M_{у} = \frac{2Q}{H_{скв} a (R+16)},$$

где Q — общая масса заряда, кг;

$H_{скв}$ — глубина скважины, м;

a — воздушный промежуток между укрытием и взрываемой площадью, м;

R — заданный радиус разлета кусков.

При необходимости масса локализатора может быть увеличена при помощи пригрузов.

Пригрузами могут быть стальные слитки, железобетонные блоки и т. д.

При строительстве траншей небольшой ширины (до 4 м) в условиях равнинной местности целесообразно применять ароч-ные или коробчатые укрытия, перемещаемые трактором по мере

продвижения работ по трассе траншеи. Затраты труда на устройство укрытий в данных условиях минимальны.

Щитовые укрытия более универсальны по способам их использования, но более трудоемки в установке и разборке после проведения взрывных работ. Щиты могут быть выполнены из бревен, скрепленных стяжными болтами между отрезками швеллеров, двутавров, балок, труб.

Наиболее устойчивы щиты, выполненные из бревен диаметром более 14 см, уложенных в один или два слоя. Размер 1,5—5,0 м. Для повышения жесткости щита его бревна попарно стянуты строительными скобами. Металлические щиты выполняют в виде стального листа толщиной 2—3 см, приваренные к сварной конструкции из двутавров или швеллеров, 5х1,5 м, масса отдельного щита 2—2,5 т. В отдельных случаях в качестве щитов можно использовать бракованные плиты железобетонных перекрытий.

Щиты над подготавливаемым к взрыву участком с помощью автокрана укладывают на естественные или искусственные опоры так, чтобы между поверхностью взрываемого блока и щитом оставался зазор высотой не менее 0,2 м. При такой установке сокращается высота подброса щита при взрыве, а также обеспечивается сохранность электровзрывной сети.

Коробчатые укрытия представляют собой сварную конструкцию из металлических труб или другого стандартного профиля, обшитую стальным листом или металлической плетеной сеткой, закрепленной в два-три слоя на решетке из прутков арматурной стали. Укрытие представляет собой «домик» (см. рис. 10.4) с плоской или сводчатой кровлей. Длина укрытия 5—8 м, ширина 2—4,5 м, высота 1—2 м. Масса укрытия 1—9 т. Наиболее работоспособны укрытия массой 7—9 т. Перемещаются укрытия волоком на полозьях, приваренных к основанию. В отдельных случаях укрытие снабжают колесами.

При коробчатых укрытиях, обшитых листом, в них делают отверстия диаметром 20 мм, предназначенные для выхода в атмосферу газов взрыва и сокращения за счет этого высоты подброса укрытия при взрыве.

В зарубежной практике взрывания в стесненных условиях (США, ФРГ, Швеция, Япония) в качестве укрытий наиболее широко применяют тяжелые и легкие маты. Тяжелые маты из-

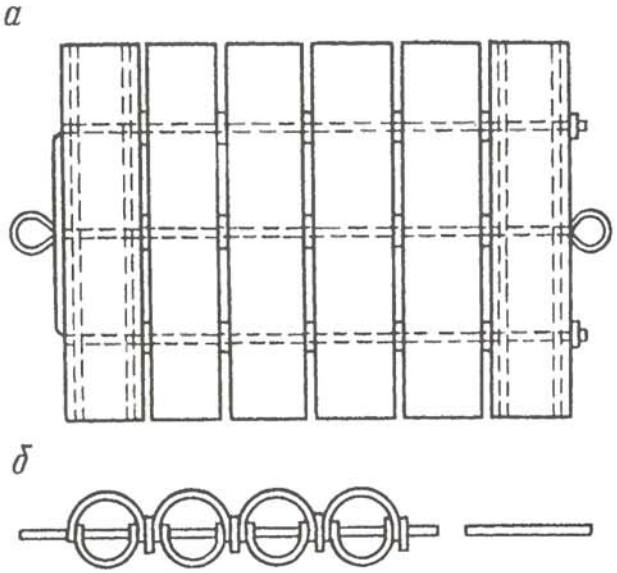


Рис. 10.5. **Эластичный мат-локализатор из автопокрышек:**
а — общий вид мата; *б* —поперечный разрез

готовляют из скрепленных цепями бревен, стальных колец, резины, легкие маты —из технического войлока, проволочных сеток. Наиболее распространены маты из старых автопокрышек (рис. 10.5) площадью 10—12 м^2. При необходимости несколько матов соединяют вместе.

В тресте «Союзвзрывпром» разработана методика расчета сплошных листовых и газонепроницаемых укрытий.

Массу укрытия на 1 м площади забоя определяют по формуле

$$M = k_у W \rho_п N_q^{1/3},$$

где $k_у$ — коэффициент, зависящий от типа укрытий: для газопроницаемых $k_у = 0{,}35$, для газопроницаемых $k_у = 0{,}2$;

W — линия наименьшего сопротивления заряда, м;

$\rho_п$ — плотность породы, кг/м^3;

N_q — относительная масса заряда, равная отношению массы данного заряда Q к массе заряда нормального выброса с той же ЛНС и удельным расходом ВВ $q_н$:

$$N_q = \frac{Q}{q_н W^3}.$$

Для предотвращения разлета кусков взрываемой породы массу укрытия, полученную по формуле, следует увеличить в 2,5—3 раза.

Данный метод расчета дает надежные результаты при расчете укрытия для шпуровых зарядов, а при скважинных зарядах часто наблюдается несоответствие расчетной массы укрытия и фактически необходимой. Это объясняется тем, что заряд здесь рассматривается как сосредоточенный, т. е. не учитываются различия в действии на открытую поверхность сосредоточенного и удлиненного зарядов.

Недостатки данного метода укрытий устранены в формуле д-ра техн. наук В.Л. Барона:

$$M = 2Q / [H \cdot a(R + 1{,}6)],$$

где H — глубина рыхления, м;

R — заданный радиус разлета кусков породы, м;

a — воздушный зазор между укрытием и поверхностью взрываемого блока ($a \geq 0{,}6$ м).

В МГГУ разработана методика расчета щитовых укрытий, основанная на различном воздействии на открытую поверхность удлиненного и сосредоточенного зарядов. Формула для определения массы укрытия (кг) имеет вид

$$M = 10^6 \frac{n}{H_п} \frac{N_т H_и}{H_ч},$$

где n — число взрываемых зарядов;

$H_и$ — высота подбрасывания укрытия, м;

$$N_т = \frac{\sqrt[3]{Q_с k_{ВВ} d}}{l_{заб}};\ Q_с = \beta \cdot l_{заб} \rho_{ВВ},$$

где $k_{ВВ}$ — относительная работоспособность ВВ;

q — расчетный удельный расход ВВ зарядов нормального рыхления, кг/м^3;

$H_Р$ — глубина рыхления, м.

Коэффициент, учитывающий свойства пород, ВВ и направление инициирования:

$$\beta = \frac{0{,}43\sqrt[3]{k \cdot k_{ВВ}}}{A + B\frac{c}{v_д} - 0{,}2\sqrt[3]{q \cdot k_{ВВ}}}.$$

Высота вспучивания породы $H_в = 0{,}2H_р q$, м; высота установки укрытия $H_ч \geq 0{,}2H_р k$, м. Значения A и B при обратном инициировании следующие:

$c \leq v_д$		$c > v_д$	
A	B	A	B
1	0,43	–1	2,43

Здесь $v_д$ — скорость детонации ВВ, м/с. Скорость продольных волн в массиве $c = 1500\sqrt{f}$, м/с.

Применение той или иной конструкции локализатора зависит от конкретных условий производства взрывных работ (глубины шпура, массы заряда, категории грунта, условий стесненности строительной площадки и т. д.).

Проект конструкции каждого конкретного вида локализатора согласовывается с руководителем взрывных работ и утверждается главным инженером предприятия.

10.3. МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Методы ведения взрывных работ по рыхлению мерзлых и скальных грунтов с использованием локализатора взрыва состоят из следующих, последовательно выполняемых операций: очистки разрабатываемой площадки от строительного мусора и снега; бурения скважин или шпуров; заряжания или забойки скважин или шпуров; укрытия локализатором места взрыва; осмотра места взрыва; осмотра локализатора.

В случае, когда разрушение массива одиночными скважинными или шпуровыми зарядами будет недостаточно, то возможно применение парносближенных зарядов.

Парносближенные заряды располагаются в массиве таким же образом, как одиночные скважинные или шпуровые заряды. При этом спаренные скважины или шпуры рассматриваются как одиночные с эквивалентной вместимостью 1 м скважины или шпура.

Расстояние между парносближенными скважинами или шпурами принимается в пределах 4—8 их диаметра.

За расчетную линию сопротивления при рыхлении сезонномерзлых грунтов принимается глубина скважины $l_{скв} = (0{,}8 \div 0{,}9) H_м$, где $H_м$ — глубина промерзания грунта.

Расстояние между скважинами в ряду в зависимости от грунта

$$a = (1{,}2 \div 1{,}5)\ H_м .$$

Расстояние между рядами скважин или шпуров

$$b = (1{,}2 \div 1{,}3)\ H_м .$$

Для слабых грунтов берется большее значение, а для более прочных грунтов — меньшее значение.

Сетка расположения зарядов должна быть размечена на местности и контролироваться, не допуская уменьшения ЛНС в сторону подверженных воздействию взрыва дополнительных открытых боковых поверхностей.

Массу заряда на одну скважину или шпур при рыхлении мерзлого грунта рассчитывают по формуле

$$Q = qW^3,$$

где q — удельный расход ВВ в зависимости от группы мерзлого грунта.

Для I группы (растительный и песчаный грунт) $q = 0{,}4 \div 0{,}6$ кг/м^3, для II группы (суглинок мореный с галькой) $q = 0{,}6 \div 0{,}8$ кг/м^3, для III группы (плотный тяжелый суглинок и строительный мусор) $q = 0{,}8 \div 1{,}1$ кг/м^3.

При наличии дополнительных ослабленных поверхностей значения q могут быть снижены на 15—20% по сравнению с взрыванием при одной открытой поверхности.

Заряд размещается в скважине или шпуре на границе мерзлого и талого грунтов.

Подготовка скважин или шпуров к взрыву осуществляется после подачи предупредительного сигнала в следующей последовательности:

- проверка глубины скважины;
- нарезание детонирующего шнура на отрезки требуемой длины;
- изготовление боевиков;

- заряжание скважин или шпуров ВВ. При этом необходимо соблюдать расчетную массу заряда ВВ.

Заряжание производится вручную при помощи совка (изготовленного из металла, не дающего искры) или механизированным способом при помощи пневмозарядчика, допущенного для этих целей.

Забойка скважины (шпура) осуществляется с соблюдением следующих требований:

- забоечный материал должен быть сыпучим или пластичным и не содержать крупных кусков;
- слежавшийся (смерзшийся) забоечный материал перед началом взрывных работ должен быть измельчен;
- длина забойки должна строго соответствовать проекту взрывных работ;
- забойку скважины (шпура) производят при помощи совка или лопаты, предварительно отведя к стенке скважины (шпура) выходящие из устья провода электродетонатора или нить детонирующего шнура, осторожно уплотняя ее забойником.

Заряжание скважины (шпура) при электровзрывании производится только после удаления людей, не связанных с производством взрывных работ на объекте, за пределы опасной зоны, выставления предупредительных щитов и постов оцепления на ее границах и подачи предупредительного сигнала (один продолжительный свисток).

В связи с заряжанием и последующим взрыванием под укрытием-локализатором только одной отдельной или двух спаренных скважин или шпуров, радиус опасной зоны при заряжании устанавливается проектом, но не менее 15 м при взрывании зарядов электродетонаторами типа ЭДВ и 50 м при взрывании с помощью ДШ.

При монтаже электровзрывной сети необходимо соблюдать следующее правило: монтаж сети с присоединением к взрывной машинке производить только после установки локализатора на заряженную скважину или шпур.

Инициирование заряда ВВ осуществляется высоковольтным электродетонатором типа ЭДВ или детонирующим шнуром от ЭДВ.

Способ инициирования устанавливается проектом производства работ.

Для инициирования высоковольтных (сильноточных) электродетонаторов типа ЭДВ применяются любые допущенные для этих целей взрывные машинки, например ВВМ-4.

При применении машинки ВВМ-4 магистральный провод выполняется кабелем РК с дополнительной изоляцией.

Взрыв производится после подачи боевого сигнала (два продолжительных свистка) с безопасного расстояния (15 м), из кабины тягача (бульдозера), транспортирующего локализатор или из укрытия.

Боевой сигнал подается перед каждым взрывом.

Сигнал отбоя (три коротких свистка) подается после окончания производства взрывных работ.

В отечественной практике чаще применяют щитовые укрытия и цепные маты. Так, в Мурманском СУ треста «Союзвзрывпром» применяют маты из корабельного железа толщиной 6—8 мм и 20 мм. Листы болтами соединяют в пачки по несколько штук.

Заряжается обуренная шпурами или скважинами площадь. Производится монтаж взрывной сети. После этого специально обученная и проинструктированная бригада с помощью автокрана укладывает на эту площадь укрытия. Прораб взрывного участка или старший взрывник следит за сохранностью взрывной сети, устранением ее повреждений после укладки укрытия. Для предотвращения повреждений взрывной цепи укрытие обычно укладывают на специальные подкладки толщиной не менее 26—30 см. Если расстояние от укрытия до поверхности земли более 1,5 м, то заряжание шпуров осуществляют после установки укрытия. На месте работы остаются только рабочие, занятые укладкой укрытия и наблюдением за сохранностью взрывной сети. Все прочие работы в радиусе опасной зоны прекращаются.

Простотой конструкции, надежностью в работе, легкостью в монтаже, сравнительно небольшой массой, удобством транспортировки отличаются защитные приспособления из матов, изготовленных из старых якорных цепей. В этом случае подлежащая взрыванию площадь с помощью автокрана укрывается матами до обуривания. Бурение, заряжание и монтаж производятся

через зазоры, имеющиеся в мате. Данная технология исключает необходимость вынужденного простоя машин, механизмов и людей при укладке матов. По сравнению со сплошными матами стоимость таких укрытий раза в три меньше. В связи с полной газопроницаемостью таких укрытий масса их существенно меньше, т.к. они воспринимают только удар разлетающихся кусков породы.

Сплошные стальные укрытия до полного износа выдерживают до 100 взрывов, цепные — до 500. Однако после взрыва цепные маты часто запутываются во взорванной породе, их трудно извлекать из взорванной массы, при этом они могут рваться. Чаще применяют листовые укрытия, преимущества которых подтверждены многолетней практикой. Такие укрытия можно с помощью автокрана доставить практически в любое труднодоступное место и одновременно укрыть значительных размеров площадь. Кроме того, листовые укрытия значительно прочнее и дешевле арочных, легко транспортируются.

Раздробленная взрывом на отдельные куски порода занимает больший в 1,5—1,8 раза объем, чем в массиве. При взрывании на одну открытую поверхность или на забой, пригруженный взорванной породой, отбитая порода смещается (вспучивается) в сторону верхней открытой поверхности. Высота вспучивания при взрывании зарядов рыхления достигает значений 0,1—0,3 глубины рыхления.

Вспученная взрывом порода достигает укрытия и придает ему значительную кинетическую энергию, при этом укрытие подбрасывается на некоторую высоту и возможен при этом частичный разлет кусков. Поэтому необходимо располагать укрытие на высоте, исключающей воздействие на него вспученной породы. На укрытие будут действовать лишь отдельные разлетающиеся куски, что исключит его подбрасывание.

Кроме вспученной породы и разлетающихся кусков значительное воздействие на укрытие оказывают газообразные продукты взрыва. Зная объем газов взрыва, можно найти такую высоту установки укрытия над взрываемой поверхностью, когда они будут полностью помещаться под укрытием и их воздействие будет минимальным.

10.4. РАСЧЕТ СЕЙСМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ЗОН

В зависимости от расстояния от центра взрыва до охраняемого сооружения наблюдаются три предельных случая сейсмического действия взрыва:

- заряд находится в непосредственном контакте с конструкциями охраняемого сооружения (случай, когда с помощью взрыва разбираются его отдельные элементы);
- заряд расположен вблизи на расстоянии до 25 м. При этом имеем локальное сейсмическое действие взрыва на сооружение;
- центр взрыва находится в значительном удалении (более 50 м), охраняемый объект полностью охвачен той или иной фазой сейсмической волны.

В первом случае допустимая масса заряда ВВ определяется величиной максимального импульса взрыва, который могут воспринять без повреждений конструкции охраняемого сооружения.

Во втором случае используются следующие расчетные формулы безопасных масс зарядов ВВ и расстояний.

При взрывании около современного жилого дома с площадью основания не менее 300 м^2 величину предельно допустимого сосредоточенного заряда на расстоянии от 1 до 25 м можно определить по формуле

$$Q = 0{,}2R_c^{1,5};$$

а для промышленных зданий и сооружений

$$Q = 0{,}3R_c^{1,5},$$

где R_c — минимальное расстояние от заряда до фундамента здания, м.

