

Н. М. ПОКРОВСКИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ШАХТ

Часть I

ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК И ТОННЕЛЕЙ

ИЗДАНИЕ ШЕСТОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебника для студентов вузов,
обучающихся по специальности
«Строительство подземных
сооружений и шахт»



МОСКВА «НЕДРА» 1977

Покровский Н. М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Технология сооружения горизонтальных выработок и тоннелей. Ч. I. Изд. 6, перераб. и доп. М., «Недра», 1977. 400 с.

В книге рассмотрены технологические схемы сооружения горизонтальных выработок, в том числе выработок больших сечений (тоннелей и выработок околоствольного двора), проходческий цикл и его элементы — буровзрывные работы, погрузка породы, призабойный транспорт, возведение постоянной крепи. Описаны комплексы оборудования, применяемые при буровзрывном способе проведения выработок, и комбайны. Изложены вопросы организации работ и охраны труда. Материал обновлен и дополнен с учетом изменений в области сооружения выработок, происшедших со времени предыдущего издания.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов горных вузов и факультетов и может быть полезна инженерно-техническим работникам горнодобывающих предприятий, шахтостроительных и проектных организаций.

Табл. 65, ил. 225, список лит. — 20 назв.

П 30701—474
043 (01)—77 198—77

© Издательство «Недра», 1977

ИБ № 1810

НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ ПОКРОВСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
И ШАХТ

Часть I

ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК
И ТОННЕЛЕЙ

Редактор издательства Э. Н. Чернегова
Переплет художника А. А. Зубченко
Художественный редактор О. Н. Зайцева
Технический редактор В. В. Максимова
Корректор А. П. Стальнова

Сдано в набор 22/II 1977 г. Подписано в печать 29/VII 1977 г.
Т-10692. Формат 60 × 90^{1/16}. Бумага № 2. Печ. л. 25,0.
Уч.-изд. л. 28,15. Тираж 9500 экз. Заказ 34/6976-9.
Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Недра»,
103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
196006, Ленинград, Московский пр., 91.

Предисловие

XXV съездом Коммунистической партии Советского Союза определены основные социальные и экономические задачи десятой пятилетки, направленные на подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе развития общественного производства и повышения его эффективности, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда и полного качественного использования созданного в нашей стране мощного производственного потенциала.

В общем подъеме всех областей материального и духовного производства, намеченном на десятую пятилетку — пятилетку эффективности и качества, перед горнодобывающей промышленностью, обеспечивающей минеральным сырьем предприятия тяжелой и легкой индустрии, химической промышленности и строительства, ставятся весьма серьезные и ответственные задачи. Это прежде всего — увеличение темпов роста материально-сырьевой базы страны. В соответствии с планом развития народного хозяйства в десятой пятилетке добыча угля будет доведена до 790—810 млн. т, нефти (включая газовый конденсат) — до 620—640 млн. т, газа — до 400—435 млрд. м³, выплавка стали — до 160—170 млн. т, прокат черных металлов (готовый) — до 115—120 млн. т, производство минеральных удобрений (в условных единицах) — до 143 млн. т.

В этой пятилетке закладываются основы для того, чтобы в дальнейшем рост нашего энергетического потенциала шел преимущественно за счет гидроэнергии, атомного топлива и дешевых углей.

Осуществление мероприятий по совершенствованию структуры топливно-энергетического баланса и более рациональному использованию всех видов топлива и энергии должно дать в 1980 г. экономию свыше 150 млн. т условного топлива. Эти меры позволят обеспечить нормальное энергоснабжение страны и создадут условия для устойчивого роста всех отраслей народного хозяйства.

Успешное решение поставленных задач связано со строительством, техническим перевооружением и реконструкцией предприятий, выполнением большого объема работ по сооружению различных капитальных горных выработок и камер, крупных подземных емкостей для хранения резервных запасов топлива, многочисленных тоннелей различного назначения больших сечений и протяженности.

При этом строительство должно осуществляться высокими темпами, экономично и на современной технической основе. Должна быть продолжена работа по дальнейшему совершенствованию технологии и повышению эффективности строительства различных подземных сооружений, повышению производительности и улучшению условий труда, обеспечению цикличной и поточной организации работ на базе внедрения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

Настоящая книга является первой частью учебника «Технология строительства подземных сооружений и шахт» и содержит сведения о проведении горизонтальных выработок и сооружении тоннелей.

Книга написана на базе материалов исследований научно-исследовательских институтов, широкого обобщения передового опыта строительства подземных сооружений в СССР и за рубежом и теоретических разработок автора.

Раздел I

ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОГРАНИЧЕННЫХ СЕЧЕНИЙ В ОДНОРОДНОЙ КРЕПКОЙ ПОРОДЕ

К горизонтальным выработкам ограниченных площадей сечений, проводимым в однородной крепкой породе, относятся квершлагги, полевые штреки и околоствольные выработки, имеющие весьма важное значение как при строительстве шахт и рудников, так и при их эксплуатации. Годовые объемы работ по проведению выработок этого типа в капитальном строительстве угольной промышленности составляют 230—250 км.

Такие выработки при строительстве шахт и рудников проводят в основном с применением буровзрывных работ. Весьма большой объем проведения основных подготовительных выработок при эксплуатации месторождений (около 2600 км в год) также будет выполнен буровзрывным способом.

Наряду с буровзрывным способом находят применение и породопроходческие комбайны. При проведении выработок специальных назначений (гидротехнические тоннели и т. п.) породопроходческие комбайны имеют пока ограниченное применение. Однако дальнейшее совершенствование конструкции комбайнов создает реальные предпосылки для их использования, особенно при проведении выработок значительной протяженности.

ПАРАМЕТРЫ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Эффективность буровзрывных работ, т. е. качественное дробление породы, точное оконтуривание профиля выработки, снижение сейсмического влияния взрыва, как фактора, обеспечивающего большую устойчивость выработки, кучная укладка породы у забоя после взрыва и повышение таких показателей, как коэффициент использования шпуров (к. и. ш.) и коэффициент излишка сечения (к. и. с.), зависит от правильного проектирования параметров буровзрывных работ — выбора типа ВВ и средств взрывания, определения расхода и величины заряда ВВ, выбора диаметра шпуров и конструкции заряда ВВ, установления числа, глубины и схемы расположения шпуров в забое.

§ 1. Взрывчатые вещества и средства взрывания

Для взрывных работ при проведении горизонтальных выработок в крепких породах применяют ВВ типа аммонитов. В шахтах, не опасных по газу и пыли, наибольшее применение имеют аммониты скальный № 1 и 3 и детонит М, в породах средней крепости — аммонит № 6ЖВ. В шахтах, опасных по газу или пыли, при проведении выработок только по породе применяют породный аммонит АП-5ЖВ и победит ВП-4.

Для взрывания шпуров применяют электродетонаторы мгновенного действия ЭД-8Э и ЭД-8Ж и более широко — электродетонаторы короткозамедленного действия ЭДКЗ-25 с интервалом замедления 25 мс в пределах 25, 50, 75, 100, 150 и 250 мс и ЭДКЗ-ПМ-15 с интервалом замедления 15 мс в пределах 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 и 120 мс.

Для передачи детонации от капсуля-детонатора к заряду ВВ иногда применяют детонирующие шнуры типа ДША и ДШБ.

Источниками тока при электрическом взрывании могут быть использованы взрывные машинки, силовая и осветительная сети.

§ 2. Расход взрывчатого вещества

Расход ВВ, т. е. количество ВВ в кг на 1 м^3 обуренной породы в массиве при проведении выработок изменяется и зависит от многих факторов, основными из которых являются: физико-механические свойства разрушаемых взрывом пород, качество ВВ, т. е. их работоспособность и теплота взрыва, сечения выработки, тщательность заряжания шпуров, наличие обнаженных плоскостей в забое выработки и др.

Большое число факторов и сложная их взаимосвязь исключают на данном этапе развития теории взрывных работ возможность теоретического разрешения задачи определения расхода ВВ. В связи с этим для определения требуемого количества ВВ пользуются

данными практики или эмпирическими формулами, обобщающими практику производства взрывных работ при проведении выработок.

Совершенствование буровзрывных работ, учет состояния технологии этих работ, характерных для определенного периода их развития, а также конкретные производственные условия проведения выработок обусловили разработку большого количества эмпирических формул. Опуская рассмотрение этапов развития методов определения расхода ВВ, отметим, что эта величина при проведении выработок может рассматриваться как функция следующих основных параметров:

$$q = \varphi(q_1, f_1, S, v, e, l, d_n), \quad (1)$$

где q_1 — удельный расход ВВ, т. е. расход ВВ при дроблении породы взрывом при наличии неограниченной поверхности, глубине одиночного шпура $l_1 = 1$ м и показателе $r/l_1 = 1$ (r — радиус воронки одиночного взрыва). Таким образом, удельный расход ВВ характеризует свойства пород при их разрушении взрывом; f_1 — коэффициент, учитывающий структуру и строение породы. Очевидно, расход ВВ возрастает по мере увеличения прочности пород и усложнения ее структурных особенностей (увеличение трещиноватости, характер слоистости, особенности текстуры и др.); S — площадь сечения выработки; v — коэффициент зажима породы (дополнительное сопротивление отрыву породы от массива за счет потери энергии взрыва, расходуемой на преодоление сил сцепления, возникающих по периметру выработки); e — коэффициент энергетической способности ВВ. Очевидно, с повышением энергетической способности ВВ при прочих равных условиях расход ВВ будет снижаться; l — глубина шпуров, м; d_n — диаметр патронов, мм.

