

5.3. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ ГОРНЫМ СПОСОБОМ В ПОРОДАХ КРЕПКИХ И СРЕДНЕЙ КРЕПОСТИ

A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal and white) extending from the right side of the slide.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ СПОСОБЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

В крепких и средней крепости породах применяют буровзрывные работы, реже механизированные способы разработки с использованием комбайновых агрегатов и тоннелепроходческих комплексов.

Есть четыре способа строительства тоннелей, ориентированных на применение буровзрывных работ:

сплошного забоя;

уступного забоя;

ступенчатого забоя;

передовой штольни (пилот-тоннеля).

Применение того или иного способа зависит прежде всего от горно-геологических и технических условий строительства. Технологические схемы обусловлены размерами поперечного сечения и протяженностью тоннеля.

СПОСОБ СПЛОШНОГО ЗАБОЯ (СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЕЙ)

- Этот способ применяют в устойчивых породах с коэффициентом крепости $f > 4$ в тоннелях, имеющих высоту до 10—12 м и ширину до 8-10 м, с площадью поперечного сечения до ПО—130 м². Приведенные ограничения связаны с максимальными габаритами бурового и вспомогательного оборудования, а также определенным производственным риском раскрытия в один прием незакрепленного пролета тоннеля значительной протяженности. Упрощенно говоря, проведение тоннеля способом сплошного забоя аналогично проведению горизонтальной горной выработки в однородной крепкой породе с помощью буровзрывных работ

Способ сплошного забоя имеет весьма широкую область применения. Разработан ряд модификаций этого способа с учетом состояния окружающих пород. Расширение области его использования во многом было связано с накоплением опыта применения облегченных видов временной крепи (анкерных, набрызгбетонных и др.), совершенствованием метода контурного взрывания и др.

- Основными достоинствами способа являются:

- возможность применения комплексной механизации с использованием мощного высокопроизводительного оборудования, обеспечивающего высокие темпы проходческих работ;
- четкая организация работ при осуществлении проходческого цикла
- сравнительно малое нарушение окружающего горного массива, поскольку взрывание зарядов осуществляют лишь один раз на заходку .

- Недостатки:

- сложность крепления при ухудшении инженерно-геологических условий по трассе тоннеля, затруднения при вынужденном переходе на разработку сечения по частям;
- сложность и повышенная трудоемкость проведения буровзрывных работ и крепления при высоте тоннеля более 7—8 м;
- применение весьма дорогого крупногабаритного оборудования.

При этом способе проходческие процессы в забое осуществляют последовательно: бурение шпуров, зарядание и взрывание, проветривание, погрузка и транспортирование породы, возведение временной крепи. Возведение обделки, как правило, массивных монолитных конструкций ведут со значительным отставанием (100—200 м) от забоя в коротких тоннелях — после окончания проходки.

Один из вариантов способа сплошного забоя. Основные требования к производству буровзрывных работ в тоннелях аналогичны таковым в горных выработках ограниченного сечения. Расчеты параметров буровзрывных работ в тоннелях, проходимых способом сплошного забоя, и в обычных горных выработках имеют много общего. Однако существует и определенная специфика, обусловленная значительной площадью забоя, большим числом шпуров и их большей глубиной, достигающей 4–5, а иногда и 6 м.