При ведении взрывных работ на расстоянии от 2 до 25 м от действующих подземных трубопроводов допустимые безопасные расстояния можно определять по формулам:

а) для магистральных стальных трубопроводов:

$$R_c = k_1 k_p \sqrt[3]{Q}/(-0{,}013D + \delta)^2,$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий грунтовые условия (для скального и плотного мерзлого грунта k_1 = 8,6, для мерзлого

водонасыщенного грунта k_1 = 12,9, для талого грунта под слоем мерзлоты k_1 = 4,1);

k_p — коэффициент, учитывающий внутреннее избыточное давление $p_и$ в трубопроводе; $k_p = (0{,}6 + 0{,}4)p$, когда p — нормативное давление в трубопроводе;

Q — масса одновременно взрываемого заряда ВВ, кг;

D, δ — соответственно внутренний диаметр и толщина стенки трубопровода, см;

б) для внутризаводских стальных трубопроводов

$$R_c = k_2\sqrt{Q}/(0{,}31 + \delta/\sqrt{D})^3,$$

где k_2 — коэффициент, учитывающий грунтовые условия (для скального и плотного мерзлого грунта k_2 = 0,65, для мерзлого водонасыщенного грунта k_2 = 0,96, для талого грунта под слоем мерзлоты k_2 = 0,42);

в) для подземных секционных трубопроводов

$$R_c = k_3 k_4 \sqrt[5]{Q},$$

где k_3 — коэффициент, учитывающий грунтовые условия (для скального и плотного грунта k_3 = 3,5, для мерзлого водонасыщенного грунта k_3 = 7,0, для талого грунта под слоем мерзлоты k_3 = 2,5);

k_4 — коэффициент, учитывающий конструктивные особенности подземного секционного трубопровода (для асбоцементных, чугунных и керамических трубопроводов k_4 = 1,0, а для железобетонных k_4 = 1,5).

При короткозамедленном взрывании можно в последних формулах за расчетный использовать заряд Q в одной группе с интервалом не менее 50 мс. Суммарный заряд при этом не ограничивается.

В третьем случае расстояние от центра взрыва, на котором колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда ВВ, становятся безопасными для зданий и сооружений, определяется по формуле

$$R_c = k_r \alpha \sqrt[3]{Q},$$

где k_r — коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого сооружения;

Q — общая масса заряда, кг;

α — коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва.

Коэффициент $k_г$ для различных пород в основании охраняемого сооружения

Скальные плотные 3
Скальные нарушенные 5
Галечниковые и щебенистые 7
Песчаные 8
Глинистые. 9
Насыпные и почвенные. 15
Водонасыщенные (плавуны и торфяники) . . . 20

При размещении заряда в воде или водонасыщенных грунтах значение коэффициента $k_г$ следует увеличивать в 1,5—2 раза.

Коэффициент α при различном значении показателя действия взрыва:

n	0,5	1,0	2,0	3,0
α	1,2	1,0	0,8	0,7

При наличии в зданиях повреждений (трещины в стенах и т. п.), а также при многократных взрывах безопасные расстояния должны быть увеличены не менее чем в 2 раза.

Сейсмически безопасные величины сосредоточенных зарядов для сложных инженерных сооружений, а также для массивов горных пород определяются по формуле

$$Q = \left(\frac{v_{кр} \varepsilon}{k_г} \right)^{\beta} R_c,$$

где $v_{кр}$ — допустимая критическая скорость колебания, см/с, определяемая в зависимости от типа сооружения или состояния объекта по данным табл. 10.1;

ε — коэффициент, зависящий от условий взрывания и положения охраняемого объекта;

β — коэффициент, зависящий от расстояния до охраняемого объекта. В ближней зоне (для объектов, расположенных на поверхности массива, при расстоянии менее 100 диаметров заряда) $\beta = 1{,}0 \div 1{,}5$; в дальней зоне (для объектов, расположенных на больших расстояниях) $\beta = 1{,}5 \div 2{,}0$;

R_c — расстояние до объекта, м.

Таблица 10.1

Тип сооружения (объекта)	Критическая скорость (см/с) при воздействии	
	многократном	однократном
Промышленные здания, транспортные эстакады, большие и средние мосты средней и высокой капитальности	5	10
Одноэтажные каркасные промышленные здания, малосвязные породы в основании сооружения	10	20
Массив трещиноватых скальных пород, железобетонная обделка наполненных напорных туннелей (М200, М300)	20	50
Массив скальных малотрещиноватых с благоприятной ориентировкой трещин пород, массивный гидротехнический бетон, набравший не менее 70% проектной прочности (М200, М300), железобетонная обделка тоннелей	50	100
Массив прочных скальных пород. Гидротехнический бетон, набравший меньше 70% проектной прочности	100	150

Примечания: 1. Для бетона $v_{кр} = \sigma_{сж}/15$, где $\sigma_{сж}$ — предел прочности бетона при сжатии.

2. Ввиду крайнего разнообразия геологических условий принятые значения критических скоростей подлежат уточнению в процессе изыскания и в ходе строительства.

3. $\sigma_{сж}$ определяется по стандартным графикам твердения бетона.

Коэффициент ε в зависимости от условий взрывания

Рыхление в условиях карьеров,
объект на поверхности земли 1,0
Взрыв:
в подземных условиях. . . . . 1,5—3,0
на выброс . . . . . 1,5—2,0
на рыхление при одной открытой поверхности . . . . 0,7—0,8

Для точек внутри (а не на поверхности) массива значение ε удваивается.

При оконтуривании объектов щелью, образованной предварительным взрывом или другим способом, значение ε утраивается.

Указанные методы определения безопасных расстояний неприменимы для зданий и сооружений уникального характера (башен, высотных зданий, монументальных общественных зданий и т. п.), и для ответственных и сложных инженерных сооружений (мостов, гидротехнических сооружений, радиомачт, мощных ветросиловых установок и т. п.) вопросы сейсмической безопасности должны решаться специалистами.

МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ПРОЧИХ ВИДОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

ГЛАВА 11

11.1. ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Дноуглубительные взрывные работы применяют при реконструкции водных путей, для поддержания судоходства в меженный период. В первом случае взрыванию подлежат различные скальные породы, слагающие каменистые перекаты (шиверы) и пороги, во втором случае — песчаные перекаты.

Взрывные работы при реконструкции водных путей в зависимости от мощности съема и размеров углубляемых площадей ведут методами скважинных, шпуровых и накладных зарядов. При взрывании песчаных перекатов в меженный период применяются только накладные заряды.

На все перечисленные виды работ составляют проект, при изыскании должны быть установлены: площадь, подлежащая разработке, мощность съема, группы крепости пород по СНиП, глубина воды над перекатом и скорость течения, в зимний период — толщина льда, в летний период — частота прохождения судов. Составляется план местности радиусом не менее 300 м, на который наносят очертания подлежащего взрыванию участка; имеющиеся навигационные знаки; ЛЭП, железные и шоссейные дороги; населенные пункты, а также сооружения, подлежащие охране от воздействия взрывов. Выявляются зимовальные ямы, попадающие в опасную по гидравлическому удару зону, а на нерестовых реках — период хода рыбы. Проекты требуется согласовывать с органами рыбоохраны, а на судоходных водоемах (в период навигации) — со службой пути пароходства и диспетчером, регулирующим движение судов.

Взрывание скальных перекатов и порогов

Взрывные работы по разрыхлению перекатов и порогов должны отвечать следующим требованиям: 1) разрыхление массива на требуемую глубину за один прием, глубина рыхления должна превышать толщину съема на так называемый багермейстерский запас, составляющий при накладных и шпуровых заря-

дах 0,3 м, а при скважинных зарядах 0,5 м; 2) массив должен быть раздроблен до степени, обеспечивающей производительную работу камнечерпалок, принимающих куски размером до 0,3 м в ребре, или грейферов, принимающих куски 0,5 м в ребре.

В проекте обосновывают выбор метода взрывных работ. При глубине съема до 0,4 м и площади взрываемых участков до 1000 м^2, если крепость породы не превышает VIII группу по ЕНиР, может быть применен метод накладных зарядов. При мощности съема до 1,0 м, а также глубине съема до 0,4 м на площади свыше 1000 м и во всех случаях, если крепость пород превышает VIII группу, целесообразно применение шпуровых зарядов. При больших глубинах съема применяют скважинные заряды. Если большая часть взрываемого массива имеет мощность h более 1,0 м, скважинными зарядами целесообразно рыхлить и примыкающие участки с меньшими мощностями съема.

При методе накладных зарядов расстояние между зарядами рассчитывают по формуле

$$a = (2{,}5 \div 3{,}5)h_в, \text{ м},$$

где $h_в$ — глубина воронки под зарядом, в среднем $h_в = 1{,}5h$, м.

Величину заряда определяют по формуле

$$Q = h_в q d^2, \text{ кг},$$

где q — удельный расход ВВ; принимают следующие значения:

Группа крепости пород по СНиП	III	IV	V	VI	VII	VIII
q, кг/м^3	20	30	40	50	80	130

Взрывание зарядов мгновенное с помощью ДШ.

При шпуровом и скважинном методах работ, учитывая высокие требования к качеству дробления горной массы, сетку расположения зарядов, как правило, принимают сближенной. При методе шпуровых зарядов рассчитывают расстояние между шпурами и их рядами, глубину шпуров и величину зарядов.

Шпуры располагают по сближенной сетке:

$$a = b = mW, \text{ м},$$

где b — расстояния между рядами шпуров, м;

m — коэффициент сближения зарядов; если максимально допустимый размер куска 0,5 м, то $m = 0{,}9$, если допустимый размер куска 0,3 м, то $m = 0{,}7$;

W — расчетное СПП;

$$W = 47 k_т d \sqrt{\frac{\Delta \cdot k_{ВВ}}{\rho}},$$

где Δ — плотность ВВ в патроне, г/см^3;

$k_{ВВ}$ — коэффициент работоспособности данного ВВ по отношению к аммониту 6ЖВ;

ρ — плотность взрываемой горной породы, г/см^3.

Глубина шпуров складывается из величины съема h (с учетом багермейстерского запаса) и перебура, т. е. $L = h + l_{пер}$.

Длина перебура в общем случае принимается для пород до VIII группы равной $10d$, выше VIII группы — $15d$.

Величина заряда $Q = 0{,}7Lp$, кг.

Рекомендуется применять порядное короткозамедленное взрывание.

При методе скважинных зарядов рассчитывают те же параметры, что и при шпуровом методе. Коэффициент сближения принимают $m = 0{,}7 \div 0{,}9$.

Расчетное СПП определяют по формуле

$$W = 53 k_т d \sqrt{\frac{\Delta \cdot k_{ВВ}}{\rho}}.$$

Учитывая, что при дноуглубительных работах в связи со сравнительно малыми мощностями съема длина заряда редко достигает $40d$, в рассчитанные параметры вносят поправку на уменьшенную длину заряда согласно следующим данным:

Длина зарядов в диаметрах	15	20	25	30	35
Величина сокращения параметров	0,7	0,75	0,85	0,9	0,95

Расстояние между скважинами и их рядами определяют по формуле:

$$a = b = mW.$$

Взрывание короткозамедленное по порядной или волновой схеме, а в случае необходимости регулирования высоты навала и мест его размещения подбирают специальные схемы.

Для установки буровых машин и бурения наиболее рационально применение специальных буровых платформ на воде на понтонах, снабженных выдвижными колонками для опоры в дно водоема. Возможно приспособление для установки буровых станков имеющихся плавсредств — барж, лихтеров и т. п. При проектировании установки бурового станка на таких плавсредствах необходимо на основе конструктивных чертежей переоборудуемого судна выполнить компоновочные чертежи.

Для заряжания наиболее целесообразно использовать легкие, но устойчивые самоходные суда типа катамаранов, которые обычно изготовляют в подготовительный период из имеющихся средств.

Если буровзрывные работы предполагается производить в зимний период, то проектом должно быть предусмотрено оборудование для устройства во льду майн. Размеры майн следует принимать максимальными для сокращения числа серий. В то же время размеры их должны быть такими, чтобы они перекрывались имеющимся лесоматериалом с запасом не менее 1,5 м, так как каждое бревно должно по длине не менее чем на 0,75 м лежать на льду. Бревна следует располагать через 1,0—1,5 м одно от другого, а поперек бревен следует укладывать широкие доски толщиной не менее 50 мм. Расстояние между досками 20—30 см. Майны следует располагать в таком порядке, чтобы время на данном участке до начала бурения на соседнем было достаточным для смерзания нарушенного взрывом льда (не менее недели).

Необходимо предусмотреть буровые, обсадные и зарядные трубы, багры, мерные наметки и вешки-пробки для отметки пробуренных скважин.

Должен быть согласованный график взрывных работ с графиком движения судов. В пределах опасной зоны вверх и вниз по реке необходимо выставлять посты оцепления.

Нужно определить безопасный радиус зоны для водных организмов при взрыве накладного заряда.

Вокруг этой зоны устанавливается барьер из сети, укрепленной на кольях или якорях. При невозможности установки постоянного барьера разрабатывают меры по отпугиванию рыбы, например, с помощью упреждающих взрывов малых зарядов. При наличии в пределах опасной зоны зимовальной ямы для защиты скоплений рыбы в ней следует применять пузырьковую завесу.

Углубление песчаных перекатов в меженный период

При ведении взрывных работ на песчаных перекатах на каждый объект (если работы в данном бассейне ведутся систематически) составляют проекты. Если же работы носят случайный характер, достаточно составление паспорта.

Взрывные работы на песчаных перекатах имеют целью разрушение поверхностного слоя для обеспечения размыва и дноуглубления его силой течения. Для этого сверху вниз по течению рядами взрывают накладные заряды ВВ. Величину заряда принимают в зависимости от глубины воды, скорости течения и типа переката (табл. 11.1). Расстояние между зарядами в ряду и между рядами зарядов определяют по табл. 11.2.

Таблица 11.1

Характер переката	Углубление при взрывании песчаных перекатов в зависимости от глубины воды (м, в числителе) и величины заряда (кг, в знаменателе)						
	Скорость течения, м/с	0,5/2,0	1,0/3,0	1,5/3,5	2,0/4,0	2,5/5,0	3,0/6,0
С резко выраженным гребнем	0,5	0,12	0,15	0,17	0,19	0,2	0,21
	0,6	0,14	0,18	0,23	0,23	0,24	0,26
	0,7	0,16	0,21	0,26	0,27	0,28	0,3
	0,8	0,19	0,24	0,27	0,3	0,32	0,35
Со слабо выраженным гребнем	0,5	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17
	0,6	0,12	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21
	0,7	0,14	0,18	0,19	0,21	0,23	0,25
	0,8	0,16	0,2	0,23	0,25	0,27	0,29
Типа россыпей	0,5	0,08	0,1	0,11	0,13	0,14	0,15
	0,6	0,09	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17
	0,7	0,11	0,14	0,16	0,18	0,19	0,2
	0,8	0,12	0,15	0,18	0,2	0,22	0,23
С ровным корытом	0,5	0,06	0,08	0,08	0,09	0,1	0,11
	0,6	0,07	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13
	0,7	0,08	0,1	0,12	0,13	0,14	0,15
	0,8	0,09	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17

Таблица 11.2

Величина заряда, кг	Расстояние между зарядами (м) в зависимости от глубины воды в перекате, м					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1	2,5	3,0	3,5	–	–	–
2	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
3	4,0	4,5	5,3	5,8	6,5	7,5
4	4,5	5,0	6,0	6,5	7,2	8,5
5	–	5,5	6,5	7,2	8,0	9,2
6	–	6,0	7,0	8,0	8,7	10,0
7	–	–	7,7	8,5	9,5	10,8
8	–	–	–	9,0	10,0	11,5
9	–	–	–	–	10,5	12,0
10	–	–	–	–	11,0	12,5

В зарубежных странах применяют специально изготовленные для подводного взрывания кумулятивные заряды.

Проектом должны быть учтены и особенности взрывных работ по углублению песчаных перекатов. Заряд представляет собой пакет, в котором ВВ уложено между двух отделений с балластом для обеспечения максимальной плотности прилегания его ко дну.

Заряды в ряду соединяют детонирующим шнуром. Взрывник, находящийся при подготовке взрыва на судне, которое движется строго по створу, сбрасывает через определенные промежутки готовые заряды в воду. Сбросив последний заряд, он подвязываст к концу ДШ зажигательную трубку и зажигает ее. После взрыва одного ряда зарядов заряжают следующий ряд.

11.2. ЛЕДОКОЛЬНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Ледокольные работы ведут в основном для защиты различных гидротехнических сооружений от ледохода в весенний период, а также при проводке судов через льды.

Весенние ледокольные работы содержат в себе элементы других видов работ. Так, рыхление льда вблизи охраняемых сооружений мало отличается от взрывания льда при проводке судов. Образование полыней ведется в принципе так же, как и выколка вмерзшей древесины при молевом сплаве. Ликвидация

ледовых заторов при ледоходе сходна с ликвидацией заторов на лесосплаве.