В табл. 1 приведены значения q_1 , определенные на основании многочисленных опытов и практики. При этом за расчетную единицу принято количество ВВ в килограммах, необходимое для выброса 1 м^3 данной породы;

Коэффициент структуры f_1 определяется опытным путем в зависимости от характеристики пород. Очевидно, расход ВВ возрастает по мере увеличения прочности пород и усложнения ее структурных особенностей (увеличение трещиноватости, характера слоистости, особенности текстуры).

Коэффициент f_1 для вязких, упругих и пористых пород равен 2, для пород дислоцированного и неправильного залегания с мелкой трещиноватостью 1,4; для пород сланцевого залегания с меняющейся крепостью пород и напластованием, перпендикулярным к направлению шпура, 1,3.

На рис. 1 показано изменение расхода ВВ в зависимости от площади сечения выработки при постоянных типе ВВ, глубине и диаметре шпуров и свойствах породы. Эти данные получены в результате обобщения практики проведения горизонтальных выработок в горнорудной промышленности (свыше 200 примеров) и в угольной промышленности (60 примеров) при достаточно хорошо организованных

работах, когда скорости проведения выработок превышали 100 м/мес.

Основываясь на исследованиях проф. М. М. Протодьяконова, подтвержденных многолетней практикой ведения буровзрывных работ при проведении выработок, можно установить, что коэффициент зажима обратно пропорционален \sqrt{S} . Учитывая пропорциональность величины периметра сечению выработки и неровности

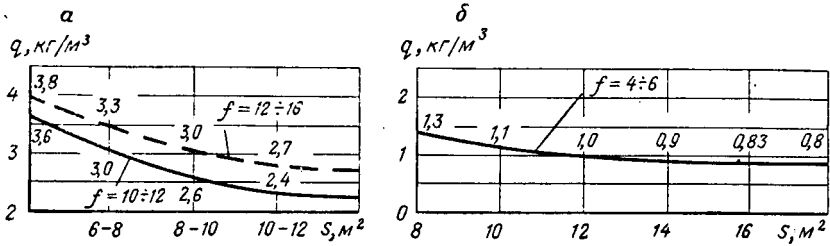


Рис. 1. Зависимость расхода ВВ от площади сечения выработки v :
 а — горнорудной промышленности; б — угольной промышленности

контура выработки, увеличивающие линейную величину периметра и усложняющие этим отрыв породы от массива, можно

Таблица 1

Характеристика пород	Категория крепости пород	Коэффициент крепости породы по шкале проф. М. М. Протодьяконова	q_1 , кг
Очень крепкие кварцитовые песчаники. Очень крепкие граниты и гнейсы. Базальт и другие кристаллические породы. Исключительные по крепости известняки, песчаники и доломиты	Внекатегорные	15—20	1,2—1,5
Плотные граниты, кварцитовые песчаники, диориты. Мелкозернистые монолитные песчаники и известняки, гнейсы	I	15—10	1,0—1,1
Некрепкий гранит, плотные песчаники и известняки. Колчеданы, крепкие мраморы и доломиты	II	8	0,7—0,8
Крепкие песчано-глинистые и песчаные сланцы. Сланцевые и глинистые песчаники. Крепкие глинистые сланцы с включением колчедана. Мягкие песчаники и известняки	III	6—4	0,4—0,6
Глинистые и углистые сланцы средней крепости, плотный мергель. Слабые песчаные сланцы	IV	3—2	0,3—0,2
Треугольные разрыхленные известняки и доломиты. Слабые глинистые и углистые сланцы. Антрацит. Крепкий каменный уголь	V	2	0,15

установить, что для выработок ограниченных площадей сечений при одной обнаженной поверхности коэффициент зажима можно принимать

$$v = \frac{6,5}{\sqrt{S}}.$$

Анализ изменения расхода ВВ в зависимости от площади сечения

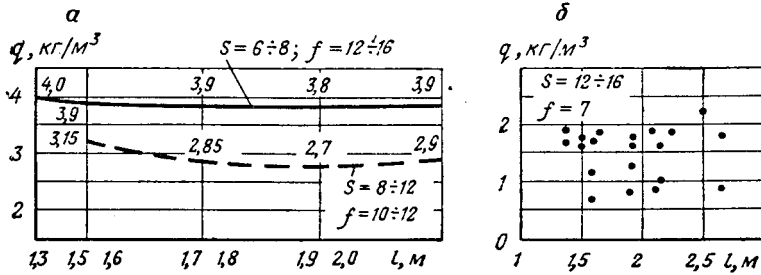


Рис. 2. Зависимость расхода ВВ от глубины шпуров

выработки указывает, что с ростом поперечного сечения расход ВВ уменьшается, т. е. снижается влияние коэффициента зажима на расход ВВ. Практически при площади сечения выработок более 18—20 м² расход ВВ становится постоянным, а следовательно и постоянен коэффициент зажима v .

Для наиболее распространенных типов ВВ значение коэффициента энергетической способности e составляет:

аммонит скальный № 1 и 2	0,8
детонит М	0,82
породный аммонит АП-4ЖВ	1,27
» » АП-5ЖВ	1,17
аммонит № 6ЖВ	1,0

Обобщая практику сооружения горизонтальных выработок в горнорудной промышленности (рис. 2, а) и угольной (рис. 2, б), можно установить, что зависимости расхода ВВ от глубины шпуров не наблюдается.

Можно считать, что в тех узких пределах глубин шпуров, какие имеют место в настоящее время при проведении выработок ограниченных сечений, возможно с достаточной точностью при расчетах принимать расход ВВ постоянным и не зависящим от глубины шпура, что и предлагают ряд исследователей (проф. М. М. Протодьяконов, Г. Ларес, А. Ф. Суханов и др.).

Это положение может быть подтверждено в известной степени также следующими соображениями: в практике взрывных работ при открытой разработке расход ВВ с глубиной взрывных скважин уменьшается, что корректируется показателем функции выброса. В практике же проведения выработок этой зависимости не наблюдается, так как заряду ВВ приходится преодолевать дополнительно

возрастающее влияние зажима. Таким образом, происходит взаимная компенсация указанных факторов, и в связи с этим расход ВВ остается практически постоянным.

Ряд авторов считают, что расход ВВ увеличивается с ростом глубины шпуров. Причем чаще всего это принимается как бы косвенно, за счет одновременного увеличения не только глубины шпуров, но и числа их в забое. Расход ВВ резко увеличивается при значительных глубинах шпуров, особенно при малых площадях сечения выработок, за счет необходимости преодоления запрессовки породы.

Зависимость расхода ВВ от диаметра d_n патронов ВВ выявлена также недостаточно. Большинство авторов приходят к выводу, что расход ВВ с увеличением диаметра патронов уменьшается (проф. А. Ф. Суханов, Б. Н. Кутузов, В. С. Романов, Н. С. Родионов и др.). Другие авторы указывают на обратное, т. е. с увеличением диаметра патронов ВВ расход его сокращается.

Рассматривая процесс протекания взрыва в комплекте шпуров в забое выработки и совместность их действия, можно предположить, что при применении патронов больших диаметров (очевидно, при этом в малых пределах, т. е. при патронах ВВ диаметром порядка 28—40 мм) будет иметь место повышение эффективности действия взрыва заряда за счет большей концентрации ВВ, а отсюда и возможность некоторого снижения расхода ВВ с увеличением диаметра патронов.

На основании обобщения отечественной и зарубежной практики можно принимать значение коэффициента изменения расхода ВВ от диаметра патрона ВВ в следующих пределах:

для патронов ВВ диаметром 25 мм — 1,1; 30 мм — 1,0; 40 мм — 0,95.

Таким образом, в результате проведенного выше анализа можно установить, что расход ВВ на 1 м³ породы в массиве

$$q = q_1 f_1 v e d_n. \quad (2)$$

Т а б л и ц а 2

Площадь поперечного сечения выработки, м ²	Коэффициент крепости пересечаемых пород f	Расход ВВ, кг/м ³	
		аммонит скальный	аммонит типа ЖВ
Угольная промышленность			
7—9	4—6	1,1—1,3	2—2,2
10—14	8—10	1,7—2,2	2,3—2,5
	4—6	1—1,2	1,75—2
	8—10	1,6—2	2,2—2,4
Горнорудная промышленность			
7—9	10—12	3,0	4,5
10—14	14—18	3,5	3,5—4
	10—12	2,6—2,8	4
	14—18	3—3,3	3,8—4

На рис. 3 показаны графики изменения расхода ВВ в различных породах, полученные на основании данных практики и вычисленные по формуле (2). Как видно из рисунка, они имеют достаточно точное совпадение.

В табл. 2 приведены данные о расходе некоторых ВВ, полученные на основе обобщения практики проведения выработок различных сечений по породам различной крепости.

§ 3. Диаметр шпуров

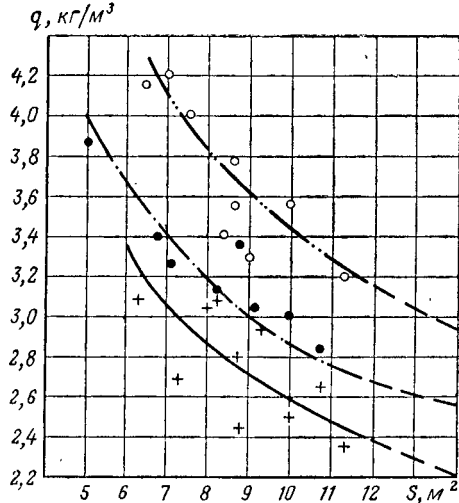
Диаметр шпуров определяется размером применяемых патронов ВВ. В СССР патроны ВВ изготавливаются диаметром 28, 32, 36 и 45 мм. Конечный диаметр шпуров должен обеспечить легкость введения патронов в шпур. Однако разница между диаметрами шпура и патронов должна быть незначительной, так как наличие воздушного прослойка снижает взрывное действие ВВ. Оптимальным соотношением конечного диаметра шпура и патронов ВВ может быть принято $d_{шп} : d_n = 1,2$.