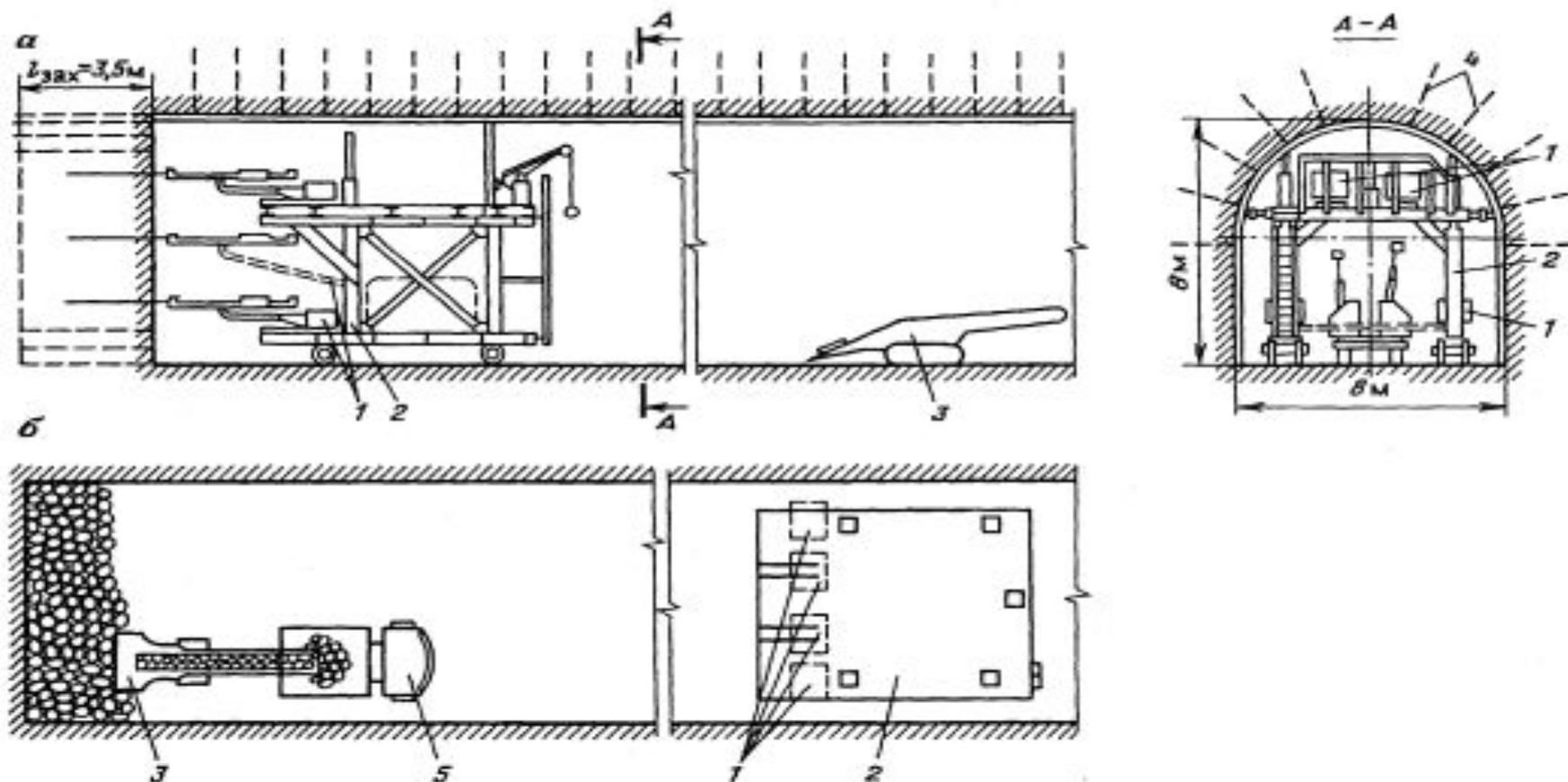


Рис. 5.13. Схема строительства тоннеля сечением 60–90 м² способом сплошного забоя:

а — фаза обуривания забоя; б — фаза погрузки породы; 1 — бурильные установки; 2 — буровая рама; 3 — погрузочная машина; 4 — анкеры; 5 — самосвал; $l_{\text{заб}}$ — длина заходки

- Недостатком клиновых врубов является то, что даже при КИШ, равном 0,9, около 15% длины шпуров не может быть использовано из-за их наклона к плоскости забоя. Кроме того, отсутствие на бурильных установках приспособлений приводит к неточному бурению и снижению КИШ.

Все это обусловило заметное расширение применения в тоннелестроении призматических (разрушающих) врубов, достаточно хорошо зарекомендовавших себя при проведении горизонтальных горных выработок. По сравнению с клиновыми (наклонными) врубами, разрушающие врубы располагаются перпендикулярно забоя, их сравнительно легко выбуривают всеми видами бурового оборудования. Они существенно снижают сейсмическое и ударное воздействия на окружающий скальный массив. Процесс бурения разрушающих врубов легко поддается автоматизации.