Ледокольные работы предусматривают: 1) образование полыней выше и ниже охраняемого сооружения; 2) образование полыней и дробление льда у берегов на излучинах и сужениях реки, в которых возможно образование заторов, на 10 км выше и ниже охраняемого сооружения; 3) дробление льда пойменных озер, расположенных на протяжении 10 км вверх от охраняемого сооружения; 4) выколку и вывод в затоны и другие укрытия вмерзших плавсредств, элементов наплавных мостов и т. п., оказавшихся выше охраняемого сооружения. Все эти работы должны быть полностью завершены до начала подвижки льда. В период самого ледохода взрывные работы ведутся для дробления отдельных крупных льдин, приближающихся к охраняемому сооружению, и для ликвидации заторов.

Должны быть выяснены максимальные, средние и минимальные уровни паводков и интенсивности ледоходов за последние 15—20 лет; известные в истории реки места образования заторов; расположение с точным нанесением на карту излучин и сужений реки, а также пойменных озер в 10 км выше и ниже охраняемого сооружения; выявлены и нанесены на карту вмерзшие плавсредства, наплавные мосты или их части, а также плоты; затоны и другие укрытия, в которые могут быть выведены плавсредства; толщина льда на участках, где необходимо его дробление.

На ледокольные работы составляют проект. В проект включают карту района с нанесением участков ледового покрова, подлежащих взрывному рыхлению, места хранения ВВ и расположения команд взрывников, а также типовые схемы расположения зарядов с таблицами их величин. При составлении проекта учитывают:

1) величину накладного заряда для образования во льду лунки-проруби, через которую под лед опускают основные заряды

Толщина кристаллического льда	До 0,7	0,7—0,9	0,9—1,1	1,1—1,2	1,2—1,3	1,3—1,4
Величина заряда аммонита 6ЖВ, кг	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0

2) глубину погружения заряда $W = (2{,}5 \div 3{,}0)h$ (здесь h — толщина льда);

3) расстояние между зарядами для образования полыней и «дворов», равное $(4\div5)W$ для дробления льда на озерах и излучинах, $10W$ — при удалении от охраняемого объекта до 3 км и $(12\div15)W$ — при большем удалении;

4) величину отдельного заряда — по формуле для сосредоточенных зарядов. Удельный расход ВВ для образования полыней принимают 0,5 кг/м^3; для разрушения озерного льда 0,9 кг/м^3;

5) при взрывной околке сооружений и судов глубину погружения заряда

$$W = \sqrt[3]{Q/q}, \text{ м};$$

6) безопасную величину заряда определяют по табл. 11.3. Некоторые схемы размещения зарядов при дроблении льда показаны на рис. 11.1.

Таблица 11.3

Объект	Безопасные расстояния (м) в зависимости от величины зарядов (кг)									
	0,3	0,5	1	2	3	5	7	10	15	20
До опор моста и ледорезов	3	5	8	13	15	18	20	22	25	28
До плавучих средств (баржи, плашкоуты и понтоны)	3	6	10	14	17	23	27	32	39	45
До застеклений (при взрывании наружных зарядов)	50	70	100	140	170	230	270	320	390	450

Пункты хранения ВМ выбирают таким образом, чтобы они были надежно связаны с местами работ дорогами, проезжими на протяжении всего ледоходного периода. Если таких дорог нет, пункты хранения организуют вблизи каждого предполагаемого места взрывных работ. Из тех же соображений выбирают пункты размещения бригад взрывников. Одна бригада взрывников может обслуживать несколько близко расположенных объектов. Бригаду взрывников возглавляет лицо, имеющее право руководства взрывными работами. Состав команды рассчитывают исходя из следующих соображений: на каждого взрывника двое ра-

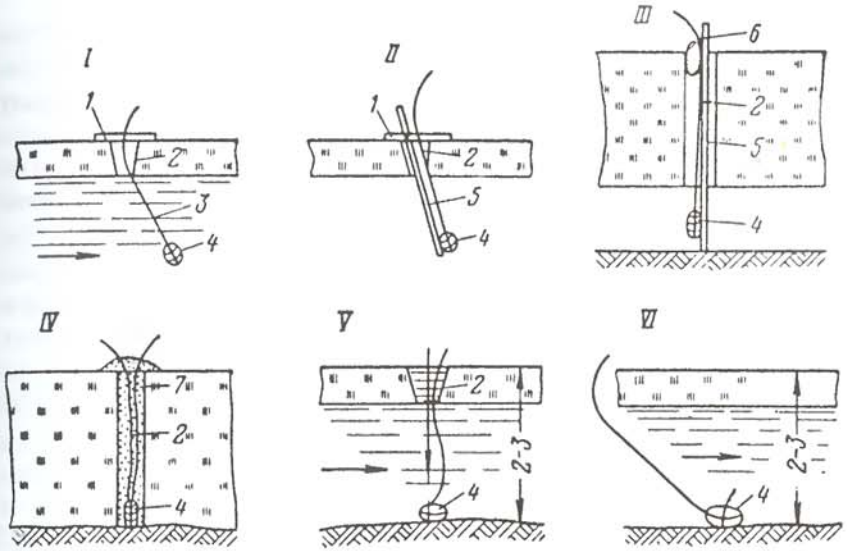


Рис. 11.1. **Схемы расположения зарядов при разрушении льда:**
I—VI — принципиальные схемы размещения зарядов под льдом; *1* — подкладка; *2* — лунка; *3* — удерживающий шпагат; *4* — заряд ВВ; *5* — рейка; *6* — пробка; *7* — мелкие куски льда

Таблица 11.4

Толщина льда, м	Затраты труда на 100 м ледяного покрова (чел./смен) при расстояниях между зарядами, м					
	5	6	8	10	12	15
0,4—0,7	0,52	0,35	0,22	0,17	0,11	0,07
0,7—1,0	0,44	0,31	0,17	0,13	0,09	0,09
1,0—1,9	0,35	0,26	0,13	0,09	0,07	0,05

бочих, а численность рабочей силы зависит от мощности льда и принятых параметров взрывания (табл. 11.4).

Бригада взрывников должна располагать следующим инвентарем, доставляемым на места до начала работ: лодки моторные и весельные 2—3; лестницы или трапы 2—3; доски толщиной 30—40 см 1—2 м ; палатки — по числу пунктов нахождения взрывников; ледорубы 1—2; ледомеры 1—2; пешни и сачки — по числу рабочих; брезенты 2 × 2 м 1—2; электромегафон 1; багоры длиной 6 м 2—3; багор длиной 1,5 м и спасательные жилеты —

по числу взрывников; спасательные круги 2—3; предохранительные пояса с капроновыми веревками длиной 25—30 м и кошки — по числу взрывников; ручная сирена 1; переносные предупредительные щиты 3—5; аптечка скорой помощи 1—2; сумки и рюкзаки для переноски ВМ — по числу взрывников; деревянные забойники — по числу взрывников; катушка с магистральными проводами 1; взрывные машинки 1—2; электроизмерительный прибор — 1 комплект; ручные электрические фонари — по числу лиц в команде; спецодежда (сапоги резиновые болотные, костюмы брезентовые, рукавицы, каски) — по числу лиц в команде; средства связи.

Для ледоходных работ следует применять водоустойчивые ВВ плотностью больше единицы с тем, чтобы заряд погружался под лед без груза: прессованные тротиловые шашки, аммонит 6ЖВ в патронах диаметром 90 мм.

Лунки-проруби для опускания основных зарядов готовят с помощью мотоледорубов ИЛБ-2, ОЛБ-42 или взрыванием накладных зарядов. Накладные заряды следует накрывать забойкой высотой не менее удвоенной толщины заряда. Взрывание — огневое. Для образования майн, расколки озерного льда заряды под лед опускают на шпагате или шесте. Инициирование зарядов — с помощью ЭД или ДШ.

Движущиеся льдины на подступах к охраняемому объекту следует раскалывать накладными зарядами. Их укладывают с лодок и лишь в крайнем случае заряды с укороченными зажигательными трубками (не менее 15 см, но не более 25 см) метают с берега или охраняемого сооружения.

11.3. ЛЕСОСПЛАВНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Лесосплавные взрывные работы имеют целью ликвидацию заторов при молевом сплаве (в весенне-летний период) и выколку вмерзшей древесины (в осенне-зимний период).

При выколке вмерзшей древесины молевого сплава работа производится так же, как и при разделке майн. При этом следует стремиться к максимальной глубине погружения зарядов, так как чем глубже погружен заряд, тем меньше повреждается древесина. Паспорт составляется из расчета одновременной выколки такого количества древесины, которое будет извлечено в течение смены. Выколка древесины, соединенной в плотах, производится посекционно, на расстояниях 1,5—2,0 м от углов секции взрывают два сосредоточенных заряда. Взрыв этих зарядов вызывает дробление звена и освобождение его от льда.

Взрывание заторов молевого лесосплава приводит к порче большого количества древесины. Поэтому к нему прибегают в крайнем случае, когда разборка затора оказывается невозможной. Техника разрушения затора молевого лесосплава та же, что и при ликвидации ледяного затора.

При проводке судов взрывные работы применяют для разрушения перемычек между разводьями путем взрыва зарядов в направлении движения судна.

Взрывные работы при проводке судов ведут по паспорту. Величина заряда рассчитывается по формуле $Q = qW^3$. Если взрывают соленый морской лед, удельный расход ВВ принимают 0,3—0,5 кг/м^3, речного (озерного) 0,7—0,9 кг/м^3.

При снятии судна (ледокола), застрявшего на ледяном поле, взрывают два ряда зарядов по 0,2—0,3 кг, заложенных на глубину 1,0—1,5 м в лед. Расстояние между зарядами в ряду 2—3 м, расстояние между рядами 1,5—2,0 м. Взрывание начинается со стороны кормы сериями по два-три заряда в каждом ряду.

При создании ледяной подушки вокруг судна для предохранения его от сжатия на расстоянии 15—20 м от бортов подводными зарядами по 8—10 кг создают полосу мелкоразрушенного льда шириной 15—20 м.

Необходимо придерживаться следующих расстояний от борта судна:

Величина заряда, кг	0,3	0,5	1	3	5	10	20	30	50
Безопасное расстояние, м	3,0	5	7	9	11	15	18	23	38

МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ

ГЛАВА 12

12.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В практике трубопроводного строительства технологические схемы и методы производства земляных работ существенно различаются между собой при выполнении работ: в обычных условиях; в мерзлых грунтах; на болотах и заболоченных участках; в скальных грунтах на равнинных и горных участках; в барханно-песчаных грунтах; под водными преградами.

При строительстве магистральных трубопроводов в зависимости от схемы их прокладки устраивают следующие земляные сооружения: траншеи, насыпи, полувыемки-полунасыпи, каналы, отвалы, канавы, перемычки и др. По сроку службы такие земляные сооружения, как траншеи, отвалы, перемычки, каналы, в трубопроводном строительстве относятся к временным. Постоянными сооружениями считают насыпи, выемки, полувыемки-полунасыпи, водоотводные канавы. Большинство из указанных сооружений имеют значительную протяженность.

Все виды работ технологического процесса по строительству магистральных трубопроводов, включая и буровзрывные работы, ведутся в пределах полосы отвода (строительной полосы), ширина которой принимается по табл. 12.1.

Таблица 12.1

Рекомендуемая ширина полосы отвода земель для строительства трубопроводов разного диаметра

Диаметр трубопровода, мм	Ширина полосы отвода земель, м	
	без рекультивации	с технической рекультивацией
<426	20	28
529—720	23	33
820—1020	28	39
1220	30	42
1420	32	45

Таблица 12.2

Рекомендуемые расстояния между смежными нитками разного диаметра

Наименование трубопроводов	Расстояние между осями смежных трубопроводов (м) при диаметре трубопровода, мм				
	<426	426—720	820—1020	1220	1420
Газопроводы	8	9	11	13	15
Нефтепроводы и нефтепродуктопроводы	5	5	6	6	7,

Ширину строительной полосы на период строительства для двух и более параллельно строящихся магистральных трубопроводов принимают равной ширине полосы земли для одного трубопровода, согласно табл. 12.1, и расстоянию между осями смежных трубопроводов (табл. 12.2).

Каждое земляное сооружение при строительстве магистральных газопроводов имеет свое назначение, свои характерные составные элементы и параметры в зависимости от физико-технических свойств грунтов, диаметра трубопровода.

Параметры полок. При прокладке магистральных трубопроводов на косогорных участках для размещения траншей и изоляционно-укладочных колонн устраивают полки.

Выбор конструкции полок рекомендуется проводить по величине поперечного уклона (рис. 12.1).

Величина угла поперечного уклона, градус	8—12	12—18	>18
Конструкция полки	Полунасыпь-полувыемка	С уступами для насыпи	Чистая выемка

Минимальную ширину полки рекомендуется определять по формуле

$$Ш_п = c + B + a + 1, \text{ м},$$

где c — ширина бермы для размещения отвала грунта из траншей, м;

B — ширина траншеи поверху, м;

a — ширина гусеничного хода трубоукладчика, м.

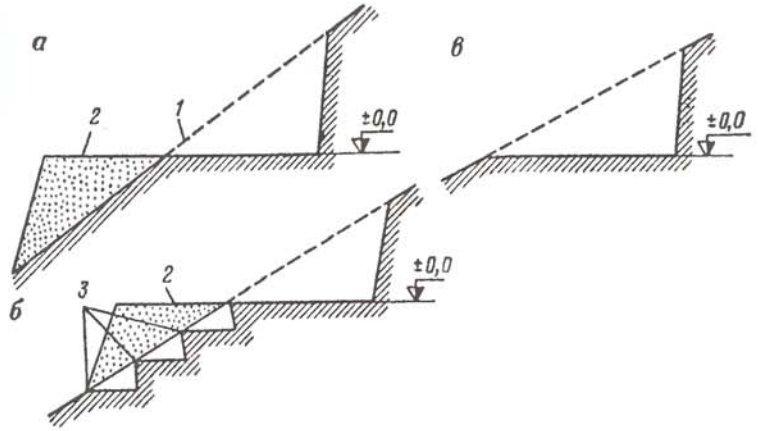


Рис. 12.1. **Схемы устройства полок на косогорах:**
а — полунасыпь-полувыемка; *б* — с уступами для насыпи; *в* — «чистая выемка»; *1* — полувыемка; *2* — полунасыпь; *3* — уступы

Для обеспечения беспрепятственного передвижения строительных и транспортных машин минимальную ширину полки при укладке одного трубопровода принимают не менее 8 м.

Уклоны откосов полок зависят от характеристик грунтов, типа врезки и принимаются по табл. 12.3.

Глубина траншей при прокладке магистральных трубопроводов должка равняться диаметру трубы плюс необходимая величина засыпки над ней, которая определяется условиями обеспечения сохранности трубопровода при проведении сельскохозяйственных и мелиоративных работ, проезде транспортных средств и т. д. Расстояние от верхней образующей трубы до поверхности грунта в обычных условиях принимается равным 0,8 м, для трубопроводов диаметром менее 1000 мм и 1 м — диаметром 1000 мм и более. В скальных грунтах при отсутствии проезда автотранспорта и сельскохозяйственных машин толщина слоя засыпки над трубопроводом принимается равной 0,6 м. В оползневых районах при малой толщине оползающего слоя грунта трубопровод заглубляется ниже зеркала скольжения.

Ширина траншеи по дну принимается равной D + 300 мм (D — диаметр трубопровода) для трубопроводов диаметром менее 700 мм и 1,5D — для трубопроводов больших диаметров. Для

трубопроводов диаметром 1220 и 1420 мм при откосе 1:0,5 и более ширину траншеи по дну допускается уменьшить до D +500 мм. На криволинейных участках трубопровода ширина траншеи по отношению к прямолинейным удваивается.

Таблица 12.3

Величины уклона откоса полок

Тип врезки	Характеристика грунта	Уклон откоса полок
Полувыемка	Выветрившийся скальный грунт	1:0,1
	Скальные грунты, подверженные осыпанию и оползанию	1:0,5—1:0,2
	Мергелистые и щебенистые	1:1—1:0,5
Полунасыпь	Скальный грунт	1:0,75
	Каменистый и щебенистый	1:1
	Минеральный	1:0,5

12.2. МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТИПЫ ВВ

Основной объем взрывных работ при строительстве магистральных трубопроводов осуществляется при выполнении следующих видов работ:

а) подготовительные — разделка валунов и пней, валка деревьев в пределах строительной полосы;

б) земляные:

- сооружение траншей в скальных грунтах — разрыхление скальных грунтов;
- сооружение полок — разрыхление скальных грунтов в пределах проектных контуров полей;
- сооружение траншей на болотах — уплотнение грунтов с образованием траншеи проектного профиля;
- сооружение траншей в мерзлых грунтах — разрыхление мерзлых грунтов;
- сооружение подводных траншей — разрыхление скальных грунтов;

в) прокладка майн — разрушение льда.