Учитывая сокращение расхода ВВ с увеличением диаметра патронов, а следовательно и диаметра шпуров, можно было бы предположить, что с увеличением диаметра шпуров их число в комплекте должно уменьшаться пропорционально изменению расхода ВВ в килограммах на 1 м шпура (γ), т. е.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \quad \text{или} \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1},$$

где N_1 и N_2 — число шпуров в комплекте при различном их диаметре; d_1 и d_2 — диаметры шпуров.

Однако такая закономерность неправомерна, так как в комплекте количество оконтуривающих шпуров, составляющих основную группу, практически вне зависимости от диаметра шпуров остается постоянным (особенно в выработках ограниченных сечений). Сокращение же оконтуривающих шпуров крайне нецелесообразно, так как



Порода	Условные обозначения
Биотитовые роговики и песчаники	— по формуле (2) + фактические расходы ВВ
Мрамор	— — по формуле (2) • фактические расходы ВВ
Пироксеновые роговики, пироксен-гранитовые скарны	— · — по формуле (2) ○ фактические расходы ВВ

Рис. 3. Зависимость расхода ВВ от площади сечения выработки в различных породах

Рис. 3. Зависимость расхода ВВ от площади сечения выработки в различных породах

оно вызовет резкое увеличение коэффициента излишка сечения (к. и. с.) (см. § 9).

При больших площадях сечений выработок (свыше 12 м^2) применение числа шпуров повышенного диаметра уменьшается. Но с другой стороны, применение шпуров меньшего диаметра обеспечивает увеличение скорости их бурения.

Таким образом, время на бурение комплекта шпуров повышенного диаметра даже при некотором сокращении числа шпуров не будет обеспечивать снижения общего времени бурения комплекта шпуров, а наоборот, можно утверждать, что это время будет увеличиваться.

При применении тяжелых бурильных машин с использованием буровых кареток и автоподатчиков бурение шпуров большого диаметра более рационально, так как скорость бурения в интервале применяемых глубин шпуров практически не будет зависеть от их диаметра.

Таким образом, можно установить, что при проведении горизонтальных выработок по породе выбор диаметра шпуров в известной степени обуславливается свойствами пересекаемых пород, сечением выработки и типом бурового оборудования. В выработках малых сечений ($6 \div 8 \text{ м}^2$) при бурении шпуров бурильными машинами с пневмоподдержками целесообразно применение патронов ВВ и шпуров малых диаметров (патронов ВВ диаметром 25—28 мм и шпуров диаметром 30—34 мм). В выработках больших сечений при бурении шпуров бурильными машинами тяжелого типа с автоподатчиками использование шпуров больших диаметров позволяет уменьшить их число в комплекте, а также сократить время на бурение и зарядание.

В зарубежной практике (Франция и ФРГ) в угольной промышленности при проведении выработок площадью сечения 8—10 м^2 применяют патроны ВВ диаметром 25 мм, а в полевых выработках с площадью сечения 15—20 м^2 — 35 и 40 мм.

§ 4. Конструкция заряда ВВ

Обычно при проведении выработок принимается колонковая конструкция заряда с расположением патронов ВВ в шпуре в виде сплошной колонки. В колонковом заряде ВВ существенное влияние на эффективность взрыва оказывает место расположения патрона-боевика, а также материал и размеры забойки. Патрон-боевик может быть расположен первым от устья шпура или первым от дна шпура, т. е. прямое или обратное иницирование при взрыве.

При обратном иницировании благодаря более продолжительному воздействию продуктов взрыва на среду происходит более полное, чем при прямом иницировании, использование энергии взрыва.

Благодаря этому коэффициент использования шпуров (к. и. ш.) повышается на 8—12%, уменьшается длина отброса породы и увеличивается степень ее дробления, что весьма важно при механизиро-

ванной погрузке породы. С увеличением глубины шпуров эффективность обратного инициирования повышается.

Величина внутренней забойки регламентируется Правилами безопасности при взрывных работах только для шахт, опасных по газу или пыли. Внутренняя забойка обеспечивает повышение эффективности взрыва, поэтому во всех случаях применение ее является целесообразным.

На основании данных практики установлено, что длина внутренней забойки в обычных условиях проведения выработок при диаметре шпуров 40—42 мм может быть принята равной 0,6—0,8 м. С увеличением диаметра шпуров длина забойки должна быть увеличена.

Наиболее распространенным материалом забойки является смесь глины с песком состава 1 : 4. При таком соотношении глина является вяжущим элементом, а песок принимает на себя удар взрыва.

Наряду с применением песчано-глинистой забойки в настоящее время также внедряется водяная забойка из полиэтиленовых ампул длиной 35—40 см и диаметром 37—38 мм, т. е. емкостью около 250 см³.

Водяная забойка по сравнению с песчано-глинистой повышает к. и. ш. на 8—12%, при этом снижается на 20—25% выход негабарита кусков породы и понижается запыленность атмосферы. Кроме того, водяная забойка обеспечивает повышение адсорбции ядовитых газов (окиси углерода и окиси азота).

§ 5. Число шпуров

Число шпуров в забое выработки определяется с учетом ряда факторов, основными из которых являются: величина расхода ВВ, сечение выработки, диаметр и глубина шпуров, т. е.

$$N = \varphi(q, S, d, l). \quad (3)$$

Зависимость числа шпуров от q , S и d очевидна, так как шпуры являются теми емкостями, в которых размещается общий заряд (расход) ВВ, т. е.

$$Q = qSl. \quad (4)$$

Так как нами было ранее выяснено, что величина расхода ВВ не зависит от глубины шпуров, то, следовательно, также можно считать, что число шпуров при прочих равных условиях не зависит от их глубины и этот фактор можно не учитывать при дальнейших расчетах.

В каждом шпуре располагается ВВ в количестве γl , где γ — расход ВВ, приходящийся на 1 м длины шпура, кг.

$$\gamma = \Delta mab,$$

где Δ — плотность применяемого в патронах ВВ; m — объем ВВ, приходящийся на единицу длины шпура ($m = 0,785d^2$); d — диа-

метр патрона ВВ; a — длина заполненной части шнура ВВ; b — коэффициент, учитывающий уплотнение ВВ в шнуре в процессе его сжатия.

Плотность ВВ в патронах Δ можно принимать по данным табл. 3.

Величина заполнения шнура взрывчатым веществом a не является постоянной и зависит от условий проведения выработок, т. е. от газового и пылевого режима и глубины шнура. В «Единых правилах безопасности при взрывных работах» нет указаний о величине заполнения шнура взрывчатым веществом при производстве взрывных работ в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли. Значение a в этих условиях необходимо принимать из расчета обеспечения в шнуре забойки длиной до 0,8 м, следовательно, $a = 0,7 \div 0,85$.

В шахтах, опасных по газу или пыли, Правилами безопасности установлено, что длина забойки при взрывании по углю и породе должна быть равна: при глубине шнуров от 0,6 до 1 м — половине глубины шнуров; при глубине шнуров более 1 м — не менее 0,5 м, при применении скважин — не менее 1 м; минимальная глубина шнуров по углю и породе должна быть 0,6 м.

Таким образом, для шахт, опасных по газу или пыли, $a = 0,6 \div 0,7$.

Коэффициент уплотнения ВВ в шнуре b может быть принят: для нитроглицериновых ВВ — 1,2 и для аммиачных ВВ — 1.

Значение γ для различных ВВ в зависимости от их рабочей плотности и условий производства взрывных работ при стандартных диаметрах патронов ВВ 32, 36 и 45 мм может быть принято согласно данным табл. 3.

Если величину γ во всех шнурах комплекта принять одинаковой, то тогда число шнуров определится из равенства

$$qSl = N\gamma l, \quad (5)$$

Т а б л и ц а 3

Взрывчатые вещества	Плотность, г/см ³	Расход ВВ, приходящийся на 1 м длины шнура, кг				
		в шахтах, не опасных по газу и пыли, при диаметре патронов ВВ, мм			в шахтах, опасных по газу или пыли, при диаметре патронов ВВ, мм	
		32	36	45	32	36
Аммонит скальный № 1	1,0—1,1	—	1,1—1,25	1,7—2,0	—	—
Аммонит скальный № 3	1,0—1,1	—	0,7—0,85	1,1—1,35	—	—
Аммонит № 6ЖВ	1,0—1,1	0,62—	0,75—	—	—	—
		0,75	0,95			
Динамит 62%-ый труднозамерзающий	1,4—1,45	0,8—1,0	—	1,6—2,0	—	—
Аммонит ПЖВ-20, АП-4ЖВ и АП-5ЖВ	1—1,15	—	—	—	—	0,55—
Победит ВП-4	1,1—1,3	—	—	—	0,5—	0,6—0,85
					0,65	

т. е.

$$N = \frac{qS}{\gamma}.$$

Однако указанное распределение ВВ в шпурах комплекта неправильно, так как режим их работы по разрушению породы в забое неодинаков.

Все шпуры комплекта могут быть по условиям их работы разделены на две группы: первая группа — врубовые и вспомогательные шпуры; вторая группа — оконтуривающие шпуры, т. е.