В числе недостатков призматических (разрушающих) врубов следует прежде всего упомянуть повышенное требование к точности бурения шпуров. Даже незначительное отклонение врубовых шпуров от проектного направления и другие неточности резко снижают эффект взрыва и величину КИШ.

Механизация бурения шпуров - строительство тоннелей сплошным забоем

Выбор варианта механизации бурения шпуров зависит в основном от размеров сечения тоннеля. При сечении тоннеля 30—50 м² применяют самоходные буровые установки СБУ-2к, СБУ-2м, при сечении — 50-60 м² возможны альтернативные варианты: установки УБШ-532Д, УБШ-662. Последние имеют высоту обурирования до 12 м. Целесообразно также применение буровой рамы, оснащенной 5—7 бурильными машинами. Для сечений в интервале от 65 до 110 м² наиболее рационально применение только буровой рамы. Конструктивно буровые рамы охватывают всю площадь сечения, их проектируют для габаритов конкретного тоннеля (рис. 5.18)

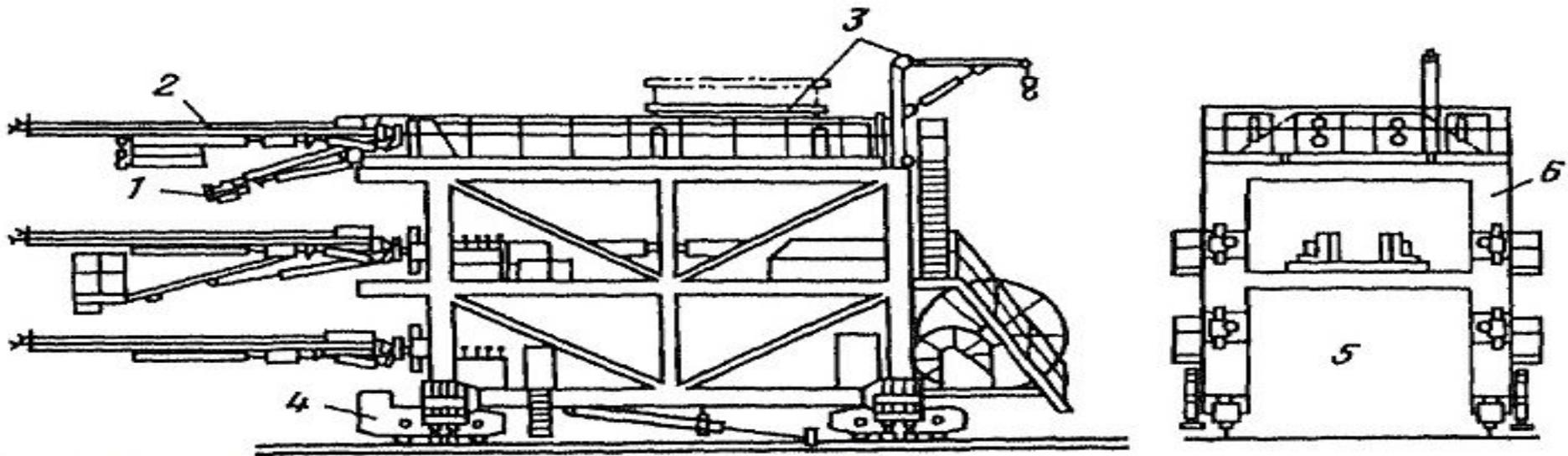


Рис. 5.18. Схема буровой рамы для тоннеля на 6 бурильных машин:

1 — механизм для установки арочной крепи; 2 — стреловой манипулятор с бурильной машиной; 3 — механизм для наращивания вентиляционных труб; 4 — ходовая часть, 5 — проем для пропуска к забою погрузочного оборудования; 6 — порталная конструкция

Буровая рама является специфичным для тоннелестроения типом оборудования и представляет собой жесткую многоярусную конструкцию из балок проката, обеспечивающую размещение оборудования и персонала для обуривания забоя, заряжания шпуров, приведения забоя в безопасное состояние, т.е, оборки забоя и призабойной поверхности тоннеля, возведения временной крепи. Буровая рама снабжена колеснорельсовым или пневмоколесным шасси. Нередки случаи размещения простейших конструкций буровых рам на платформах грузовиков. Некоторые конструкции буровых рам имеют в центральной части проемы для пропуска к забою погрузочно-транспортных средств. Иногда их оснащают по бортам откидными платформами.