Буровзрывные работы на строительстве трубопроводов выполняют специальные подразделения. Они имеют в своем распоряжении все необходимое оборудование, материалы и специально подготовленный для ведения взрывных работ персонал.

Буровзрывные работы проводят только при наличии проекта производства работ или паспорта буровзрывных работ, составленных в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах и после согласования с дирекцией строящегося трубопровода.

В трассовых условиях для перевозки ВВ, средств инициирования и взрывников используется передвижной пункт взрывчатых материалов ПВМ-2, разработанный СКБ «Газстроймашина», который изготавливают на шасси высокопроходимых машин ЗИЛ-131.

Техническая характеристика передвижного пункта

Грузоподъемность, т	4,5
Тип кузова	КУНГ-1М
Внутренние размеры, мм:	
длина	3826
ширина	2250
высота	1800
Максимальное количество перевозимых ВМ:	
детонаторов, шт.	5000
взрывчатых веществ, т	1,2
детонирующего шнура, м	500
огнепроводного шнура, м	9000
взрывчатых веществ при кратковременном хранении, т	3,0
Масса, кг	6270

Для транспортировки ВМ по заболоченной местности применяют специально оборудованные вездеходы, болото- и снегоходы с санным прицепом. Для доставки ВМ в труднодоступные места используют вертолеты МИ-4 и МИ-6.

Объем взрывных работ при строительстве магистральных нефтегазопроводов должен быть увязан с общей организацией работы землеройных механизмов и темпов работы механизированного потока.

Таблица 12.4

Рекомендуемые методы ведения взрывных работ и типы ВВ при строительстве магистральных трубопроводов

Условия взрывания	Методы взрывных работ	Тип ВВ
Разделка валунов, корчевка пней	Накладные заряды Шпуровые заряды Гидровзрывание	Аммонит 6ЖВ
Сооружение полок	Шпуровые заряды Скважинные заряды Котловые заряды Взрывы на выброс	Аммонит 6ЖВ Гранулит АС-4 Гранулит АС-8
Сооружение траншей в скальных грунтах	Шпуровые заряды Скважинные заряды	Граммонит 79/21 (82/18) Гранулит АС-8, аммонит 6ЖВ, эмульсолит П
Сооружение траншей в мерзлых грунтах	Шпуровые заряды Скважинные заряды Удлиненные горизонтальные заряды	Гранулит АС-4, гранулит АС-8 Граммонит 79/21 (82/18) Эмульсолит П Аммонит 6ЖВ
Сооружение траншей на болотах	Сосредоточенные заряды Удлиненные горизонтальные заряды Накладные заряды	Эмульсолит П, гранипоры
Сооружение подводных траншей	Шпуровые заряды Скважинные заряды Накладные заряды Удлиненные горизонтальные заряды	Аммонит 6ЖВ Водоустойчивый аммонал Эмульсолит П
Взрывные работы вблизи действующих трубопроводов	Шпуровые заряды Скважинные заряды	Аммонит 6ЖВ Граммонит 79/21

В зависимости от условий проведения работ, целей и поставленных задач рекомендуется применять различные методы взрывных работ и типы ВВ (табл. 12.4).

12.3. МЕТОДЫ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОЛОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

При ведении подготовительных работ на трассе взрывные работы применяют для дробления валунов и корчевки пней.

Дробление валунов на трассе ведется наружными, кумулятивными зарядами, шпуровым методом и гидровзрыванием.

Масса наружного заряда для дробления валуна рассчитывается по формуле

$$Q = qV,$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м^3;

V — объем валуна, м^3.

При дроблении крупного валуна несколькими накладными зарядами общую массу заряда рекомендуется увеличить на 20%, при этом массу одного наружного заряда Q определяют из выражения

$$Q_1 = 1{,}2Q/N,$$

где N — число наружных зарядов на одном валуне.

Наружные заряды с водяной забойкой в полиэтиленовых мешочках рекомендуется применять в летнее время. Площадь полиэтиленового мешочка должна быть в два раза больше поверхности взрываемого заряда. Толщина слоя воды не менее 5—6 см. При этом удельный расход ВВ уменьшается, разлет кусков породы составляет всего 25—75 м. Экономия ВВ при взрыве 1 тыс. м^3 валунов составляет 500—800 кг.

Кумулятивные заряды рекомендуется применять при прокладке трубопроводов в горах.

В зимнее время кумулятивные заряды рекомендуется применять с усиленной снежной забойкой высотой 0,5—0,7 м.

В сложных условиях трассы для взрывания валунов рекомендуется применять шпуровое гидровзрывание. При летних условиях шпуры заполняются водой, в зимнее время — горючей смесью.

При шпуровом методе в центре валуна глубиной 0,3—0,5 его толщины бурится шпур, в который закладывается заряд ВВ (обычно на 1/4—1/5 глубины), и делается забойка из мелкой породы или воды до устья шпура.

Общая масса заряда ВВ (кг) определяется по приведенной выше формуле, а удельный расход принимается по табл. 12.5.

Масса заряда одного шпура

$$Q_1 = \frac{\pi d^2}{4} \Delta l_ш k, \text{ кг},$$

где d — диаметр шпура, м;

Δ — плотность заряжания, кг/м^3;

$l_ш$ — длина шпура, м;

k — коэффициент заполнения шпура (k =2/3).

Таблица 12.5

Удельный расход аммонита 6ЖВ для шпуровых зарядов

Категория пород по СНиП	Расчетный удельный расход аммонита 6ЖВ (кг/м^3) при длине ребра валуна, м	
	0,5—0,6	0,7—0,8
VII—VIII	0,38	0,2
IX—X	0,50	0,27
XI—VIII	0,58	0,29
XIV—XVI	0,65	0,32

Валун большого размера обуривается несколькими шпурами, заряды в которых взрываются одновременно. Число шпуров на валун большого объема $N = Q/Q_1$.

Корчевка пней взрывным методом применяется при диаметре пня более 35 см, при пнях любых размеров, расположенных в мерзлых и твердых породах, когда корчевка их машинами по условиям строительства (труднопроходимости по залесенным местностям) невозможна.

При корчевке пней заряды ВВ размещают либо под пнем в выбуриваемом шпуре (подкоп), либо в шпуре, высверленном в самой древесине.

Масса заряда

$$Q = q_1 d,$$

где q_1 — удельный расход ВВ на 1 см диаметра пня (см. табл. 8.1);

d — диаметр пня, см.

12.4. МЕТОДЫ ВЗРЫВНОГО СООРУЖЕНИЯ ТРАНШЕЙ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

Сооружение траншей в скальных породах включает следующие основные операции: очистка трассы от крупных валунов и рыхлого грунта, когда он покрывает коренной скальный грунт; рыхление коренного скального грунта взрывом; разработка разрыхленного грунта экскаватором.

Сооружение траншей с помощью шпуровых зарядов обеспечивает наилучшее соответствие профиля траншеи проектному, хорошее дробление, исключает большой разброс кусков породы.

При ширине траншей понизу 1,5 м шпуры располагают в один ряд (рис. 12.2, *а*), при большей ширине — в два и три ряда (рис. 12.2, *б* и *в*).

При сооружении траншеи глубиной до 1,2 м и шириной 1,5—1,8 м шпуры можно располагать в один ряд с одного борта траншеи с уклоном к ее середине под углом 45—60°. Благодаря такому расположению шпуров порода разрушается и частично выбрасывается в сторону, противоположную шпурам.

Расчет параметров взрывных работ при шпуровом методе рекомендуется вести в следующей последовательности.

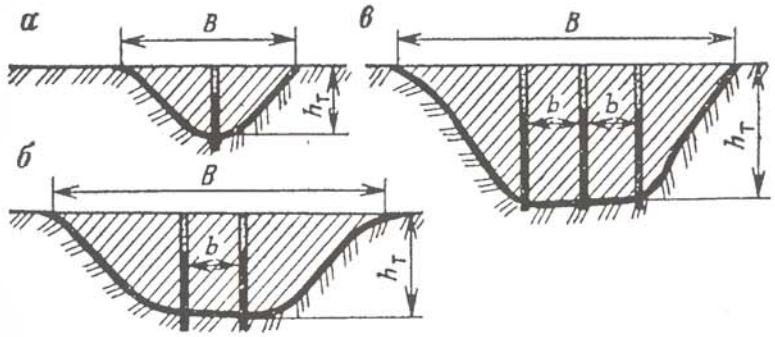


Рис. 12.2. **Схемы расположения шпуров при проведении траншей:**
а — однорядное; *б* — двухрядное; *в* — трехрядное

Рассчитывают массу шпурового заряда по вместимости ВВ:

$$Q = (l_ш - l_{заб})p,$$

где $l_ш$ — длина шпура;

$l_{заб}$ — длина забойки, м;

p — вместимость ВВ в 1 м шпура.

Длина шпура устанавливается в зависимости от проектной глубины траншеи ($h_т$) и величины перебура ($l_{пер}$), который принимают в пределах $l_{пер}$=(0,1÷0,15) $h_т$. Длина забойки $l_{заб}$ равна 1/3 глубины шпура, м.

По необходимой площади взрываемого участка S и глубине траншеи $h_т$ определяется количество взрываемых шпуров:

$$N = S h_т q_р / Q,$$

где $q_р$ — расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3;

Q — масса шпурового заряда, кг.

Расстояние между шпурами (a) принимается в следующих пределах в зависимости от способа взрывания:

для огневого способа $a = (1,2÷1,5)h_т$,

электрического $a = (1,0÷1,5)h_т$.

Расстояние между рядами шпуров (b) устанавливается:

при огневом взрывании $b = 0,85h_т$;

при короткозамедленном $b = h_т$.

Сооружение траншей скважинными зарядами на выброс

При строительстве магистральных трубопроводов большого диаметра сооружение траншей может быть осуществлено скважинными зарядами на выброс.

Порядок расчета скважинных зарядов выброса следующий.

Приняв величину W (ЛНС) зарядов равной глубине сооружаемой траншеи ($h_т$), рассчитывают необходимую линейную массу заряда, кг/м:

$$Q' = 1,2q_р W^2(n^2 - n + 1),$$

где $q_р$ — расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3;

n — показатель действия взрыва.

Для образования траншей под укладку трубопроводов диаметром до 1000 мм n принимается равным 1,5÷1,7, для диаметров более 1000 мм n = 1,8÷2,0.

Глубину скважины определяют по формуле

$$L = 1,25W.$$

Расстояние между скважинными зарядами

$$a = 0,5pL/Q,$$

где p — вместимость ВВ в 1 м скважины, кг.

Масса заряда в скважине рассчитывается по формуле

$$Q = Q'a.$$

Нормальным считается такое размещение заряда, при котором длина забойки составляет

$$l_{заб} = 0,75W.$$

Для получения одностороннего выброса породы применяют наклонные скважинные заряды, образующие плоскую систему зарядов.

Глубину скважин определяют по формуле $L = h_т/\sin\alpha$, где α — угол наклона скважины к горизонту, градус. В результате наклона скважины обеспечивается выброс 80% породы на один из бортов траншеи.

Для получения хороших результатов взрыва расчетный удельный расход ($q_р$) следует принимать для врубовых скважин 3 кг/м^3 с последующим увеличением по рядам до 5 кг/м^3 (в наиболее удаленной от вруба части поперечного профиля траншеи).

Сетку скважин необходимо рассчитать так, чтобы расстояния между скважинами в ряду были в 2—3 раза меньше, чем между рядами скважин в поперечном профиле траншей.

12.5. МЕТОДЫ ВЗРЫВНОГО СООРУЖЕНИЯ ТРАНШЕЙ И КАНАЛОВ

Строительство магистральных трубопроводов в районах Западной и Восточной Сибири, а также севера Европейской части России связано с большими техническими трудностями при прокладке их по заболоченным участкам. На участках болот и заболоченных территорий прокладку трубопроводов ведут, как правило, в зимнее время, что требует дополнительных затрат на устройство зимников, резко уменьшает эффективность вы-

полнения земляных работ. Одним из эффективных методов, который позволяет вести строительство круглогодично, является прокладка трубопроводов на болотах с разработкой траншей взрывом.

Сосредоточенные заряды целесообразно применять на глубоких болотах, покрытых лесом, при образовании каналов глубиной до 5 м и шириной поверху до 20 м. По оси выемки на расчетном расстоянии друг от друга взрывным способом образуют зарядные воронки. В них размещают сосредоточенные заряды, в результате взрыва которых образуется линейная выемка заданного профиля (рис. 12.3).

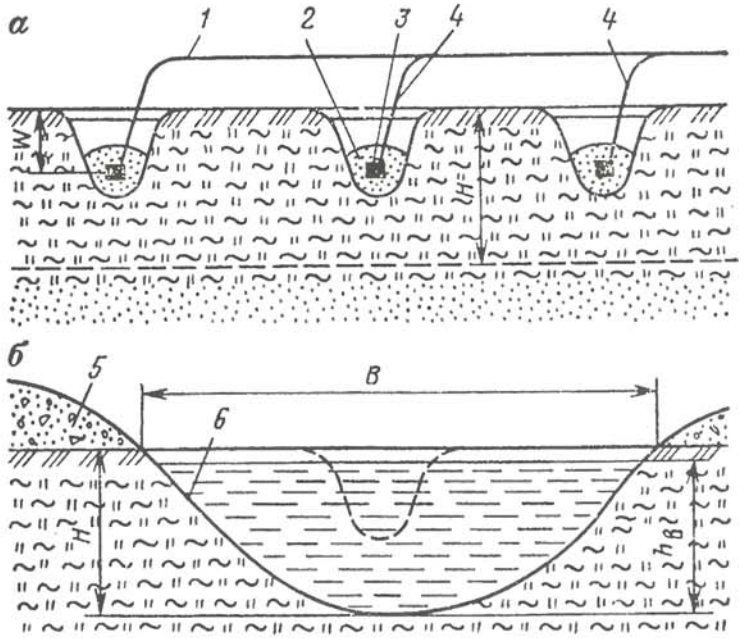


Рис. 12.3. **Образование каналов на болотах методом сосредоточенных зарядов:**
а — монтажная схема однорядного взрывания сосредоточенных зарядов в зарядных воронках; *б* — канал, образованный взрывом сосредоточенных зарядов; H — глубина канала; $h_в$ — глубина воды в канале; *1* — магистраль ДШ; *2* — заряд ВВ; *3* — боевик; *4* — ДШ боевика; *5* — навал выброшенного грунта; *6* — профиль канала, образованного взрывом

Для образования зарядных воронок глубиной до 2 м в торфяных грунтах с применением скважинных зарядов используют водоустойчивые ВВ в патронах диаметром до 46 мм.

При отсутствии патронированных ВВ, а также в малосжимаемых грунтах для образования зарядных воронок глубиной до 1,5 м рекомендуют использовать сосредоточенные заряды в водонепроницаемых оболочках.

Расчет параметров взрывных работ рекомендуют вести в следующей последовательности.

1. Линию наименьшего сопротивления определяют из условия

$$W = (0{,}3 \div 0{,}5)H,$$

где H — проектная глубина канала, м.

2. Массу основного сосредоточенного заряда определяют по формуле, предложенной ВНИИСТом:

$$Q = 1{,}83qW^3 f(n),$$

где q — расчетный удельный расход ВВ (табл. 12.6), кг/м^3;

$f(n)$ — функция показателя действия взрыва, которая при мощности торфа более 1,5 проектной глубины канала и величине $W \le 1{,}0$ м принимается

$$f(n) = 0{,}25 + 0{,}75n^3,$$

где n — показатель действия взрыва, который принимается, в зависимости от требуемых параметров канала, в пределах $n = 1{,}6 \div 2{,}1$.

Таблица 12.6

Рекомендуемые расчетные расходы ВВ при взрываниях на болотах

Наименование грунтов и видов торфа	Водонасыщенность	Удельный расход ВВ, кг/м^3
Вязкие суглинка, глины	Водонасыщенные	0,7—0,8
	Средней водонасыщенности	1,1—1,2
Плотные глины, тяжелый мореный суглинок с валунами, супеси	Водонасыщенные	1,2—1,4
	Средней водонасыщенности	1,5—1,8

Окончание табл. 12.6

Наименование грунтов и видов торфа	Водонасыщенность	Удельный расход ВВ, кг/м³
Пески	Водонасыщенные	1,3—1,5
	Средней водонасыщенности	1,4—1,8
Торф	Водонасыщенный	0,5—0,7
	Влажный	0,6—1,0

3. Коэффициент крутизны откосов канала, образованного взрывом,

$$i = H/(nW).$$

4. Расстояние между сосредоточенными зарядами при $n \le 5$

$$a = 0{,}5W(n - 1).$$

При сооружении каналов в болотах с деревьями диаметром до 25—30 см с сильноразвитой корневой системой для обеспечения их выброса массу заряда рекомендуется увеличить на 10—15% от расчетной.