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{вр}} + N_{\text{ок}}.$$

Шпуры врубовые и вспомогательные дробят основную массу породы в сечении выработки при наличии практически одной обнаженной поверхности. Шпуры оконтуривающие, как следует из названия, придают выработке ее проектную форму и поперечное сечение; эти шпуры разрушают породу по контуру выработки при наличии двух обнаженных поверхностей и малой линии наименьшего сопротивления.

Оконтуривающие шпуры наряду с разрушением породы по контуру выработки и приданием ей проектной формы сечения должны обеспечить минимальные излишки отрываемой породы за контуром (минимальные переборы породы), т. е. обеспечить так называемое контурное (гладкое) взрывание. При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров увеличивается. Так, при обычных схемах ведения взрывных работ среднее расстояние между оконтуривающими шпурами b обычно принимается вне зависимости от свойств породы и сечения выработок и составляет 0,75—0,8 м.

Число оконтуривающих шпуров определяется исходя из периметра выработки без учета ее ширины по почве, так как почвенные шпуры работают в наиболее тяжелых условиях и требуют такой же величины заряда ВВ в них, как и врубовые, и вспомогательные шпуры.

Тогда число оконтуривающих шпуров

$$N_{\text{ок}} = \frac{P-B}{b} + 1,$$

где P — периметр выработки в черне; B — ширина выработки.

Периметр выработки можно определить по формуле

$$P = c \sqrt{S},$$

где c — коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения выработки. Для выработок квадратной формы сечения $c = 4$, для трапециевидной формы $c = 4,2$ и для выработок сводчатой формы $c = 3,86$;

Следовательно, число оконтуривающих шпуров

$$N_{\text{ок}} = \frac{c \sqrt{S} - B}{b} + 1.$$

Число врубовых, вспомогательных и почвенных шпуров

$$N_{\text{вр}} = \frac{qS - \left(\frac{c\sqrt{S} - B}{b} + 1 \right) \gamma_0}{\gamma}$$

где γ_0 — расход ВВ, приходящийся на 1 м оконтуривающего шпура,
Общее число шпуров в комплекте

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{вр}} + N_{\text{ок}} = \frac{qS}{\gamma} + \left(\frac{c\sqrt{S} - B}{b} + 1 \right) \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right).$$

Если забой выработки будут пересекать породы различных физико-механических свойств, которые незначительно отличаются между собой, то целесообразно не изменять число шпуров в комплекте, а принять его постоянным с учетом наиболее типичной пересекаемой породы, регулируя при этом только величиной расхода ВВ.

При значительном изменении свойств пересекаемых пород необходимо иметь новые параметры комплекта шпуров

§ 6. Контурное взрывание

При проведении горных выработок буровзрывным способом всегда фактическая площадь сечения превышает проектную. Отклонение фактической площади сечения выработки от проектной приводит к увеличению объема выемки породы. Это явление принято называть перебором породы. В качестве критерия оценки точности оконтуривания выработок обычно принимается коэффициент излишка сечения (см. § 9).

Для обеспечения максимального соответствия фактического сечения выработки проектному применяется контурное взрывание. Для реализации контурного взрывания увеличивают число оконтуривающих шпуров путем сокращения расстояний между ними b . Значение b зависит от величины линии наименьшего сопротивления W и коэффициента крепости породы f и приведено на рис. 4. Практически расстояние между контурными шпурами при линии наименьшего сопротивления W , равной 0,7—0,9 м, принимается 0,5—0,6 м.

Контурные шпуры должны быть расположены возможно ближе к стенкам выработки (как это допускает буровое оборудование). При бурении ручными бурильными машинами контурные шпуры могут быть расположены на расстоянии 50—60 мм от стенки выработки, при машинах БУ-1 — на расстоянии 100—120 мм. При бурении шпуров ручными бурильными машинами достигнуть правильного расположения контурных шпуров затруднительно, бурение шпуров с помощью машин на автоподатчиках обеспечивает более точное их расположение. Точность разметки контурных шпуров должна быть возможно более высокой.

В качестве ВВ в крепких породах ($f = 8 \div 12$) в шахтах, не опасных по газу и пыли, целесообразно применение аммонита № 6ЖВ, в шахтах, опасных по газу или пыли, — аммонитов ПЖВ-20

и АП-5ЖВ. Диаметр патронов ВВ должен быть не более 32. Электродетонаторы должны обеспечить полную одновременность взрывания всех контурных шпуров в комплекте.

Расход ВВ (кг) на 1 м контурного шпура γ_0 в зависимости от крепости пород можно принимать равным: для гранитов ($f = 1 \div 14$) — 0,45, крепких песчаников ($f = 10 \div 12$) — 0,4, песчаных и известняков ($f = 8 \div 10$) — 0,35, песчаных и глинистых сланцев ($f = 4 \div 6$) — 0,3.

Учитывая небольшое значение γ_0 , обычно конструкция заряда ВВ принимается рассредоточенной с воздушными промежутками между частями заряда или с их заполнением инертным материалом в виде деревянных стержней. На рис. 5 представлено несколько конструкций зарядов ВВ контурных шпуров:

а — при проведении квершлага площадью сечения 11,6 м² в песчаных сланцах ($f = 5 \div 6$);

б — при проведении полевого

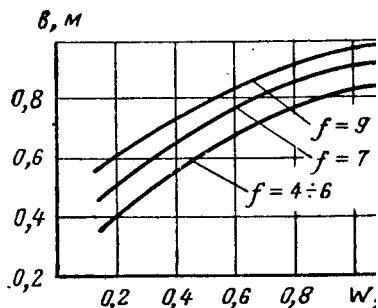


Рис. 4. Зависимость расстояния между оконтуривающими шпурами величины линии наименьшего сопротивления (л. н. с.)

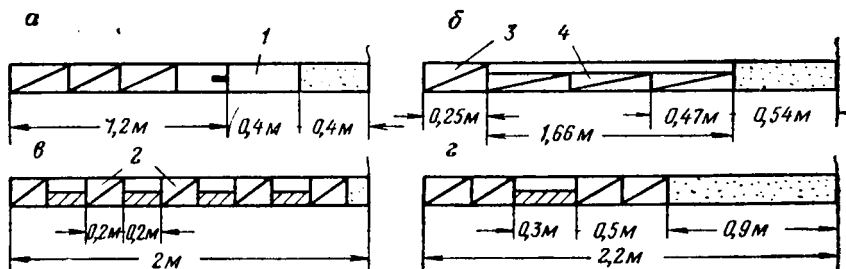


Рис. 5. Конструкция заряда ВВ контурных шпуров:

1 — воздушный прослой; 2 — аммонит № 6ЖВ; 3 — аммонит скальный; 4 — детнит 10А

штрека площадью сечения 11,3 м² в песчаниках ($f = 8 \div 11$);
 в — при проведении выработок околоствольного двора площадью сечения 9,3 м² в гранитах ($f = 15 \div 16$);

г — при проведении трубного штрека площадью сечения 11,6 м² в песчаниках ($f = 8 \div 10$).

Общее число шпуров в забое выработки при контурном взрывании может быть определено по формулам, приведенным в § 5 с поправкой величины γ_0 и числа шпуров на контуре.

§ 7. Глубина шпуров

Глубина шпуров является одним из решающих элементов буровзрывных работ при проведении выработок, так как она определяет

трудоемкость всех основных операций и, таким образом, является основным организационно-техническим фактором. При проведении протяженных горизонтальных выработок ограниченных площадей сечений глубина шпуров чаще всего составляет 1,6—2,0 м и только иногда достигает 2,6 м. Анализируя зависимость глубины шпуров от сечения выработки и крепости пересекаемых пород, можно установить, что какой-либо явно выраженной зависимости между ними не наблюдается (рис. 6).

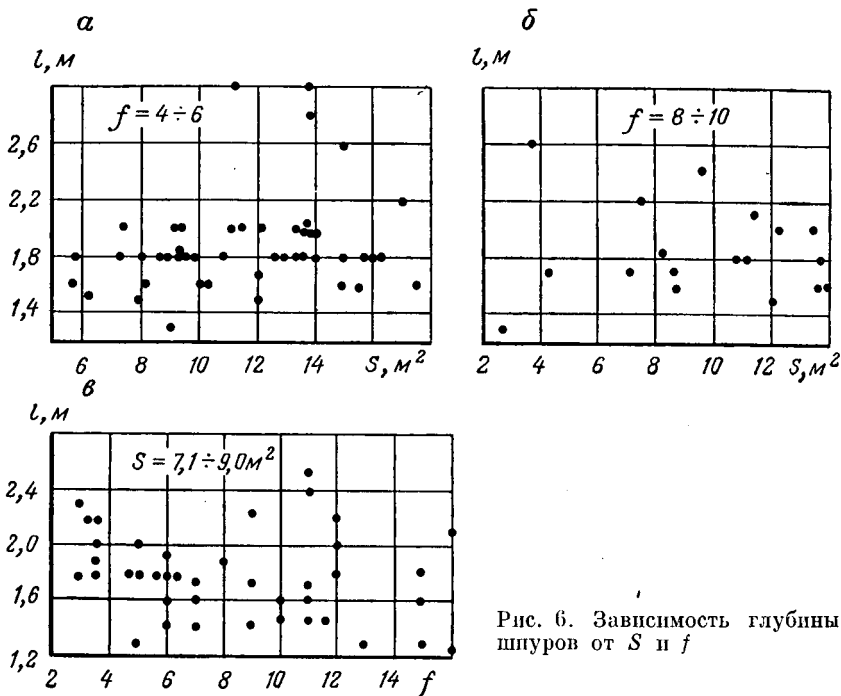


Рис. 6. Зависимость глубины шпуров от S и f

Приближенно для ориентировочных оценок глубина шпуров для выработок ограниченных площадей сечений может быть принята: при отрывающих врубах

$$\left. \begin{aligned} l &= 0,5 \sqrt{S}, \text{ м;} \\ \text{при дробящих врубах} \\ l &= 0,75 \sqrt{S}, \text{ м,} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где S — площадь сечения выработки в проходке, м^2 .