При производстве буровзрывных работ весьма актуальным является вопрос переборов профиля тоннеля (величина коэффициента излишка сечения — КИС). Если в обычной горной выработке КИС, равный 1,10—1,15, создает перебор сечения с каждого метра выработки в несколько кубометров, то в тоннеле сечением 50—70 м² его величина составляет несколько десятков кубометров. Переборы нормируются в зависимости от коэффициента крепости породы и по СНиП III-44—77 (п. 4.27) составляют от 10 см (при $\gamma = 1 + 4$) до 20 см (при $\gamma > 12$). Фактические переборы в ряде тоннелей намного превышают эти значения, а последующее заполнение их бетоном приносит весьма значительные убытки. Переборы могут быть обусловлены двумя причинами: технологическими и геологическими, причем в последнем случае они зависят не столько от коэффициента крепости, сколько от характера трещиноватости пород и направления трещин по отношению к оси тоннеля. При неблагоприятном расположении систем трещин переборы переходят в вывалы породы, причем иногда весьма крупные.

Контроль результатов взрывов - строительство тоннелей сплошным забоем

Большое значение имеет контроль результатов каждого взрыва. Для этой цели разработан оптический прибор (типа теодолита), связанный с компьютером и представляющий собой трубку, установленную в тоннеле на треноге. Измерения осуществляют с помощью оптической электронной системы. На одном конце прибора размещено вращающееся зеркало, на другом — оптическое устройство, снабженное двумя кремниевыми диодами. Световой поток в трубке проецируется на вращающееся зеркало, которое направляет его на стенку тоннеля. Результаты съемки контура передаются на дисплей компьютера, который размещен на небольшой тележке, располагаемой рядом с прибором. На дисплее проецируется проектный профиль тоннеля, по периметру которого через очень небольшие интервалы даны результаты измерений и зафиксирован фактический профиль. В табличной форме даны все недоборы и переборы, указаны фактические объемы и т.д. Такой непрерывный автоматический контроль позволяет вносить оперативные коррективы в паспорт буровзрывных работ.

Разметка шпуров - строительство тоннелей сплошным забоем

Перед началом бурения осуществляют разметку шпуров. С помощью теодолита и лазерного устройства устанавливают направление тоннеля и высотные отметки. Затем, используя специальную проекционную аппаратуру, проецируют на забой в виде небольших световых пятен места расположения шпуров, которые фиксируют яркой аэрозольной краской из пульверизатора. При очень большом числе шпуров вместо фиксирования каждого из них наносят лишь линии их расположения. Это позволяет в 2-3 раза сократить продолжительность разметки.

Заряжание шпуров - строительство тоннелей сплошным забоем

Заряжание шпуров и монтаж электровзрывной сети при способе сплошного забоя являются весьма ответственными и трудоемкими операциями. В отличие от горной выработки в тоннелях целесообразно применять механизированное заряжание шпуров, позволяющее использовать более безопасные гранулированные ВВ. Плотность заряжания при этом в 1,5—2 раза выше, чем при зарядании вручную, что позволяет в том же объеме шпура поместить большее количество ВВ.

В отечественной практике при механизированном зарядании применяют гранулированные ВВ (гранулиты АС-8В и АС-4В). Гранулиты выпускают в рассыпном виде и расфасовывают в мешки. Благодаря сыпучести гранулиты легко транспортировать по зарядным шлангам и с высокой плотностью укладывать в шпуры и скважины.

Для заряжания используют пневматические зарядчики трех типов: эжекторные, нагнетательные и комбинированного действия. В эжекторных зарядчиках гранулы ВВ всасываются из бункера благодаря разрежению, создаваемому в эжекторной камере. По шлангу они направляются в шпур. Зарядчики этого типа обладают небольшими размерами и массой, но имеют низкую производительность.

Зарядчики нагнетательного типа снабжены герметичным баком, находящимся под давлением, под воздействием которого гранулы ВВ нагнетаются в шпур. Зарядчики этого типа более громоздки, сложнее в управлении, но более производительны.