Метод удлиненных горизонтальных зарядов рекомендуется для образования каналов и траншей глубиной до 3,5 м и шириной поверху до 15 м на открытых и малолесенных болотах. Метод целесообразно использовать при сооружении каналов и траншей на болотах, мощность которых составляет более половины заданной глубины выемки, а дно траншеи находится на минеральном основании. Метод включает следующие операции: подготовку поверхности болота по оси траншеи или канала, укладку пострелочных зарядов в обводненной зарядной траншее; взрывание основного заряда с целью образования канала или траншеи с заданными параметрами.

Зарядные траншеи для укладки основных удлиненных горизонтальных зарядов могут быть образованы:

- взрывом неболыших сосредоточенных зарядов;
- взрывом вертикальных шпуровых или скважинных зарядов.

Образование неглубоких зарядных траншей (до 0,5—0,6 м) может выполняться взрыванием 3—6 ниток детонирующего шнура. Обычно на обводненных болотах зарядные траншеи глубиной до 1,2 м образуют взрывом удлиненного заряда в одну стадию.

При глубине зарядной траншеи более 1,2 м ее образуют в две стадии: сначала взрывают поверхностный удлиненный горизонтальный заряд для создания начальной зарядной траншеи, а затем пострелочный заряд размещают в образованной начальной траншее для получения конечной зарядной траншеи (рис. 12.4).

При расчете параметров взрывных работ с использованием удлиненных горизонтальных зарядов вначале рассчитывают заряды для образования зарядной траншеи, а затем основные заряды.

Определяется глубина зарядной траншеи:

$$h = (0{,}3 \div 0{,}5)H,$$

где H — проектная глубина траншеи, м.

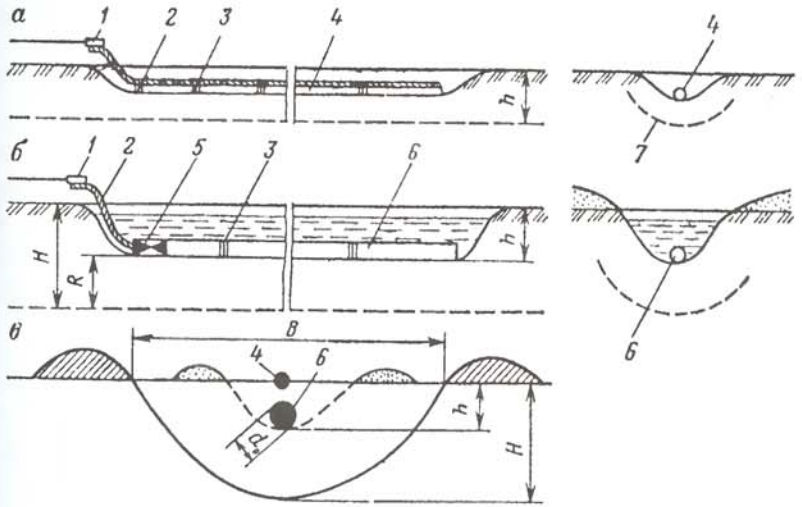


Рис. 12.4. **Образование канала на болоте взрывом удлиненного горизонтального заряда:**
а — схема монтажа взрывной сети для образования зарядной траншеи; *б* — схема монтажа взрывной сети для взрывания основного заряда; *в* — общая схема образования канала взрывом; *1* — ЭД; *2* — ДШ; *3* — шпагат; *4* — пострелочный заряд; *5* — боевик; *6* — основной заряд; *7* — проектный профиль канала; H — глубина канала; h — глубина зарядной траншеи; R — радиус сжатия грунта взрывом; B — ширина канала; d_0 — диаметр основного заряда

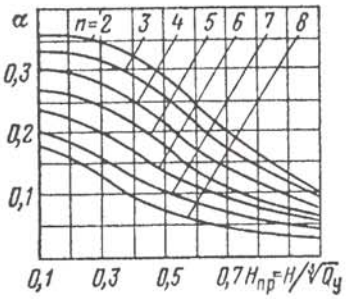


Рис. 12.5. **График к определению α в зависимости от приведенной глубины болота $H_{пр}$ и показателя действия взрыва n**

Определяется диаметр прострелочных удлиненных зарядов:

$$d = \frac{2h}{k\sqrt{\pi\Delta}},$$

где k — коэффициент сжатия грунта взрывом удлиненного горизонтального заряда (при взрывании аммонита 6ЖВ в малоплотных породах $k = 0{,}5$, в плотных породах $k = 0{,}4$);

Δ — плотность ВВ в заряде (для аммонитов $\Delta = 900$ кг/м^3).

Определяется линия наименьшего сопротивления. При показателе действия взрыва $n > 2$ значение W определяется по формуле

$$W = H - R_{сж},$$

где $R_{сж}$ — радиус сжатия.

Для заглубленного удлиненного заряда

$$R_{сж} = \alpha\sqrt{Q_у},$$

где α — эмпирический коэффициент, определяемый (рис. 12.5) по номограмме ВНИИСТа;

$Q_у$ — масса основного удлиненного заряда, кг.

Масса основного удлиненного горизонтального заряда на 1 м определяется по формуле

$$Q_у = qW^2 f(n),$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м^3, принимается по табл. 12.6.

Значение $f(n)$ по рекомендации ВНИИСТа определяют из выражения

$$f(n) = n^2 + 0{,}7(n - 1).$$

Расчет диаметра основного удлиненного горизонтального заряда определяют по формуле

$$d_0 = \sqrt{4Q_у/(\pi\Delta)}.$$

Перед массовыми взрывными работами рекомендуется провести опытные взрывы на участке длиной 20—30 м для уточнения расчетных параметров.

12.6. МЕТОДЫ СООРУЖЕНИЯ ВЗРЫВОМ ПОДВОДНЫХ ТРАНШЕЙ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ДЮКЕРОВ

Через реки и другие водные препятствия переходы сооружают, в основном, с укладкой трубопроводов (дюкеров) в траншею. Разработка подводных траншей — наиболее трудоемкий и сложный вид работ при строительстве подводных переходов.

Разработка тяжелых и скальных грунтов выше VII группы под водой, при условии невозможности применения различного вида плавучих технических средств, осуществляется взрывным способом — шпуровыми, скважинными или накладными, а также удлиненными горизонтальными зарядами.

Необходимость применения взрывного способа для разработки подводных траншей определяется проектом организации строительства, который должен быть согласован с Ростехнадзором, Рыбнадзором и на судоходных водоемах (в период навигации) — со службой пути пароходства. Параметры подводной траншеи устанавливают диаметром трубопровода, при этом учитывают тип грунта, способ его разработки, скорость течения воды и перемещения донных наносов.

Шпуровые заряды применяют при глубине разрыхления породы до 2 м и послойно. При этом диаметр шпуров не превышает 75 мм, а глубина их 3—5 м. Бурение шпуров производят бурильными молотками. Перед бурением шпуров с поверхности скальной породы, подлежащей рыхлению, снимается слой наносов при помощи средств гидромеханизации или других землеройных механизмов.

При расчете параметров взрывных работ определяют величину заряда, сопротивление по подошве, расстояние между шпурами и длину шпуров.

Расчетное сопротивление по подошве (W) принимается больше глубины рыхления (H) на 0,2÷0,4 м, т. е.

$$W = H + (0{,}2 \div 0{,}4).$$

Шпуры располагают по сетке с расстояниями между шпурами (a) и рядами (b):

$$a = b = mW,$$

где m — коэффициент сближения зарядов, принимаемый $m = 0{,}9$ при максимально допустимом размере куска 0,5 м и $m = 0{,}7$ при размере куска 0,3 м.

Длина шпуров $L = h + l_{пер}$, где h — глубина рыхления; $l_{пер}$ — величина перебура.

Длина перебура в общем случае принимается для пород VIII группы равной $10d_з$, выше VIII группы — $15d_з$, где $d_з$ — диаметр заряда.

Массу заряда определяют по формуле

$$Q = 0{,}4Lp,$$

где L — длина шпура;

p — вместимость ВВ в 1 м шпура, кг/м.

Рекомендуется применять порядное короткозамедленное инициирование при помощи ДШ.

Скважинные заряды рассчитывают так же, как и шпуровые.

Масса скважинного заряда определяется по формуле М.М. Борескова:

$$Q = (0{,}4 + 0{,}6n^3)qW^3,$$

где n — показатель действия взрыва, принимают при величине h (глубина рыхления) до 4 м равным 2,5; при $h = 3 \div 5$ м $n = 3$; при $h = 5 \div 7$ м $n = 3{,}5$;

q — удельный расход ВВ, кг/м^3.

Значения удельного расхода ВВ q (кг/м^3) для различных пород при производстве подводных взрывов приведены ниже.

Песок рыхлый и плывуны	0,4
Гравелистые породы	0,7
Супесь плотная с мелкой галькой	0,9
Суглинок плотный	1,35
Глина плотная	1,4
Скальные породы мягкие с естественными нарушениями	1,55—1,6
Известковые породы и другие скальные породы средней крепости (без трещин)	1,86
Гранитные породы	2,2

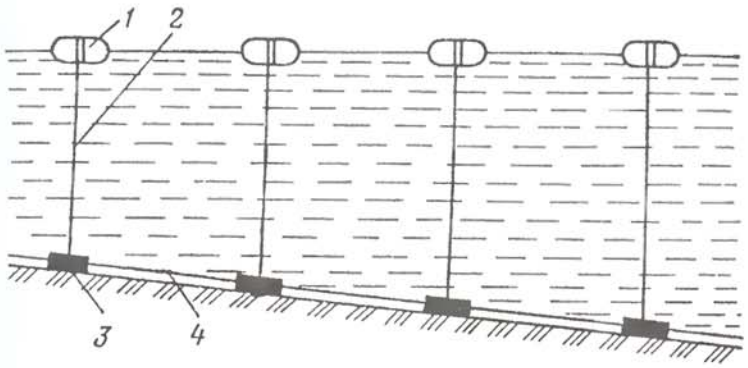


Рис. 12.6. **Образование подводных траншей накладными зарядами:** *1* — буйки; *2* — шнуры; *3* — заряды; *4* — ДШ

Накладные заряды применяют в случаях разработки траншей на малых переходах, при глубине рыхления пород до 1 м, при наличии труднобуримых пород, на участках водоемов, куда затруднена доставка плавучих буровых механизмов, для доработки подводных траншей до проектных отметок (рис. 12.6).

Расчет параметров взрывных работ при методе накладных зарядов проводится в следующей последовательности.

Определяют расстояние между зарядами

$$a = (2{,}5 \div 3{,}5)p_в,$$

где $p_в$ — глубина воронки под зарядом, в среднем $p_в = 1{,}5h$, м;

h — глубина рыхления, м.

Массу заряда определяют по формуле

$$Q = qp_в a^2,$$

где q — удельный расход ВВ, приведен в табл. 12.7.

Расстояние между зарядами b принимают:

для плотных грунтов $b = 0{,}8h$;

для трещиноватых грунтов $b = h$.

ВВ для накладных зарядов, размещаемых на дне канала или водоема, должны быть водоустойчивы. При взрыве накладных зарядов должно происходить перекрытие воронок разрушения, причем если вертикальный радиус разрушения R принять за единицу, то его горизонтальный радиус составляет $(1{,}4 \div 1{,}5)R$ в зависимости от свойств грунтов.

Если верхний слой сложен мягкими грунтами, то взрывы накладных зарядов не дают необходимого эффекта. В этом случае верхний грунт до укладки зарядов следует удалять.

Таблица 12.7

Рекомендуемые удельные расходы ВВ при подводном взрывании накладными зарядами

Группа пород по СНиП	q, кг/м³	Группа пород по СНиП	q, кг/м³
II	12	VII	80
Ш	20	VIII	100
IV	30	IX	120
V	40	X	150
VI	50		

При рыхлении скальных грунтов целесообразно применение кумулятивных зарядов. При этом отпадает необходимость бурить скважины или шпуры.

Кумулятивные заряды устанавливают по оси будущей траншеи. В основании заряда закрепляют бетонные блоки для фиксации их положения. Недостаток — высокая стоимость этих зарядов.

Метод удлиненных горизонтальных зарядов применяют для неглубоких траншей с использованием в качестве ВВ пироксилиновых порохов или гранипоров, заряды которых помещают в полиэтиленовые шланги.

1. Расход ВВ на 1 м длины траншеи

$$Q = 0{,}5(B + b)Hq,$$

где B — ширина траншеи поверху, м;

b — ширина траншеи по дну;

H — глубина траншеи, м;

q — удельный расход пороха (табл. 12.8).

Диаметр заряда

$$d = a_{\text{п}} \sqrt{\frac{(B+b)H}{\Delta}},$$

где $a_{\text{п}}$ — коэффициент, зависящий от плотности грунта (см. табл. 12.8);

Δ — плотность порохового заряда, г/см³.

Таблица 12.8

Рекомендуемые удельные расходы бездымного пороха для подводного взрывания

Категория грунта	Удельный расход пороха q, кг/м³	Коэффициент $a_{\text{п}}$
I	1,28	0,028
II	1,77	0,033
III	1,86	0,034
IV	2,60	0,040
Скальный грунт	10,0	0,080

Производство взрывных работ под водой или на береговых участках водоема оказывает отрицательное воздействие на ихтиофауну, нанося ей определенный ущерб в результате поражающего действия гидроударной и сейсмической волн.

На основании проведенных исследований Институтом геофизики АН УССР и ВНИИСТом, установлено, что при взрыве накладных зарядов давление на фронте подводной ударной волны (ПУВ) увеличивается на 21—23% по сравнению с другими методами взрывных работ. Предложена зависимость, позволяющая при известных величинах давления ($p_{\text{б}}$) на фронте ПУВ, которые безопасны для охраняемых объектов или ихтиофауны, определять безопасные расстояния:

$$R_{\text{б}} \geq \sqrt[3]{Q}\left(\frac{A}{p_{\text{б}}}\right)^{1/\alpha},$$

где A — коэффициент, равный 66,0 для аммонита 6ЖВ;

$\alpha = 1{,}14$;

Q — масса взрываемого заряда, кг.

Для практических целей при проектировании взрывных работ рекомендуется радиус опасной зоны по глушению рыбы давлением на фронте волны не более 0,3 МПа определять по формуле

$$R = c\sqrt[3]{Q},$$

где c — коэффициент для накладных зарядов равный 100, для углубленных в грунт зарядов рыхления равный 20;

Q — общая масса зарядов, взрываемых в грунте, кг.

Наиболее эффективным для технологии работ и менее опасным для ихтиофауны является короткозамедленное взрывание

скважинных зарядов, получившее наибольшее распространение в практике строительства подводных переходов.

В целях обеспечения сохранности ихтиофауны, ограждения мест подводных взрывов применяют экранирующие устройства, позволяющие гасить гидроударные волны. Экран, разработанный в Институте геофизики АН Украины, представляет собой эластичную (полиэтиленовую) оболочку, содержащую внутри пакет с газовыделяющим веществом. С помощью балласта экран устанавливается на границе раздела дно-вода, закрывая заряд ВВ на объекте ведения работ. Непосредственно перед взрывом содержимое внутреннего пакета дистанционно освобождается, смешивается с водой, и оболочка экрана наполняется пузырьками газа. В качестве газообразующего реагента используется карбид кальция.

Способ защиты водной среды при взрывах с использованием воздушно-пузырьковой завесы применяется спецуправлениями треста «Союзвзрывпром».

На нерестовых реках проектом необходимо предусматривать перерыв в ведении взрывных работ на период хода рыбы на нерест.

12.7. МЕТОДЫ ВЗРЫВНОГО СООРУЖЕНИЯ ТРАНШЕЙ В МЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Взрывной способ рыхления мерзлоты применяется при глубине промерзания свыше 0,5 м.

При использовании шпуровых зарядов применяют следующую последовательность выполнения технологических операций: расчистка трассы от снега; разбивка сети шпуров; бурение шпуров и их очистка; заряжание, забойка зарядов измельченным грунтом, взрыв; планировка участка после взрыва бульдозером; разработка грунта экскаватором.

Участок траншеи делится на две заходки: на одной разрабатывают взорванный грунт, на другой — бурят, заряжают шпуры и взрывают заряды.

Расчет шпуровых зарядов ведется в следующей последовательности.

Определяют массу шпурового заряда:

$$Q = 0{,}7ph_{м},$$

где p — вместимость 1 м шпура (скважины), кг/м;

$h_{м}$ — мощность мерзлоты, м.

Общее число зарядов на заданную площадь рыхления

$$N = h_{м}Sq/Q,$$

где S — площадь участка, подлежащего рыхлению, м^2;

q — расчетный удельный расход аммонита 6ЖВ (для мерзлой глины 0,8—0,9 кг/м^3; для суглинка мореного с галькой 0,7—0,8 кг/м^3; для песчаных и черноземных грунтов 0,6—0,7 кг/м^3).