Увеличение глубины шпуров при дробящих врубах может быть объяснено большим удобством размещения бурового оборудования, достижением меньшего отклонения врубовых шпуров, особенно при их забурировании, и более эффективным использованием энергии взрыва врубовой группы шпуров.

Переходя к вопросу определения глубины шпуров, необходимо установить критерий их оптимальности. В качестве таких критериев можно принять минимальный расход времени на 1 м подвигания забоя выработки и минимальный расход времени на 1 м³ выработки в свету без учета работ по креплению.

Учитывая ограниченный диапазон глубин шпуров при проведении выработок критерий минимальных расходов времени на 1 м подвигания забоя не позволит определить наиболее целесообразную их глубину. Кроме того, этот критерий не даст возможности обеспечить увязку глубины шпуров с технической оснащенностью работ, а последняя будет оказывать влияние на глубину шпуров.

Исходя из изложенного, для нахождения оптимальной глубины шпуров примем в качестве критерия при выполнении основных проходческих операций расход времени на 1 м³ породы в массиве. Как указывалось ранее, в комплекс основных проходческих операций при проведении выработок в крепких породах входят: бурение шпуров, вспомогательные работы (заряжание и взрывание шпуров и проветривание забоя), а также погрузка породы.

Анализируя практику проведения выработок по породе в горно-рудной и угольной промышленности и рассматривая при этом только наиболее хорошо организованные примеры (т. е. выработки, скорость проведения которых была не менее 100 м/мес, при наиболее типичной их площади сечения 9—10 м²), можно установить, что суммарные кривые расхода времени на 1 м³ породы в массиве при учете всех операций проходческого цикла (бурение шпуров 1 при различном типе бурового оборудования, вспомогательные работы 2 — проветривание, приведение забоя в безопасное состояние заряжания шпуров 3 и погрузки породы 4) изменяются в зависимости от глубины шпуров (рис. 7).

Наименьшие затраты времени будут при следующих глубинах шпуров: для пород с $f = 4 \div 6$ при бурении шпуров машинами ПР-24л на пневмоподдержках и погрузке породы ковшовыми погрузочными машинами 2—3 м; для пород с $f = 8 \div 10$ при том же проходческом оборудовании 2,3—2,5 м; для пород с $f = 8 \div 10$ при бурении шпуров машинами БУ-1 и погрузке ковшовыми машинами 2,5—3,5 м.

Применение шпуров глубиной свыше 4 м в рассматриваемых условиях нецелесообразно.

Для обеспечения более полного использования проходческого оборудования с учетом горно-геологических условий и технических возможностей (энергоснабжение, транспортирование), а также четкой организации работ в забое, позволяющей иметь минимальные потери времени на сопутствующие и часто непроизводительные работы, а следовательно высокую производительность труда, наиболее целесообразно глубину шпуров уточнять (в пределах вышеустановленных рекомендаций) исходя из принятой продолжительности проходческого цикла, т. е.

$$l = f(T_{\text{цикл}})$$

или

$$l = f(t_1 + t_2 + t_3 + t_4), \quad (8)$$

где t_1 — общее время на бурение всех шпуров в забое с учетом работ не только на собственно бурение шпуров, но также и на работы по разметке шпуров, опробованию бурильных машин, на маневрирование при перемещении буровой установки, на очистку шпуров и др.; t_2 — общее время на зарядание шпуров; t_3 — время на взрывание шпуров, проветривание забоя и приведение его в безопасное

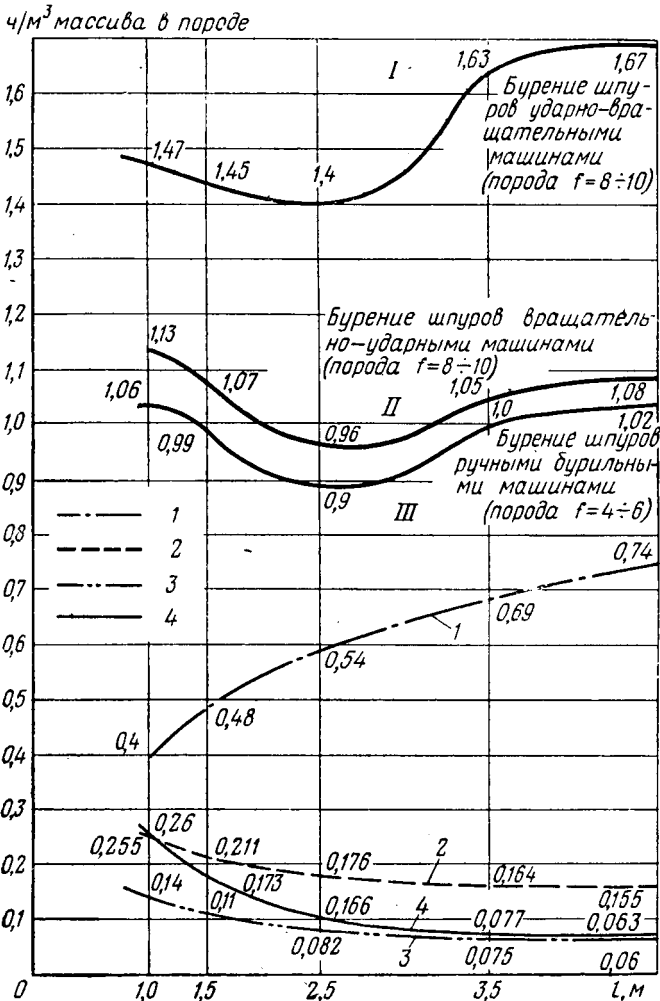


Рис. 7. Оптимальная глубина шпуров при бурении:

I — ударно-вращательными машинами ($f = 8 \div 10$); II — вращательно-ударными машинами ($f = 8 \div 10$); III — ручными бурильными машинами ($f = 4 \div 6$)

состояние; t_4 — общее время на погрузку взорванной породы, включая оборку кровли и боков выработки, разборку и раскayловку крупных кусков породы, подкидку породы и укладку временных рельсовых путей.

Время на возведение временной крепи и настилку рельсовых путей не учитывается, так как эти работы могут производиться одновременно с выполнением основных операций.

Так как в настоящее время все основные операции при сооружении выработок в забое выполняются последовательно (см. главу VIII), то эта организация работ в дальнейшем принимается при расчетах.

Время на бурение шпуров, ч

$$t_1 = \frac{Nl}{n_1v},$$

где n_1 — число одновременно работающих в забое бурильных машин; v — скорость бурения одной бурильной машиной в единицу общего времени, м/ч.

Время на зарядание шпуров, ч

$$t_2 = \frac{N}{n} t',$$

где t' — время на зарядание одного шпура; n — число шпуров заряжаемых одним рабочим.

Время на зарядание одного шпура принять $t' = 0,04$ ч, а число шпуров, заряжаемых одним рабочим, $n = 10 \div 12$.

Общее время на погрузку взорванной породы, ч

$$t_4 = \frac{k_0\eta\mu l S}{n_2P},$$

где k_0 — коэффициент разрыхления породы. При $f = 10 \div 14$ $k_0 = 2,2$, при $f = 4 \div 8$ $k_0 = 2,0$, при $f = 2 \div 3$ $k_0 = 1,8$; η — коэффициент использования шпура (см. § 9); μ — коэффициент излишка сечения (см. § 9); n_2 — количество погрузочных машин, одновременно работающих в забое; P — производительность погрузочной машины в час общего времени, м³ породы в разрыхленном состоянии

Суммируя значения расхода времени на отдельные операции, получим

$$T_{\text{цикл}} = \frac{Nl}{n_1v} + \frac{N}{n} t' + t_3 + \frac{k_0\eta\mu l S}{n_2P},$$

откуда глубина шпуров

$$l = \frac{T_{\text{цикл}} - \left(\frac{N}{n} t' + t_3 \right)}{\frac{N}{n_1v} + \frac{k_0\eta\mu S}{n_2P}}, \quad \text{м.} \quad (9)$$

При применении отрывающих врубов глубина шпуров

$$l_1 = l \sin \alpha,$$

где α — угол наклона врубовых шпуров к продольной оси выработки.

Определение глубины шпуров, исходя из заранее принятой продолжительности цикла, обеспечивает наиболее полное использование основного оборудования и полную занятость проходчиков.

§ 8. Расположение шпуров

Правильное расположение шпуров при проведении горизонтальных выработок имеет весьма большое значение. Это обусловлено следующими факторами: относительно небольшая площадь и сложная форма сечения выработок; необходимость создания точного контура выработки с наименьшим объемом излишка вынимаемой породы и ровной поверхности почвы и забоя; обеспечение кучной укладки раздробленной породы в забое; необходимость иметь равномерное и мелкое дробление породы, что важно для достижения высокой производительности погрузочных машин.

Кроме того, при выборе схемы расположения шпуров необходимо учитывать возможность наиболее простого и удобного забуривания шпуров, исключающих отклонение их от принятого паспорта буровзрывных работ.

Различие схем расположения шпуров в основном обуславливается только расположением врубовых шпуров. По принципу расположения врубовые шпуры можно подразделить на две группы:

1) располагаемые в зависимости от направления трещин в породах, пересекаемых выработкой;

2) располагаемые независимо от направления трещин в породах.