В комбинированных зарядчиках совмещены оба принципа: эжекторный и нагнетательный.

Учитывая значительные размеры тоннеля, механизированное зарядание в них осуществляют специальными передвижными установками на шасси грузового автомобиля. На шасси смонтирован подъемно-поворотный механизм в виде стрелы с кабиной и пультом управления для оператора, бункер для ВВ и несколько пневмозарядчиков с полиэтиленовыми шлангами и насадками. В качестве примера приведена установка ММЗШ-2.

Ориентировочное время зарядания одного шпура, включая монтаж взрывной сети, составляет немногим более 1 мин. Следует особо подчеркнуть, что при механизированном зарядании и электрическом взрывании применяют только прямое инициирование зарядов. Однако, учитывая значительную глубину шпура, наибольший эффект дает обратное инициирование, которое допустимо только при применении электродетонаторов ЭД-1-3-Т и ЭД-1-8-Т.

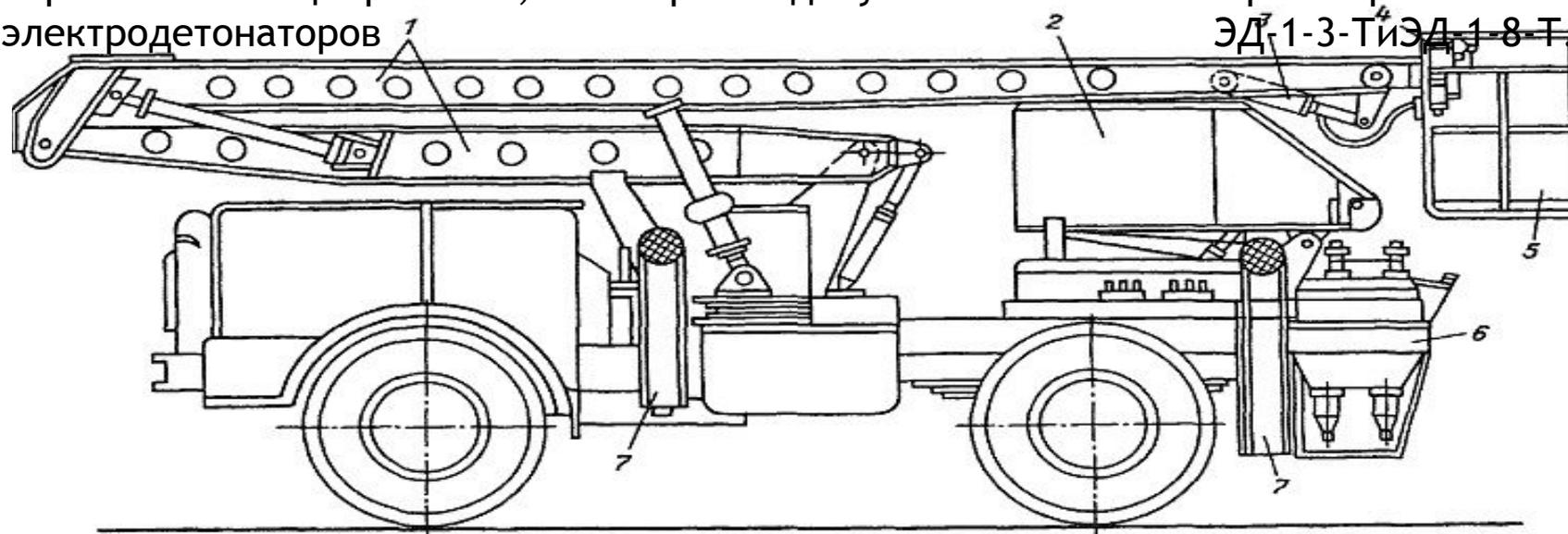


Рис. 5.19. Схема установки для механизированного зарядания шпуров:

1 — стреловой подъемно-поворотный механизм с корректором; 2 — загрузочный бункер для ВВ; 3 — гидравлический корректор; 4 — пульт управления; 5 — рабочая кабина оператора; 6 — раздаточный бункер для ВВ на четыре пневмозарядчика ЗП-2; 7 — опорные домкраты