Расстояние между шпурами

$$a = \sqrt{Q/(h_{м}\,q)}.$$

При бурении одношпиндельными станками схема расположения шпуров — шахматная, а двухшпиндельными — квадратная.

Глубина шпуров

$$l_{ш} = (0{,}8 \div 0{,}9)h_{м}.$$

При взрывных работах для рыхления мерзлого грунта на торфяных болотах необходимо предварительно проверить при помощи зонда глубину промерзания на каждом участке разрабатываемой площадки.

Мерзлый слой на торфяных болотах рыхлится зарядами ВВ, размещенными в шпурах. Глубина шпуров принимается равной от 0,8 до 1,2 мощности промерзшего торфа.

Скважинные заряды применяют для рыхления и взрывов на выброс, при сооружении береговых траншей, для укладки подводных трубопроводов, а также для рыхления мерзлого грунта на равнинных участках при мощности мерзлого слоя свыше 1,5 м.

Технологическая последовательность устройства траншей в зимний период взрывами на выброс: расчистка полосы от снега; бурение скважины; зарядка и забойка скважин; взрыв зарядов.

Величина скважинного заряда $Q = 0{,}5ph_{м}$.

Остальные параметры определяются аналогично со шпуровыми зарядами.

Удлиненные горизонтальные заряды являются наиболее совершенными для рыхления мерзлых грунтов, заряды размещаются в щелях по технологии ЦНИИОТПа.

Применяют следующие сочетания зарядных и компенсирующих щелей: двухщелевая (одна щель зарядная, вторая — компенсирующая); трехщелевая (средняя щель зарядная, крайние — компенсирующие) (рис. 12.7)

При сооружении траншей шириной 0,7—1,3 м рекомендуют применять двухщелевую схему. Для сохранения наружной стенки зарядной щели от разрушения заряд необходимо располагать у противоположной стенки и прижимать к разрушаемому массиву.

При ширине траншеи более 1,3—1,5 м применяют трехщелевую схему с расположением заряда в центральной щели. Наружные стенки компенсирующих щелей служат откосами траншеи.

Основные параметры при щелевзрывном методе следующие.

1. Глубина щели

$$h_{щ} = 0{,}9H,$$

где H — толщина слоя мерзлого грунта, м.

2. Ширина щели равна ширине режущего органа землеройной машины и составляет 100—300 мм.

3. Расстояние между щелями

$$a = (0{,}9 \div 1{,}3)h_{щ}.$$

4. Общий расход ВВ, требуемый для рыхления заданного объема мерзлого грунта:

$$Q = q(V - V_{щ}),$$

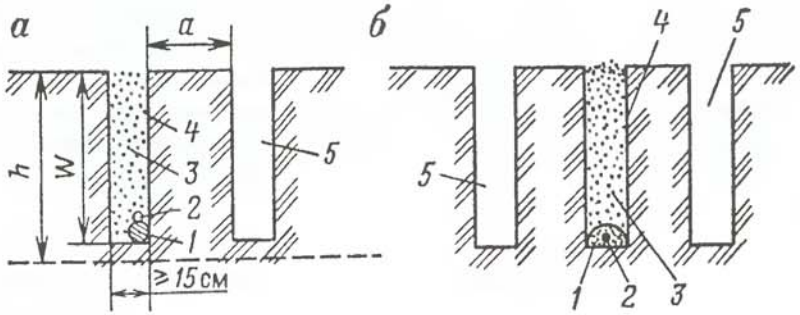


Рис. 12.7. **Схема заряжания при двух (*а*) и трех (*б*) щелях:**
1 — заряд ВВ; *2* — ДШ; *3* — забойка; *4* — зарядная щель; *5* — компенсирующая щель

где q — удельный расход ВВ, кг/м^3;

V — заданный объем рыхления, м^3;

$V_{щ}$ — объем грунта в щелях, м^3.

В основании щели по всей длине заряда укладывают ДШ. К концам отрезков ДШ привязывают электродетонаторы.

Для нарезания щелей применяют дискофрезные и баровые машины, рабочие органы которых оснащены комплексом режущих элементов — зубков.

12.8. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ВБЛИЗИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Взрывные работы должны вестись в этом случае так, чтобы не повредить действующий трубопровод.

Необходимо рассчитывать массу заряда и расстояния, сейсмически безопасные для действующего трубопровода.

ВНИИСТом разработаны рекомендации по технологии производства взрывных работ в мерзлых и скальных грунтах при сооружений траншей вблизи действующего трубопровода (рис. 12.8).

Порядок расчета следующий.

Определяется расстояние от заряда до действующего трубопровода:

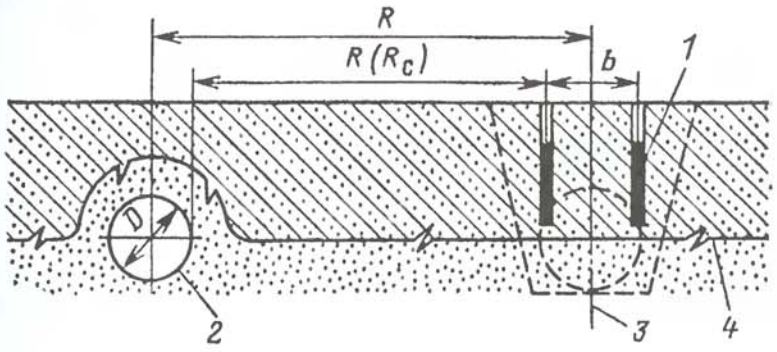


Рис. 12.8. **Схема расположения зарядов при сооружении траншей вблизи действующего трубопровода при рыхлении мерзлого грунта:**
1 — заряд ВВ; *2* — действующий газопровод или нефтепровод; *3* — ось строящегося трубопровода; *4* — граница промерзания

Таблица 12.9

Характеристика стальных трубопроводов

Диаметр трубопровода, мм	Толщина стенки, мм	Временное сопротивление стали разрыву, МПа	Нормативное рабочее давление, МПа
529	9,0	520	5,5
720	8,0	520	5,5
720	11,0	520	5,5
820	9,5	550	5,5
820	11,0	550	5,5
1020	11,0	570	5,5
1020	11,0	520	5,5
1020	14,0	570	5,5
1020	14,0	520	5,5
1220	12,5	600	5,5
1220	15,0	570	5,5
1220	15,0	520	5,5
1420	17,5	600	7,5
1420	19,5	600	7,5
1420	20,5	560	7,5

Таблица 12.10

Мерзлые грунты	$k_г$ для грунтов	
	с естественной влажностью	водонасыщенных
Суглинок	1,0	0,9
Глина	0,9	0,9
Супесь	1,1	0,85
Песок	1,3	0,75
Скала разборная	0,8	0,7

$$R = R_м - \frac{D + b(n'-1)}{2},$$

где $R_м$ — расстояние между осями действующего и строящегося трубопровода (указывается в техническом проекте), м;

D — наружный диаметр действующего трубопровода, м;

n' — число рядов зарядов;

b — расстояние между рядами, м.

Сейсмически безопасную массу заряда определяют по формуле

$$Q_с = \frac{k_г R^3(\sigma_1 - \sigma_{пр})}{35000},$$

где R — заданное расстояние (расстояние между стенкой газопровода и ближним зарядом), м; σ_1 — расчетное сопротивление стали стенки действующего трубопровода, МПа; $\sigma_1 = 0{,}61\sigma_{вр}$, где $\sigma_{вр}$ — временное сопротивление стали разрыву, МПа (табл. 12.9);

$k_г$ — коэффициент, принимаемый в зависимости от разновидности мерзлого грунта (табл. 12.10);

$\sigma_{пр}$ — приведенное напряжение в стенке действующего трубопровода, МПа.

$$\sigma_{пр} = \sqrt{\sigma_0^2 - 0{,}8\sigma_0\sigma_t + 0{,}64\sigma_t^2},$$

где σ_0 — кольцевые напряжения в стенке действующего трубопровода, МПа.

$$\sigma_0 = \frac{p(D - 2\delta)}{2\delta},$$

где p — максимальное рабочее давление в трубопроводе, МПа;

δ — минимальная толщина стенки действующего трубопровода на заданном участке взрывных работ, см;

σ_t — продольные напряжения в стенке действующего трубопровода от тепловой деформации, МПа (принимается 100 МПа).

Сейсмически безопасное расстояние между стенкой трубопровода и ближним зарядом

$$R_с = 32{,}7\sqrt{\frac{Q}{k_г(\sigma_1 - \sigma_{пр})}},$$

где Q — масса заданного технологически оптимального заряда, взрываемого мгновенно, кг.

При рыхлении скальных грунтов вблизи действующих трубопроводов определяются те же параметры, что и при рыхлении мерзлых грунтов ($Q_с$, $R_с$, R) (рис. 12.9).

Расстояние от заряда до действующего трубопровода

$$R = \left[R_м - \frac{D + b(n-1)}{2} \right] \frac{1}{\cos\varphi},$$

где φ — угол поперечного уклона косогора, градус (при расположении действующего и строящегося трубопровода в одной горизонтальной плоскости $\varphi = 0$).

Величина $Q_с$ при заданном проектном расстоянии до действующего трубопровода

$$Q_с = \alpha k_в k_г R^3 / 400,$$

где α — коэффициент, принимаемый равным 1,0 — для зарядов нормального рыхления и 1,7 — для зарядов выброса;

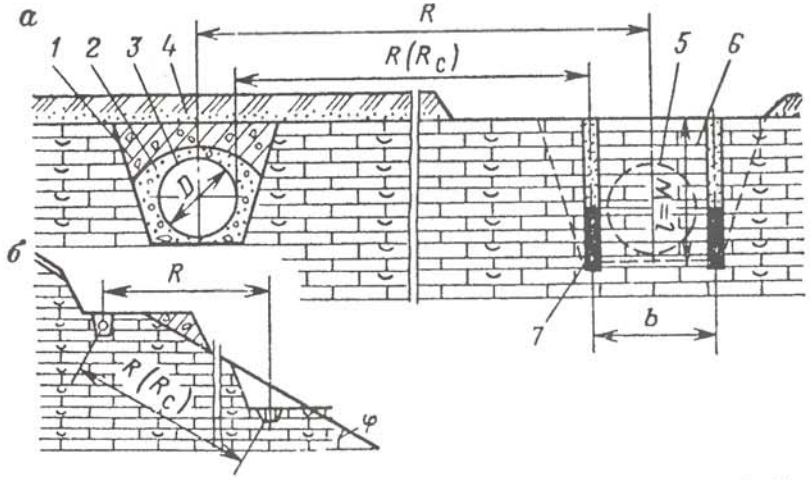


Рис 12.9. **Схема расположения зарядов при строительстве траншей вблизи действующего трубопровода при рыхлении скальных грунтов на продольных (*а*) и поперечных (*б*) уклонах трассы:**
1 — скальный грунт засыпки; *2* — мягкий грунт; *3* — действующий трубопровод; *4* — слои плодородной земли; *5* — проектируемый или строящийся трубопровод; *6* — разрыхляемый скальный грунт; *7* — скважинный заряд

$k_в$ — коэффициент, принимаемый равным 0,8 в период значительного повышения влажности массива;

$k_г$ — коэффициент, принимаемый для горячих (при $t > 40$ °С) участков трубопровода 0,7, для остальных участков 1,0.

Максимальная величина массы сейсмически безопасного заряда

$$Q_с = \alpha k_г k_и k_н k_г R^3 (\sigma_1 - \sigma_{пр}) / 35000,$$

где $k_г$ — коэффициент, принимаемый по табл. 12.11, в зависимости от разрыхляемости скальных пород;

$k_и$ — коэффициент, зависящий от видов защиты изоляционного покрытия трубопровода; $k_и = 0{,}9$;

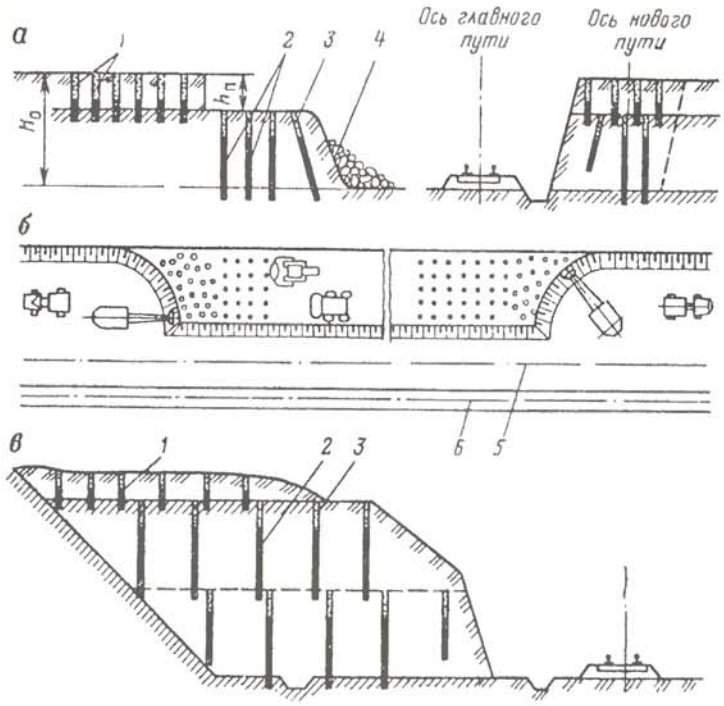


Рис. 12.10. **Схемы разработки выемок при уширении под вторые пути:**
а — путем понижения уступа; *б* — лобовая разработка с двух сторон; *в* — многоуступная система разработки; *1* — шпуры; *2* — скважины; *3* — забойка; *4* — экскаваторный забой; *5* и *6* — соответственно ось действующего и нового путей; H_0 — общая высота уступа; $h_п$ — высота уступа понижения

$k_н$ — коэффициент, зависящий от назначения трубопровода (для газопровода $k_н = 1$; для нефтепроводов $k_н = 0{,}85$).

Значения коэффициента $k_и$, зависящего от изоляционного покрытия трубопровода, приведены ниже.

Подушка и присыпка из мягкого грунта	1,0
Сплошная футеровка:	
деревянные рейки	0,9
камышитовые или соломенные маты	0,85
маты из стекловолокна	1,1
синтетические материалы	1,2

Сейсмически безопасное расстояние

$$R_с = 32{,}7\sqrt{\frac{Q}{\alpha k_г k_и k_н k_т R^3(\sigma_1 - \sigma_{пр})}}.$$

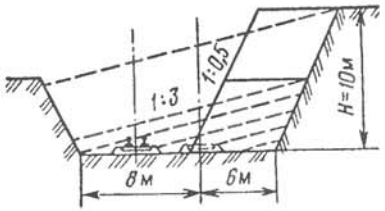


Рис. 12.11. **Схема к определению объема породы, попадающей на путь при взрыве**

Объем грунта, попадающего на путь, зависит от высоты взрываемого уступа, длины участка взрыва, а также метода взрывания. Ориентировочно количество грунта, попавшего на путь, можно определить графически в соответствии с рис. 12.11.

В зависимости от продолжительности «окна» и типа грунтов практикой установлен разовый объем взрывания с учетом удаления и разделки негабаритных кусков грунта (табл. 12.11).

Рациональными схемами взрывных сетей являются поперечно-порядные, продольно-порядные, врубовые, диагональные и др. (рис. 12.12. *а*, *б*, *в*, *г*), а также схемы уширения выемки с предварительным образованием пионерной траншеи.