Врубовые шпуры первой группы действуют по принципу отрыва породы от массива по трещинам напластования. Поэтому врубовые шпуры данной группы называют **о т р ы в а ю щ и м и в р у б а м и**.

В зависимости от расположения трещин и характера залегания пересекаемых пород применяются следующие основные типы отрывающих врубов:

вертикальный клиновой вруб (рис. 8, а) в породах с вертикальным расположением трещин;

горизонтальный клиновой вруб (рис. 8, б) в породах с горизонтальным расположением трещин;

нижний вруб (рис. 8, в) в слоистых породах с падением трещин на забой;

верхний вруб (рис. 8, г) в слоистых породах при падении трещин от забоя;

боковой вруб (рис. 8, д) при трещиноватых породах и крутом их падении, когда выработка располагается по простиранию пород (полевой штрек) и на их контакте.

Существенными недостатками этой группы расположения врубовых шпуров являются: зависимость глубины шпуров от ширины выработки вследствие их наклонного положения, сложность размещения шпуров и придание им заданного угла наклона, трудность забуривания и реальная возможность отклонения шпуров от заданного направления (особенно с увеличением их глубины), что при-

водит к необходимости увеличения числа шпуров или массы зарядов ВВ.

Для возможного увеличения глубины врубовых шпуров при ограниченных размерах выработки применяется двухклиновой вруб (рис. 8, е), при котором отдельные клинья шпуров имеют различные углы наклона и глубину и взрываются последовательно.

Рассматривая комплект шпуров в целом, можно установить, что он состоит из трех групп шпуров — врубовых, вспомогательных

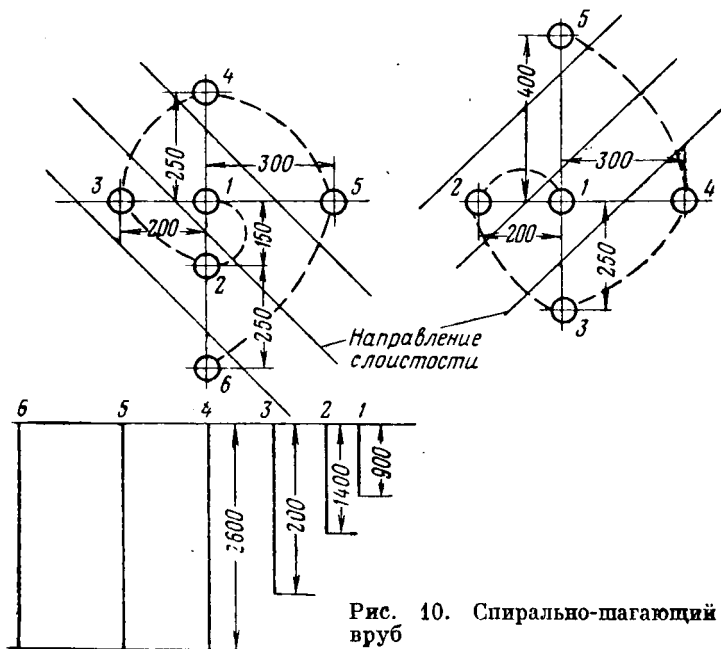


Рис. 10. Спирально-шагающий вруб

и оконтуривающих. Число шпуров в каждой группе устанавливается в зависимости от площади сечения выработки. Для выработок площадью сечения 10—12 м² можно принять соотношение групп шпуров 1 : 0,8 : 1,6.

Врубные шпуров второй группы располагают обычно перпендикулярно забою и параллельно один другому. Благодаря относительно сближенному расположению шпуров при взрыве происходит не только отрыв породы от массива, но главным образом разрушение ее между врубовыми шпурами. Врубы с таким расположением шпуров называются дробящими, или разрушающими.

Дробящие врубы имеют несколько разновидностей. Рассмотрим некоторые из них.

Спиральный вруб (рис. 9) состоит из одного или двух незаряжаемых шпуров, образующих компенсационную полость в породе и облегчающих условия дробления породы во врубе, и от четы-

рех до пяти заряженных шпуров, расположенных по спирали (рис. 9, а). Все шпуры имеют одинаковую глубину и взрываются последовательно, расширяя врубовую зону. Такая схема расположения врубовых шпуров применяется в крепких породах, глубина шпуров равна 2,1—2,3 м. На рис. 9, б приведена схема расположения шпуров при спиральном врубе в выработке площадью сечения 10 м^2 в породах с $f = 10 \div 12$.

Спирально-шагающий вруб (рис. 10). В этом врубе шпуры располагаются по спирали и имеют переменную, постепенно увеличивающуюся глубину. Заряды ВВ взрываются последовательно в порядке указанной нумерации шпуров. Расстояние от центрального шпура до шпуров на спирали увеличивается от 15 до 40 см. В мягких породах это расстояние принимается большим, чем в породах средней крепости и крепких.

Для повышения эффективности взрыва шпуры целесообразно располагать таким образом, чтобы каждый взрыв следующего шпурового заряда вруба был направлен поперек напластования. Для уменьшения разброса породы и устранения повреждения крепи все врубовые шпуры необходимо бурить с наклоном вверх на $5\text{--}10^\circ$.

На рис. 11 показан паспорт буровзрывных работ при спирально-шагающем врубе, принятый при проведении квершлага на шахте «Черкасская-Северная» № 1 (Донбасс).

Прямой шагающий вруб с подпрессовкой породы (рис. 12) состоит из шести шпуров, пробуриваемых по окружности диаметром 0,4—0,55 м. С увеличением крепости и вязкости пород диаметр окружности шпуров уменьшается. Шпуры первого яруса 1, 2, 3, пробуренные на половину длины подвигания забоя, заряжаются на полную их глубину и взрываются первыми. Шпуры второго яруса 4, 5, 6, пробуренные на полную длину подвигания забоя, заряжаются только в донной их половине и с таким расчетом, чтобы длина их незаряженной части превышала длину шпуров первого яруса на 0,1—0,2 м. Эта незаряженная зона шпуров второго яруса при взрыве шпуров первого яруса создает условия подпрессовки свободной части шпуров второго яруса, обеспечивая как бы забойку весьма высокой плотности, что оказывает благоприятное влияние на работу зарядов шпуров второго яруса.

Сопоставляя практику применения отрывающих и дробящих врубов, можно установить, что дробящие врубы при проведении горизонтальных выработок находят более широкое применение, особенно в крепких породах. Так, в рудной промышленности отрывающие врубы применяются в 20% выработок, дробящие — в 62% и комбинированные — в 18%.

Более широкое применение дробящих врубов объясняется их многими достоинствами. Из данных табл. 4 видно, что дробящие врубы в их различных модификациях обеспечивают при прочих равных условиях значительное повышение к. и. ш., большее подвигание забоя за цикл, уменьшение объема бурения на 1 м подвигания забоя. К недостаткам дробящих врубов необходимо отнести более сложное зарядание их и многосерийное взрывание шпуров.

За рубежом имеет известное применение комплект шпуров с центральными скважинами большого диаметра в качестве вруба. Диаметр скважин изменяется в довольно широких пределах. На калийных рудниках (ГДР) скважины бурят диаметром 165—420 мм. Есть примеры бурения скважин диаметром до 800 мм (с помощью буровой каретки «Зальцгиттер» типа BW-420 на пневмоколесном ходу). В более крепких породах центральные скважины принимают диаметром 100—230 мм. Центральные скважины позволяют иметь большую глубину шпуров в комплекте (3—3,5 м) и способствуют повышению к. и. ш. до 0,97. На рис. 13 показан вруб, в котором две скважины по сечению частично перекрывают одна другую, образуя таким образом сечение в виде восьмерки. Такое расположение скважин

Таблица 4

Шахта, выработка, характеристика пересекаемых пород	Клиновое бурение				Спиральное бурение			
	Подвигание забоя за цикл, м	К. и. ш.	Объем бурения шпуров на 1 м подвигания забоя, м	Разлет породы, м	Подвигание забоя за цикл, м	К. и. ш.	Объем бурения шпуров на 1 м подвигания забоя, м	Разлет породы, м
«Черкасская-Северная», квершлаг, песчаник ($f = 6 \div 9$) № 81 (Фрунзеуголь), квершлаг, песчано-глинистый сланец ($f = 6 \div 7$)	Клиновое бурение				Спиральное бурение			
	2	0,88	41	20	2,3	0,96	31	10
	1,33	0,7	42,8	20	1,8	0,82	36,6	10
«Краснодонская», обходная выработка, песчанистый сланец ($f = 7$)	1,4	0,7	37	15	1,9	0,95	27,6	5
«Гигант-Глубокая», полевой штрек, вязкие аспидные сланцы ($f = 7 \div 10$)	Клиновое бурение				Прямое бурение			
	1,25	0,72	—	—	1,6	0,92	—	—
«Победа», кольцевой штрек, гранит ($f = 12 \div 14$)	0,95	0,66	—	—	1,45	1,0	—	—
«Саксагань», подэтажная выработка ($f = 7$) «Центральная», выработка околоствольного двора, гранит ($f = 15 \div 18$)	Клиновое бурение				Секционно-призматическое бурение			
	1,6	0,87	—	—	3,8—	0,95	—	—
	1,45	0,85	—	—	4,0 3,6	0,95	—	—

ины. Буропогрузочные машины весьма маневренны и удобны эксплуатации.

В табл. 13 приведены данные, характеризующие работу буропогрузочных машин 1ПНБ-2Э и 2ПНБ-2Б при проведении различных работ. Применение буропогрузочных машин позволило увеличить производительность труда рабочего до 4,6—5,0 м³/чел-смену скорость проведения выработок до 6,5 м/сут.