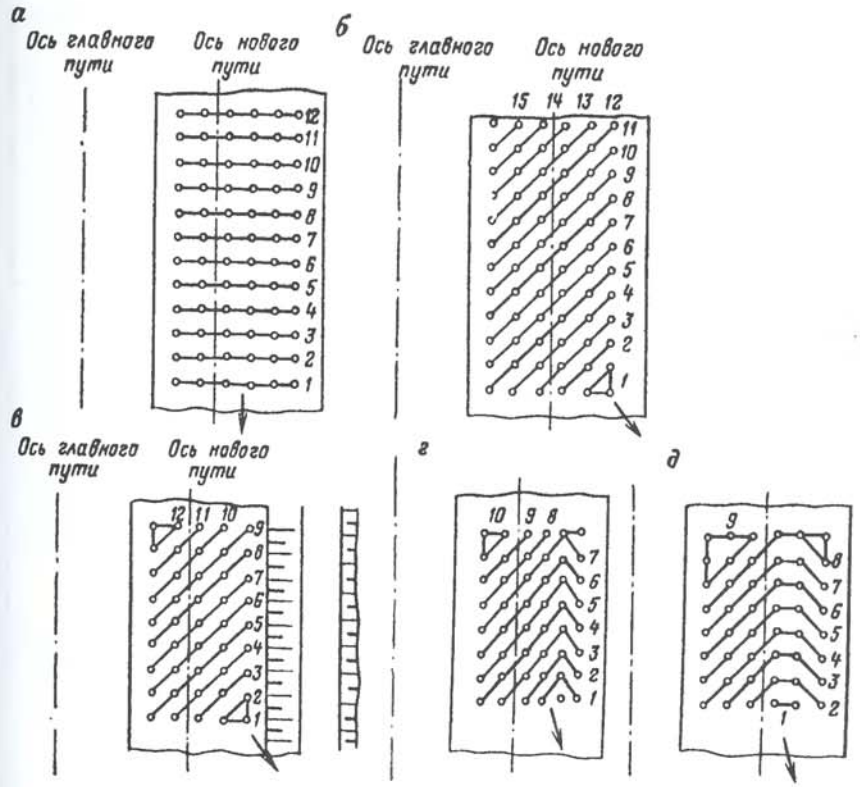


Рис. 12.12. **Схемы взрывных сетей при строительстве вторых путей:** *а* — поперечно-порядная; *б* — диагональная; *в* — с использованием пионерной траншеи; *г* — с треугольным врубом; *д* — с трапециевидным врубом; *1—15* — последовательность инициирования зарядов

Таблица 12.11

Рекомендуемые объемы взрывов при расширении выемок под второй путь в разных грунтах

Характеристика грунтов	Продолжительность «окна», ч	Объем взрываемого грунта, м³	
		на электрифицированных дорогах	на неэлектрифицированных дорогах
Легкодробимые	1	—	50—100
	2	400—1000	300—800
	3	500—1400	600—1500

Окончание табл. 12.11

Характеристика грунтов	Продолжительность «окна», ч	Объем взрываемого грунта, м³	
		на электрифицированных дорогах	на неэлектрифицированных дорогах
Среднедробимые	1	—	40—100
	2	300—700	250—600
	3	400—1000	300—900
Труднодробимые	1	—	20—50
	2	150—300	120—300
	3	200—500	150—400

МЕТОДЫ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ ВБЛИЗИ МЕСТ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

ГЛАВА 13

13.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Развитие ассортимента промышленных ВВ в историческом плане, как было указано в части I учебника, для производства взрывных работ началось с применения черного пороха, безводных динамитов, порошкообразных и гранулированных тротилсодержащих ВВ, ВВ, не содержащих индивидуальных компонентов в своем составе, водосодержащих «сларри» и эмульсионных ВВ в виде обратных эмульсий (микрогранулы раствора аммиачной селитры в масле). При этом чувствительность ВВ к механическим и тепловым воздействиям у вновь создаваемых ВВ снижалась, снижалось и пылеобразование в процессе приготовления, слёживание в процессе хранения и заряжания ВВ.

Реально возможность механизировать операции заряжания, соблюдая требуемый уровень безопасности, появилась при выпуске в 60-х годах XX в. гранулированных ВВ на основе гранулированной аммиачной селитры, чешуированного и гранулированного тротила. Это различного состава граммониты, гранулотол и бестротиловые гранулиты. На открытых горных работах, в первую очередь на крупных карьерах, получили распространение зарядные машины для гранулированных ВВ и еще более безопасных в обращении водосодержащих акватолов и эмульсионных ВВ (порэмиты, сибириты, тованы и др.), а также смесей эмульсий с 20—70% AN-FO или АСДТ, названные эмуланами в зарубежных странах и гранэмитами в России. В подземных условиях применяют для механизированного заряжания только гранулированных ВВ пневматические зарядчики для шпуров и скважин. Опытные образцы зарядчиков для патронированных ВВ из-за их низкой производительности не нашли широкого применения. Пока для России является открытым вопрос использования механизированного заряжания в подземных условиях наливных эмульсионных ВВ. В зарубежных странах (Швеция, США, Австралия и др.) такие машины применяют, однако их широкое распространение сдерживается из-за их высокой

стоимости и технологических проблем, при заряжании восстающих скважин глубиной 30 м и более.

13.2. МЕТОДЫ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ С КОМПОНЕНТАМИ ВВ

При использовании гранулированных и водосодержащих ВВ основным компонентом является аммиачная селитра в гранулированном виде или переведенная в раствор на стационарных пунктах приготовления компонентов. В ряде случаев при близком расстоянии от химического завода до пункта хранения АС может перевозиться в автоцистернах в виде горячего раствора. Пока в России наиболее распространенной является доставка селитры в крафтцеллюлозных мешках по 40 кг. При этом на заводах или при разгрузке вагонов мешки укладывают на деревянные поддоны по 20 шт. (рис. 13.1), а затем осуществляют последующие транспортные операции с ней (вагон-склад-пункт приготовления ВВ) с помощью вилочных погрузчиков во взрывобезопасном исполнении.



Рис. 13.1. **Хранение аммиачной селитры на поддонах (справа) и резинокордовых контейнерах**

В настоящее время все шире используют резинотканевые контейнеры различных марок, емкостью 800—1000 кг, которые укладывают на открытых площадках (при сроке хранения до 30 дней) или закрытых ангарах в один или два ряда (см. рис. 13.1). При доставке АС в железнодорожных вагонах-хопперах они разгружаются в боковые бункеры (рис. 13.2), из которых шнеками или транспортерам ее доставляют на пункт приготовления компонентов. На заводах по производству АС ее складывают в штабеля (рис. 13.3) с помощью верхней подачи контейнером с разгрузочными окнами, а затем погрузку ведут дизельным экскаватором с дальнейшей транспортировкой в автосамосвалах или перегрузкой в мягкие контейнеры (биг-бэги).

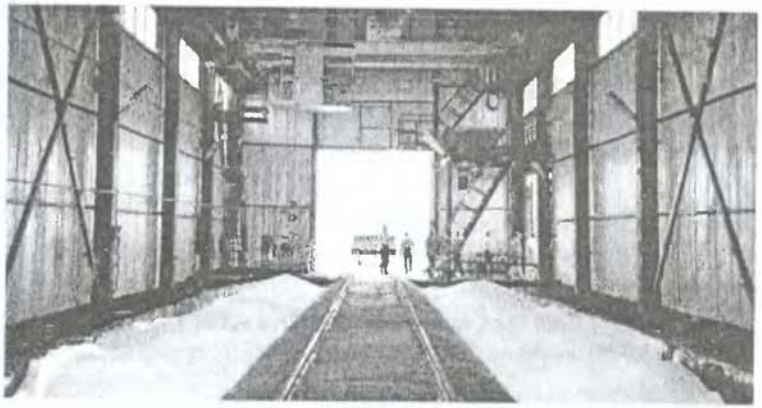


Рис. 13.2. **Разгрузка вагонов-хопперов в боковые бункеры**

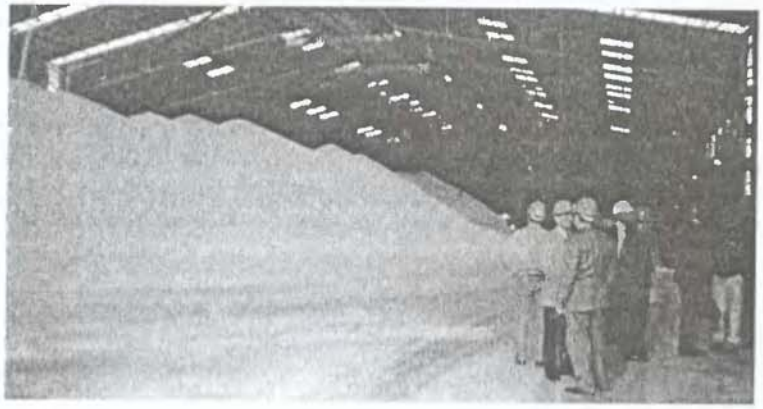


Рис. 13.3. **Хранение селитры в штабелях на заводах**

На некоторых предприятиях устроены склады АС с грейферным погрузчиком или скрепером, которые достигают любой точки склада. Происходит вначале заполнение емкости склада, а затем ее подача на пункт. В настоящее время более удобным и надежным, с точки зрения воздействия атмосферной влаги на АС, считают способ хранения в мягких контейнерах.

Механизированную доставку АС в подземные рудники производят по вертикальным скважинам для смешения с жидкой горючей добавкой (для снижения пылевыделения иногда производят предварительное смешивание АС с соляркой или минеральным маслом). Засыпка дисперсного алюминия производится вручную.

Аналогично подаются в узел смешения при необходимости и другие твердые горючие добавки.

13.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ И ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ВВ

Данное оборудование подразделяют:

- на стационарные пункты смешения компонентов и получение готовых ВВ;
- на мобильные автономные пункты на автомашинах, в которых обеспечивается хранение и доставка компонентов на заряжаемый блок, изготовление ВВ и его заряжание в скважины.

Это транспортно-смесительно-зарядные машины. Когда на стационарном пункте производят готовые ВВ (игданит, гранулит, граммонит), машиной осуществляют доставку ВВ и его заряжание в скважины. Это производят с помощью более простых транспортно-зарядных машин бункерного типа с шиберными затворами. На горных предприятиях работает большое число конструкций оборудования стационарных пунктов и машин, которые внедряют предприятия, институты, проектные организации и заводы уже в течение 40 лет. Ниже рассмотрены некоторые из наиболее распространенных видов оборудования.

13.4. СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПУНКТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ВВ

Стационарные пункты приготовления гранулированных ВВ отличаются производительностью и способами смешения, которые делят на барабанные, шнековые, гравитационные.

Исходными явились заводские технологические схемы приготовления порошкообразных аммонитов в барабанных смесителях (рис. 13.4), а также граммонитов и гранулитов в наклонных шнековых смесителях (рис. 13.5). В созданных на горных предприятиях технологических схемах процессы подготовки компонентов и их смешения существенно упрощены, что, как показали проверки, не ухудшило качества приготовляемых ВВ, особенно учитывая, что их используют для заряжания скважин большого диаметра (150—250 мм) и более при критическом диаметре для этих ВВ 40—80 мм.

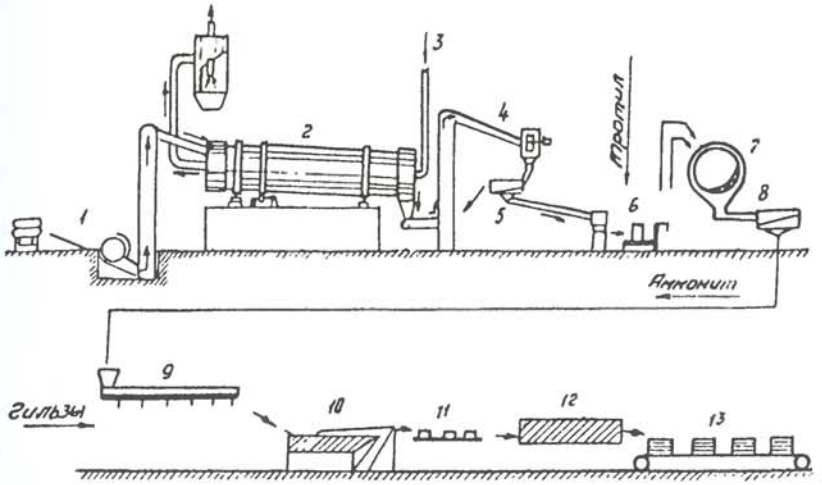


Рис. 13.4. **Схема производства аммонитов:**
1 — грубое дробление селитры; *2* — сушка; *3* — подача воздуха или топочных газов; *4* — тонкое дробление; *5* — просев; *6* — взвешивание селитры или тротила; *7* — обработка компонентов в смесительных барабанах; *8* — просев аммонита; *9* — патронирование; *10* — парафинирование патронов; *11* — упаковка в пачки; *12* —парафинирование пачек; *13* — укупорка в ящики

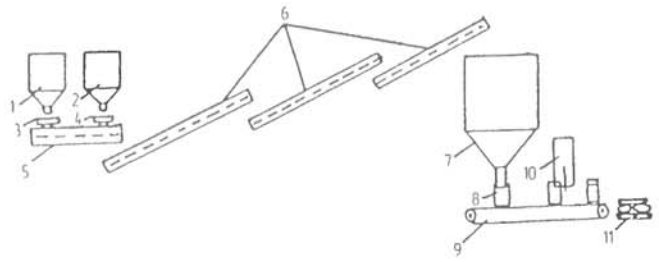


Рис. 13.5. **Схема производства гранулированного ВВ:**
1 — бункер для аммиачной селитры; *2* — бункер для тротила; *3, 4* — дозаторы селитры и тротила; *5* — шнек подачи и первичного смешения компонентов; *6* — наклонные шнеки-смесители граммонитов; *7* — бункер-накопитель с дозатором; *8* — мешок для ВВ; *9* — подающий конвейер; *10* — прошивочная машина; *11* — поддон для мешков с ВВ

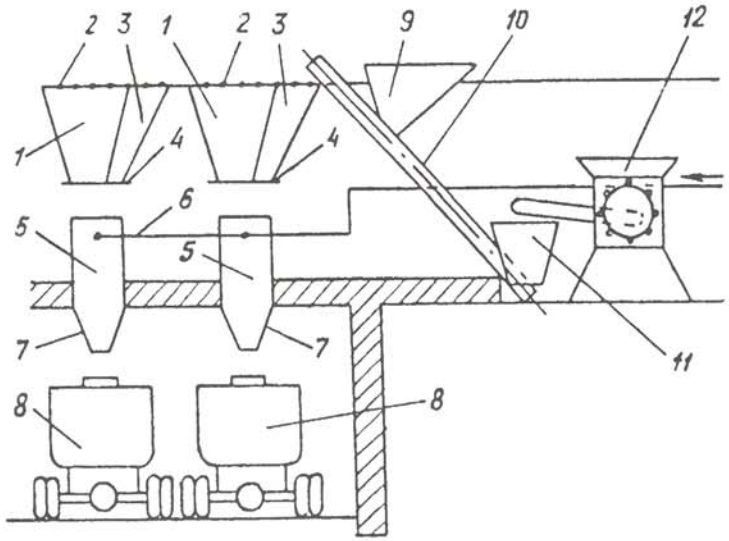


Рис. 13.6. **Схема пункта приготовления гранулита УП-1 «комбизаров»:**
1 — бункер для аммиачной селитры; *2* — защитная решетка на бункере; *3* — бункер для гранулированного тротила, или угольного порошка, или другой горючей добавки; *4* — регулировочный шторный затвор; *5* — гравитационный смеситель; *6* — подача жидкого горючего; *7* — течка для готового ВВ; *8* — бункер зарядной машины; *9* — резервный бункер для компонентов; *10* — шнековый конвейер подачи угольного порошка; *11* — узел сортировки угольного порошка; *12* — молотковая дробилка

Схема и оборудование стационарного пункта большой производительности (20 тыс. т ВВ и более в год) для приготовления бестротиловых гранулитов и тротилсодержащих «комбизаров», разработанная ОАО «Молибден» и Сорским филиалом КИЦМ, представлены на рис. 13.6.

Такие пункты для приготовления тротилсодержащих ВВ построены и успешно эксплуатируются более 20 лет на карьере ОАО «Молибден», начата эксплуатация на Изыхском угольном разрезе, а в Междуреченске ОАО «Взрывпроме Юга Кузбасса» такой пункт используют для приготовления бестротиловых гранулитов УП из смеси аммиачной селитры и угольного порошка. Особенности этих пунктов заключаются в конструкции гравитационного смесителя, на который подается дозированное количество аммиачной селитры, тротила или угольного порошка и жидкого горючего.

Гранулированное смесевое ВВ получают с высокой производительностью, а потому пункт не имеет накопительного бункера для готового ВВ, а поступает после смесителя в бункер зарядной машины.

Стационарный пункт меньшей производительности до 26 т/ч эксплуатируется во Взрывпроме при Краснобродском разрезе Кузбасса (рис. 13.7).

В данной схеме подачу и смешение твердых компонентов: селитры и угольного порошка производят с помощью шнековых конвейеров-смесителей, а жидкое горючее подается в первый шнек-смеситель *8* для аммиачной селитры. Пункт также не имеет накопительного бункера для ВВ, и оно подается непосредственно в зарядную машину.

Аналогичный пункт большой производительности со шнековой схемой подачи и смешения аммиачной селитры и угольного порошка эксплуатируется в ГУП «Якутуголь» на Нерюнгринском угольном разрезе. Как и в остальных пунктах, изготовленный гранулит УП подается непосредственно в бункер зарядной машины.

Научно-исследовательским центром «Промтехвзрыв» разработан барабанный объемный смеситель цикличного действия для бестротиловых ВВ, в котором имеется бункер селитры объемом 0,05 м^3 и более. Объем ВВ, изготавливаемого за цикл в течение 2—3 мин смешения, составляет 0,02 м^3. Техническая произ-

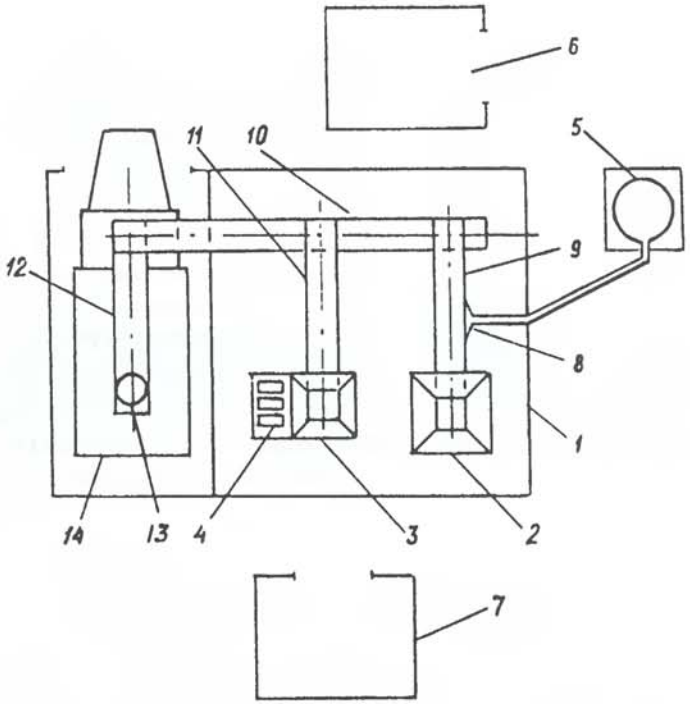


Рис. 13.7. **Схема пункта приготовления углепита УП-1А Краснобродского Взрывпрома:**
1 — здание; *2* — приемный бункер алюминия; *3* — приемный бункер угольного порошка; *4* — мешки с угольным порошком; *5* — емкость для жидкого горючего; *6* — склад Al; *7* — склад угольного порошка; *8* — распылитель жидкого горючего; *9*, *10*, *11*, *12* — шнековые конвейеры подачи и смешения компонентов; *13* — выпускная течка готового ВВ; *14* — транспортно-зарядная машина

водительность пункта при объеме бункера-смесителя 0,25 м^3 составляет 1200 кг/ч.

НТФ «Взрывтехнология» разработано оборудование для производства относительно небольших объемов гранулированных ВВ, основной узел которого представляет переработанная во взрывобезопасное исполнение бетономешалка (рис. 13.8), в которую компоненты загружают вручную, а затем после завершения цикла смешения готовое ВВ высыпается в бункер и мешки (рис. 13.9). Последние разработки оборудования выполнены в контейнерном исполнении. Доставку АС и ВВ в мешках производят автопо-



Рис. 13.8. **Ручная загрузка смесительной емкости**

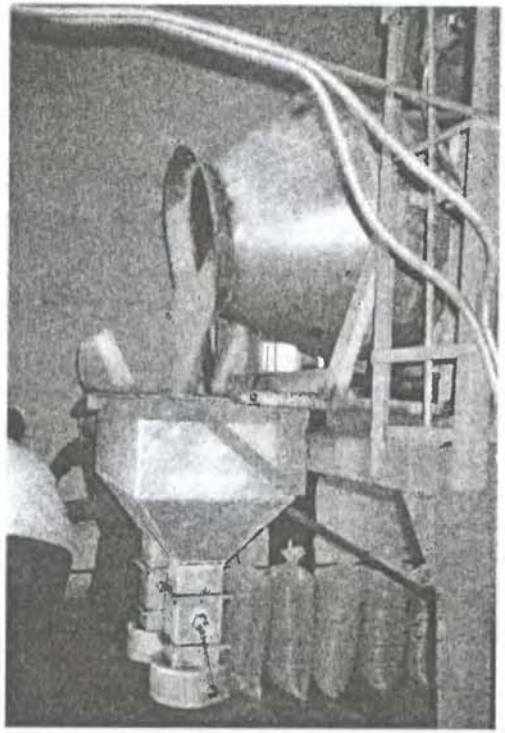


Рис. 13.9. **Выгрузка готового ВВ в бункер и мешки**

грузчиком во взрывобезопасном исполнении. Данное оборудование пригодно для применения как на земной поверхности, так и в подземных рудниках, не опасных по взрыву газа и пыли.

Передвижные пункты приготовления бестротиловых ВВ представляют собой зарядные машины МЗ-3, МЗ-4 и другие, которые на складах загружают аммиачной селитрой и жидким горючим, а на заряжаемом блоке производят приготовление гранулитов в шнековом смесителе-податчике, которым готовое ВВ подается в зарядный рукав и в скважину.

13.5. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ ВВ НА ПОВЕРХНОСТИ

Водосодержащие ВВ, как указано выше, принято различать по следующим признакам:

- суспензионные гелеобразные:

а) гранулированная аммиачная селитра + тротил + загуститель + раствор селитры (сларри, акватолы, акваниты);

б) раствор селитры + загуститель + тротил (горячелющиеся ГЛТ, карбатолы);

в) гранулированная аммиачная селитра + сенсибилизатор + + загуститель + сшивка для придания гелеобразного нетекучего водоустойчивого состояния;

г) эмульсионный горячий раствор аммиачной (с добавками натриевой или кальциевой) селитры + эмульгатор + жидкое горючее (индустриальное масло, дизельное топливо, мазут) + + энергетическая добавка (дисперсный алюминий) + газогенерирующая добавка (эмульсионные ВВ эмулиты, порэмиты);

- суспензионные смесевые эмульсионные:

д) смеси эмульсионного ВВ с 30—70% AN-FO (суспензионные эмуланы, гранэмиты).

Для получения на стационарных пунктах или в зарядных машинах этих ВВ применяется соответствующий набор технологического оборудования.

Для обеспечения подземной технологии приготовления гранулированных взрывчатых смесей НПП «Интеррин» (Казахстан) разработано соответствующее технологическое оборудование.

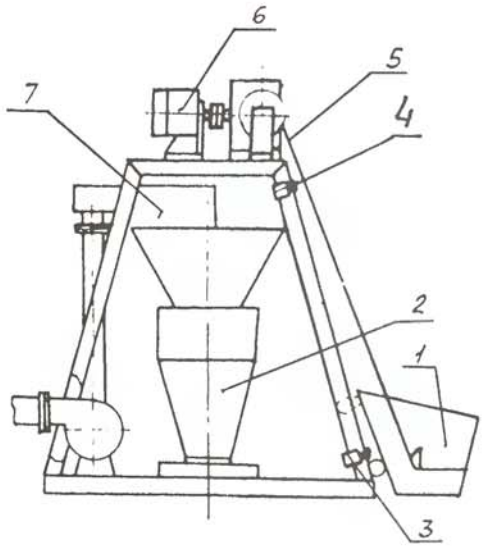


Рис. 13.10. **Установка смесительная УИ-2 для приготовления бестротиловых ВВ**

Комплект оборудования для приготовления взрывчатых смесей (рис. 13.10) включает следующие устройства: питатель цикличного действия, дозаторы автоматические и ручные, смеситель, транспортные средства, контрольно-измерительные приборы.

В качестве питателя для гранулированных материалов используется скиповой подъемник, позволяющий перемещать аммиачную селитру в верхнее положение, из которого ее перемещение по технологической лини происходит под действием собственного веса.

Работа скипового подъемника осуществляется автоматически по замкнутому циклу, который включает операции загрузки, подъема, разгрузки и опускания ковша.

После загрузки включается подъем ковша. Пневмодвигатель *6* через тяговый трос *5* передает усилие на ковш *1* с роликами, и ковш перемещается в верхнее положение, при котором ролики упираются в выступы направляющих. Тяговый трос *5* продолжает перемещать ковш *1* и опрокидывает его. Содержимое ковша сбрасывается в приемную воронку *7*. В конце опрокидывания срабатывает концевой выключатель *4*, обеспечивающий реверс двигате-

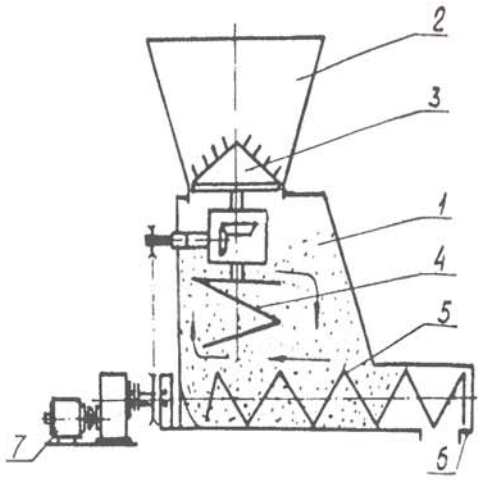


Рис. 13.11. **Смеситель установки УИ-2**

ля *6*. Затем ковш опускается в нижнее положение. После срабатывания нижнего концевого выключателя *3* двигатель *6* останавливается. Затем цикл повторяется. Аспирационная система предотвращает пыление материала, образующееся в приемной воронке.

Смеситель (рис. 13.11) является основным видом оборудования, определяющим приготовление ВВ.

Разработанный и применяемый смеситель оборудован горизонтальным и вертикальным шнеками. Они служат для перемешивания гранулированного компонента (аммиачной селитры) с нефтепродуктом и алюминиевым порошком.

Смеситель включает: корпус *1*, приемную воронку *2*, диск с регулятором установки по высоте *3*, шнек-смеситель *4*, горизонтальный шнек *5*, выгрузной патрубок *6*, двигатель *7*.

Смеситель имеет два режима работы:

- режим приготовления смеси;
- режим выгрузки готового продукта.

Для подавления пыли во время загрузки смесителя на его приемной воронке смонтирована аспирационная система.

Работа смесителя в режиме приготовления смеси выполняется следующим образом.

Порция гранулированного компонента (аммиачной селитры) из ковша скипа поступает в приемную воронку *2* на вращающийся диск *3*. Приемная воронка *2* и диск *3* имеют на поверх-

ности шипы высотой 20—30 мм, позволяющие дробить слежавшийся материал. Дробленый материал через регулируемую щель между корпусом приемной воронки и диском *3* просыпается вниз и поступает в корпус *1* смесителя. Регулируемый зазор между корпусом приемной воронки смесителя и диском *3* должен обеспечивать получение гранул размером не более 10 мм. Одновременно в смеситель *1* поступает жидкий компонент (нефтепродукт) вместе с порцией алюминиевого порошка.

Вращающийся горизонтальный шнек *5* перемещает массу к стенке корпуса, выдавливая ее вверх, а вертикальный шнек смесителя *4* перемещает массу вниз при одновременном сообщении ей вращательного движения. Таким образом, создается тороидальное движение массы, сочетающее движение в вертикальной плоскости и вращение вокруг вертикальной оси шнека *4*, приводящее к перемешиванию компонентов.

Работа смесителя в режиме выгрузки готового продукта осуществляется следующим образом. Путем реверса двигатель *7* вращает приводной шкив в противоположном направлении, шнек *5* выдает готовый продукт наружу через выгружной патрубок *6*.

13.6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУСПЕНЗИОННЫХ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ ВВ

В бывшем СССР в 70-х годах начаты работы по созданию суспензионных горячельющихся ВВ из смеси загущенного раствора селитры с гранулотолом типа ГЛТ (Ленинградский горный институт, Лебединский ГОК), а затем ифзанитов (по названию разработчика — бывшего сектора физико-технических горных проблем ИФЗ АН СССР, сейчас ИПКОН РАН), в которых вместо одного гранулотола используют смесь его с гранулированной селитрой, а объем загущенного раствора в заряде ВВ равен объему межгранульных пустот. В дальнейшем эти ВВ объединили по общим названием акватолы.

Процентное химическое соотношение компонентов (АС — 80%, гранулотол — 20%) в ГЛТ и ифзанитах одинаково. Ифзаниты могут выпускать с температурой смеси 40, 60 и 80 °С. Технологическая схема приготовления водосодержащих акватолов типа ГЛТ приведена на рис. 13.12. На стационарном пункте готовится горячий насыщенный раствор (t = 85÷110 °С) селитры

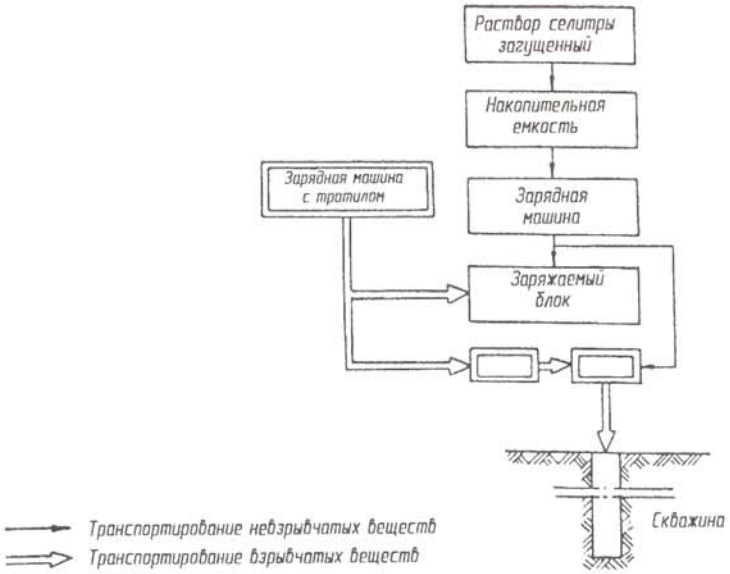


Рис. 13.12. **Технологическая схема приготовления горячих акватолов типа ГЛТ-20**

в аппарате-растворителе вместимостью 6—10 т с добавкой 15—17% воды по массе и загуститель (полиакриламид или карбоксилметилцеллюлоза).

Приготовленный невзрывчатый раствор подается в накопительную изотермическую емкость 20—60 м^3, откуда насосом или самотеком — в транспортно-смесительно-зарядные машины «Акватол-IV» или «Акватол-III». Аппарат растворения имеет мешалку и паронагревательную кольцевую спираль для нагрева раствора. Машины доставляют горячий раствор селитры на прикарьерный пункт, где из специальной емкости-бункера в емкость машины подается 20% гранулотола. Шнековой мешалкой, расположенной в нижней части емкости, производят перемешивание жидкого раствора и гранул тротила в течение 20—30 мин, а затем полученная суспензия насосом через дозатор машины подается в скважину по шлангу под столб воды. Схема зарядной машины МЗВ-10 приведена на рис. 13.13. В ряде случаев машина с раствором селитры подается на взрываемый блок, где из другой зарядной машины МЗ-3Б в емкость первой подается гранулотол и перемешивается для получения суспензии ГЛТ.

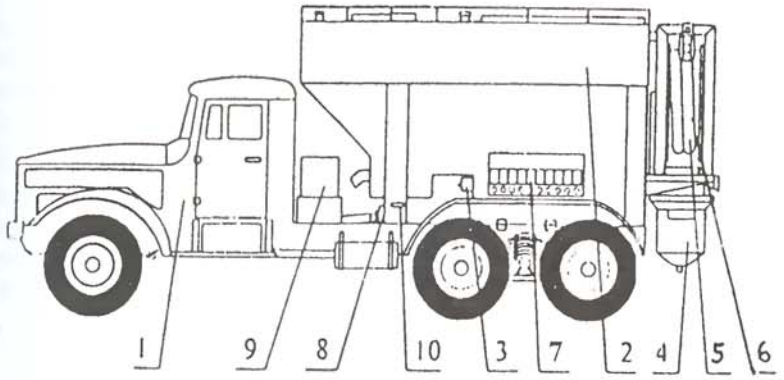


Рис. 13.13. **Схема транспортно-смесительно-зарядной машины на базе КрАЗ-256Б1 МЗВ-10 («Акватол-IV»):**
1 — шасси машины; *2* — емкость для раствора; *3* — шнековые питатели-смесители; *4* — дозатор; *5* — шланговый насос; *6* —барабан с зарядным шлангом; *7* — пульт управления; *8* — раздаточная коробка; *9* — узел гидроаппаратуры; *10* — ящик с электрооборудованием

За прошедший период вследствие недостаточного внимания к этим разработкам институтов-разработчиков промышленных ВВ, а также машиностроительной базы министерства-поставщика ВВ, определенной химико-технологической недоработки композиций ГЛТ и ифзанитов весь комплекс вопросов, связанных с их изготовлением и получением зарядов со стабильными свойствами не завершен, несмотря на то, что их изготовлено на предприятиях более 500 тыс.т. Пионеры внедрения этих разработок — проф. А.Н. Ханукаев, проф. Г.П. Демидюк, ряд крупных горных предприятий — Норильский ГМК, Лебединский ГОК, Оленегорский ГОК, Костомукшский ГОК, Полтавский ГОК и др.

Главный недостаток суспензионных ГЛТ — в их расслаиваемости вследствие разной плотности раствора селитры и гранулотола. Не были найдены отечественные загустители, которые обеспечивали бы физическую стабильность скважинного заряда в скважине. Работами МГИ, НИИКМА и КМАвзрывпрома состав ГЛТ был усовершенствован за счет повышения температуры раствора селитры до 100—110 °С и создания ВВ типа «прямой» эмульсии (раствор АС + расплав тротила).

ВВ типа ГЛТ-20 обладает еще одним недостатком, кроме оседания гранулотола на дно скважины, в процессе твердения