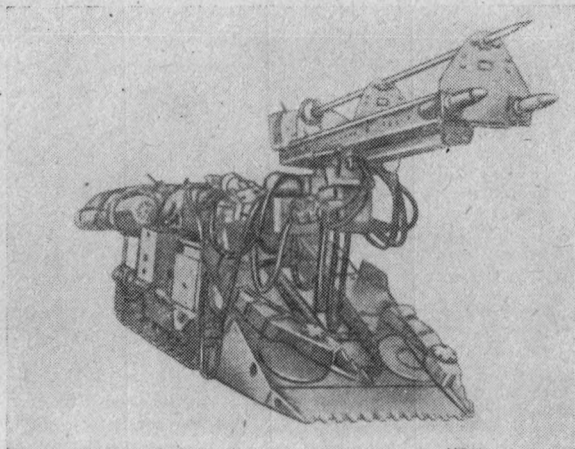


Рис. 21. Буропогрузочная машина

Переходя к общему заключению по выбору буровых установок, можно сделать следующие выводы:

а) при проведении выработок ограниченных сечений в породах средней крепости, когда высокие скорости проведения не являются шающими, возможно применение бурильных машин на пневмоподдержках;

б) при необходимости достижения высоких скоростей проведения работ площадью сечения 10—16 м² целесообразно применение гусеничных установок. Наиболее перспективными являются установки на гусеничном ходу, так как они мобильны и могут быть использованы не только в горизонтальных, но и наклонных выработках;

в) буровые установки, передвигающиеся по рельсовым путям, крепленным консольно или подвешенным к кровле выработки, более сложны. Применение таких установок особенно затруднительно к выработкам, сечение которых в призабойной зоне значительно меняется. Такие буровые установки могут быть использованы в первую очередь при погрузке породы скрепером;

г) буропогрузочные машины обеспечивают наибольшую универсальность в выработках больших сечений.

при диаметре 100 мм позволяет иметь суммарную их площадь 157 см², что эквивалентно одной скважине диаметром 140 мм. Бурение центральных скважин диаметром 100 мм можно осуществить бурильными машинами, принятыми для бурения шпуров. При этом не требуются специальные буровые установки.

Применение центральных скважин большого диаметра может быть успешным в том случае, когда возможно бурить их на большую длину (до 20 м) без опасения искривления и расслоения породы в стенках скважины, а также при отсутствии метана, который может скапливаться в скважине и вызвать опасность взрыва. Бурение же скважин на величину принятой заходки при проведении выработки не может быть рекомендовано.

§ 9. Показатели буровзрывных работ

Качество буровзрывных работ при проведении выработок оценивается следующими основными показателями: коэффициентом использования шпуров (к. и. ш.), коэффициентом излишка сечения (к. и. с.), минимальным разбросом породы после взрыва и равномерным ее дроблением.

Коэффициент использования шпуров η есть отношение использованной части глубины шпура к его полной глубине, т. е.

$$\eta = \frac{l - l_0}{l},$$

где l — глубина шпура; l_0 — неиспользованная часть глубины шпура.

Повышение к. и. ш. имеет весьма важное значение, так как способствует увеличению скорости проведения выработки и более эффективному использованию времени, затрачиваемого на операции буровзрывного комплекса работ. Роль различных факторов на значение к. и. ш. еще недостаточно изучена. Анализ практики буровзрывных работ позволяет лишь установить положительное влияние на увеличение к. и. ш. следующих факторов: применения многосерийного взрывания шпуров, обратного инициирования и использования дробящих врубов.

В средних условиях при проведении горизонтальных выработок по породе значение к. и. ш. может быть принято в пределах 0,83—0,87.

Коэффициент излишка сечения выработки. В результате взрывных работ в забое выработки обычно наблюдается некоторое дополнительное разрушение породы за ее проектным контуром. За критерий оценки качества оконтуривания выработки приняты коэффициент излишка сечения μ , коэффициент недобора сечения μ_1 и коэффициент неровностей μ_2 . Значения их определяются по формулам:

$$\mu = \frac{S_{\text{ф. п}}}{S_{\text{п}}}; \quad \mu_1 = \frac{S_{\text{ф. п}}}{S_{\text{п}}};$$

$$\mu_2 = \mu + (1 - \mu_1),$$

где $S_{\text{п}}$ — площадь сечения выработки вчерне, м²; $S_{\text{ф. п}}$ — фактическая площадь сечения выработки с учетом перебора породы, м²; $S_{\text{ф. н}}$ — фактическая площадь сечения выработки с учетом недобора породы, м².

Сопоставляя указанные критерии оценки оконтуривания выработки, можно признать, что наиболее характерным и показательным из них с технико-экономической и производственной точек зрения является коэффициент излишка сечения μ . Обобщая практику проведения горизонтальных выработок, можно установить, что значение коэффициента излишка сечения при применении обычных паспортов буровзрывных работ составляет около 1,1—1,12, тогда как величина коэффициента недобора μ_1 — около 0,99. Что касается значения коэффициента неровности μ_2 , то он практически при наличии крепи в выработках не оказывает влияния на технико-экономические показатели работ. Коэффициент неровности может оказать влияние лишь на величину сопротивления движения воздуха по выработке или воды в гидротехнических тоннелях. Но это имеет значение только в том случае, когда выработка не имеет крепи.

Учитывая сказанное, в практике оценки качества буровзрывных работ повсеместно принято оперировать с коэффициентом излишка сечения. Строительные нормы и правила на горно-проходческие работы допускают при буровзрывных работах следующее увеличение проектных размеров с каждой стороны периметра выработки в результате перебора породы: для пород с $f = 8 \div 20$ не более 100 мм, для пород с $f = 2 \div 8$ не более 70 мм, что соответствует коэффициенту излишка сечения $\mu = 1,05 \div 1,1$ в зависимости от вида породы.

Излишек площади сечения имеет весьма важное технико-экономическое значение. Если стоимость выемки породы при применении контурного взрывания практически равна стоимости выемки породы при обычном способе ее взрывания в крепких породах, даже выше (за счет увеличения объема буровых работ), то затраты с учетом расходов на возведение крепи (особенно монолитной бетонной) при контурном взрывании значительно сокращаются. При проведении выработок площадью сечения 10—14 м² эти затраты составляют 12—15 руб. на 1 м выработки.

Необходимо также отметить, что применение контурного взрывания обеспечивает значительное снижение сейсмического воздействия на законтурный массив породы, а следовательно повышает устойчивость выработки. При контурном взрывании глубина трещинообразования в сланцевых породах сокращается в 2,5—3 раза, а в песчаниках до 7—8 раз (табл. 5).

Разброс породы и равномерность ее дробления при взрыве. Эти два фактора оказывают весьма

Таблица 5

Бассейн, шахта, выработка	Пересекаемые породы	Способ взрывания	Глубина разрушения, м	
			оборка	общая
Донецкий, № 5 им. Ленина: порожняковая ветвь	Глинистый сланец ($f = 4$)	Обычный Контурный	0,42	1,25
			0,13	0,45
грузовая ветвь	Песчаники ($f = 8$)	Обычный Контурный	0,19	0,62
			0,03	0,07
Криворожский им. Артема, около- ствольный двор «Южная», квершлаг	Крепкие породы ($f = 11 \div 14$)	Обычный Контурный	—	0,56
			—	0,1
	Крепкие породы ($f = 8 \div 10$)	Обычный Контурный	—	0,65
			—	0,08

существенное влияние на погрузку взорванной породы. Разброс породы по длине выработки и необходимость ее подребания приводят к снижению производительности погрузочных машин (при применении скреперной погрузки разброс породы не оказывает влияния на производительность). Кроме того, разброс породы загрязняет выработку и водоотводную канавку, может вызвать разрушение коммуникаций (трубопроводов сжатого воздуха, вентиляции), нарушить подачу электроэнергии, а также деформировать временную крепь. Снижение разброса породы может быть достигнуто применением дробящих врубов. Например, на некоторых шахтах применение дробящих врубов уменьшило разброс породы с 15—23 до 9—10 м и обеспечило повышение производительности погрузочной машины на 15—17%, а применение спирально-шагающего вруба позволяло сократить разброс породы в квершлаг с 25 до 8 м и в полевом штреке с 22 до 8 м.

На снижение разброса и уменьшение выхода негабарита породы весьма большое значение оказывает также многосерийное взрывание шпуров.

Основные направления дальнейшего совершенствования буровзрывных работ при проведении выработок в крепких породах заключаются в следующем:

применение многосерийного взрывания шпуров с использованием детонирующего шнура, что особенно целесообразно при контурном взрывании и применении рассредоточенных зарядов ВВ. Необходима разработка детонирующего шнура, безопасного к применению при газовом режиме;

широкое внедрение контурного взрывания, особенно в породах средней крепости;

увеличение глубины шпуров для более полного использования сложной и производительной проходческой техники.

Глава II

БУРЕНИЕ ШПУРОВ

Процесс бурения шпуров является одним из основных в проходческом цикле работ, определяющим общий технический уровень проведения выработок и производительность труда. В зависимости от принятого оборудования и свойств пересекаемых пород бурение шпуров занимает от 15 до 60% общей продолжительности цикла. Совершенство бурения шпуров определяется в первую очередь правильным выбором буровой техники (бурильных машин и установочных приспособлений), а также прочности и износостойкости бурового инструмента.

§ 10. Бурильные машины и буровой инструмент

Бурение шпуров при проведении выработок осуществляется бурильными машинами вращательного, ударно-поворотного и вращательно-ударного действия.

Вращательное бурение шпуров может быть осуществлено с помощью ручных и колонковых электросверл. Ручные электросверла применяются при бурении шпуров по мягким породам, как правило, без установочных приспособлений. При бурении шпуров в условиях газового режима применяются пневматические сверла. Ручные электросверла выпускаются типов ЭР-14ДМ, ЭР-18ДМ, ЭРП-18ДМ, СЭР-19М и др. Основные технические показатели сверл: масса 16—24 кг, мощность двигателя 1—1,4 кВт, частота вращения шпинделя 300—860 об/мин.

Пневматическое сверло СР-3М имеет массу 15,8 кг, мощность на шпинделе 3,5 л. с., расход сжатого воздуха 1 м³/мин, частоту вращения шпинделя 365 об/мин.

Колонковые электросверла выпускаются типов СЭК-1, ЭБГ и ЭБГП-1.

Основные технические показатели сверл: масса 115—130 кг, мощность двигателя 2—3,4 кВт, частота вращения шпинделя 102—340 об/мин, максимальное усилие подачи до 1500 кгс. Колонковые электросверла применяются в породах средней крепости ($f = 3 \div 6$). Наряду с колонковыми электросверлами выпускаются бурильные машины вращательного действия типа КБМ и БУЭ, предназначенные для бурения шпуров в крепких породах ($f > 6$). Мощность двигателя машины типа БУЭ до 7,5 кВт, усилие подачи 1,8 тс и масса 760 кг.

Ударно-поворотное бурение шпуров применяется при проведении выработок в крепких и весьма крепких породах ($f \approx 8 \div 20$). В зависимости от способа подачи и установки бурильной машины во время работы и пространственного положения шпуров эти машины подразделяются на три группы: ручные, колонковые и телескопные. Ручные бурильные машины (табл. 6) применяются для бурения шпуров, имеющих горизонтальное, наклонное и главным образом вертикальное (вниз) расположение. Колонковые бурильные машины при-

Таблица 6

Показатели	Ручные бурильные машины					
	ПР-19	ПР-25Л	ПР-30	ПР-22	ПР-30К	ПР-19
Частота ударов поршня в минуту	1800— 1900	2300— 2600	1800— 2000	1700— 1850	1600— 1800	1800— 1900
Энергия удара, кгс·м	4,5	5,8	6,5	5,5	6,5	4,5
Расход воздуха, м ³ /мин	2,5	3,6	3,5	2,8	3,5	2,5
Масса, кг	23	31	33,7	24,0	30	23
Способ отвода буровой мелочи	Осевая промывка					

Таблица 7

Показатели	ПК-50	ПК-5Н	ПК-60	ПТ-29м	ПТ-36м	ПТ-5С	ПТ-45КВ
Число ударов поршня в минуту	2800	2500	2700	2500	2700	1750	1750
Энергия удара, кгс·м	9,2	10	9	4,5	8	6,5	6,5
Расход воздуха, м ³ /мин	5	7,5	10	3,3	4,5	4	4
Масса, кг	50	52	65	44	52	47	46
Способ отвода буровой мелочи	Осевая промывка						

Таблица 8

Показатели	Бурильные машины	
	1100-1-1М	БГА-1
Вид энергии	Сжатый воздух	
Частота вращения, об/мин	150	100
Масса, кг	89	140
Число ударов в минуту	3500	2500
Крутящий момент, кгс·м	25	22
Энергия удара, кгс·м	4	7
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	12	10

меняются для бурения горизонтальных и наклонных шпуров, телескопные — для бурения шпуров, направленных вертикально вверх (табл. 7).

Вращательно-ударное бурение шпуров имеет применение в породах средней крепости и крепких при расположении шпуров преимущественно горизонтально и наклонно. Техническая характеристика основных типов бурильных машин вращательно-ударного действия приведена в табл. 8.

Буровой инструмент при вращательном бурении состоит из штанг и резцов. Штанги изготавливаются витыми ромбического сечения. Марки стали У7, У7А и 40. Размер профиля от $36 \times 18 \times 3,5$ до $43 \times 20 \times 3,5$ мм. При вращательном бурении с промывкой водой применяются шестигранные и круглые пустотелые штанги диаметром 22—25 мм с центральным отверстием диаметром 6—8 мм. Резцы при бурении без промывки по породе могут быть приняты типа РП-7 и РПХ и угольно-породные РУ-13М, при бурении с промывкой по породе — типа БИ и РБ-42-2.

При ударно-поворотном бурении для изготовления штанг применяется рессорная сталь марки 55С2 круглой и шестигранной формы диаметром 22—32 мм с каналом диаметром 9 мм для отсасывания или промывки пыли. Буровые коронки обычно съемные, армированные пластинками твердого сплава. По форме они могут быть однодолотчатые, крестовые и трехперые типа КДП, КДШ, ККП и КТШ.

Однодолотчатые коронки имеют наибольшее применение при бурении шпуров в однородных породах, крестовые и трехперые — при бурении в абразивных и трещиноватых породах. Для армирования коронок применяют пластинки твердого сплава марок ВК6В, ВК8В и ВК15. Однодолотчатые коронки типа КДП имеют диаметр головки 32—52 мм, коронки типа КДШ — 40 и 43 мм. Диаметр крестовых коронок типа ККП составляет 42—60 мм, трехперых коронок типа КТШ — 36—52 мм.

При вращательно-ударном бурении буровые штанги имеют диаметр 32 мм, диаметр осевого канала 9 мм. Буровые коронки типа БУ и КУВШ съемные, армированные твердым сплавом. Диаметр коронок до 52 мм.

Одним из направлений совершенствования бурового инструмента является создание инструмента, обеспечивающего бурение шпуров на заданную глубину за один прием.

§ 11. Установочные приспособления

Бурение шпуров по породе с рук приводит к быстрой утомляемости рабочих, возникновению у них вибрационной болезни (особенно при ударно-поворотном бурении) и резкому снижению производительности труда при выбурировании верхних шпуров. Кроме того, при бурении с рук практически невозможно обеспечить точность размещения шпуров и правильное их направление, что приводит к резкому увеличению к. и. с. Поэтому бурение шпуров по породе должно осуществляться с помощью специальных установочных приспособлений.

В качестве установочных приспособлений применяются пневмо-поддержки, манипуляторы, буровые установки и другие устройства.

Пневмоподдержки (рис. 14) служат для поддержания бурильной машины при бурении горизонтальных или наклонных шпуров, а также для создания необходимого усилия нажатия бура

на забой. Пневмоподдержки П-8, П-11 и П-13 имеют ход подачи 800—1300 мм и массу 17—22 кг. Расход времени на установку пневмоподдержки и ее перестановку в новое положение в расчете на один шпур составляет 1,8—2 мин.

Рис. 14. Пневмоподдержка:

1 — пневмоподдержка; 2 — буровая машина; 3 — магистраль сжатого воздуха; 4 — шланг для подачи сжатого воздуха в пневмоподдержку; 5 — шланг для пылеотсоса

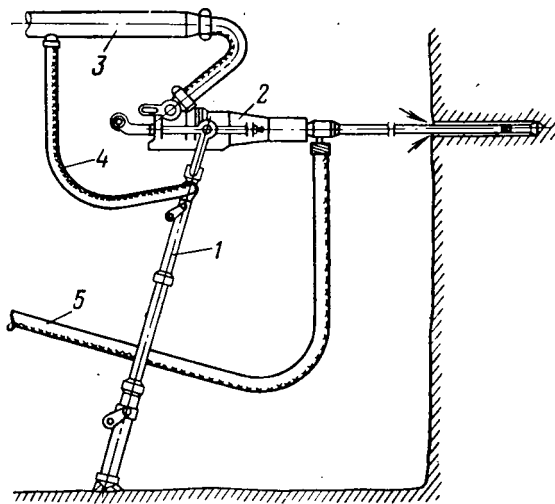
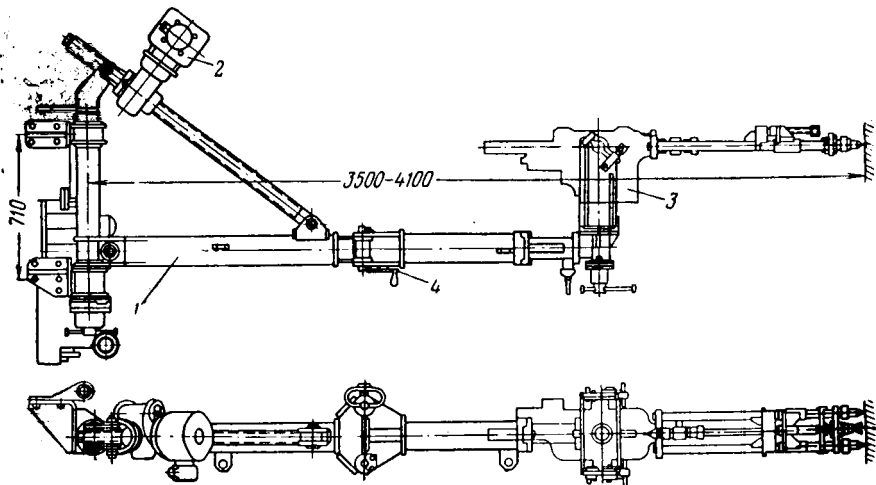


Рис. 15. Несъемный манипулятор МН-12



Манипуляторы применяют для поддержания буровой машины в заданном положении и перестановки ее при бурении шпуров. На рис. 15 представлена схема несъемного манипулятора МН-12 для буровых машин вращательного действия. Стрела 1 манипулятора закрепляется на корпусе погрузочной машины, перемещение стрелы в вертикальной плоскости осуществляется при помощи дви-

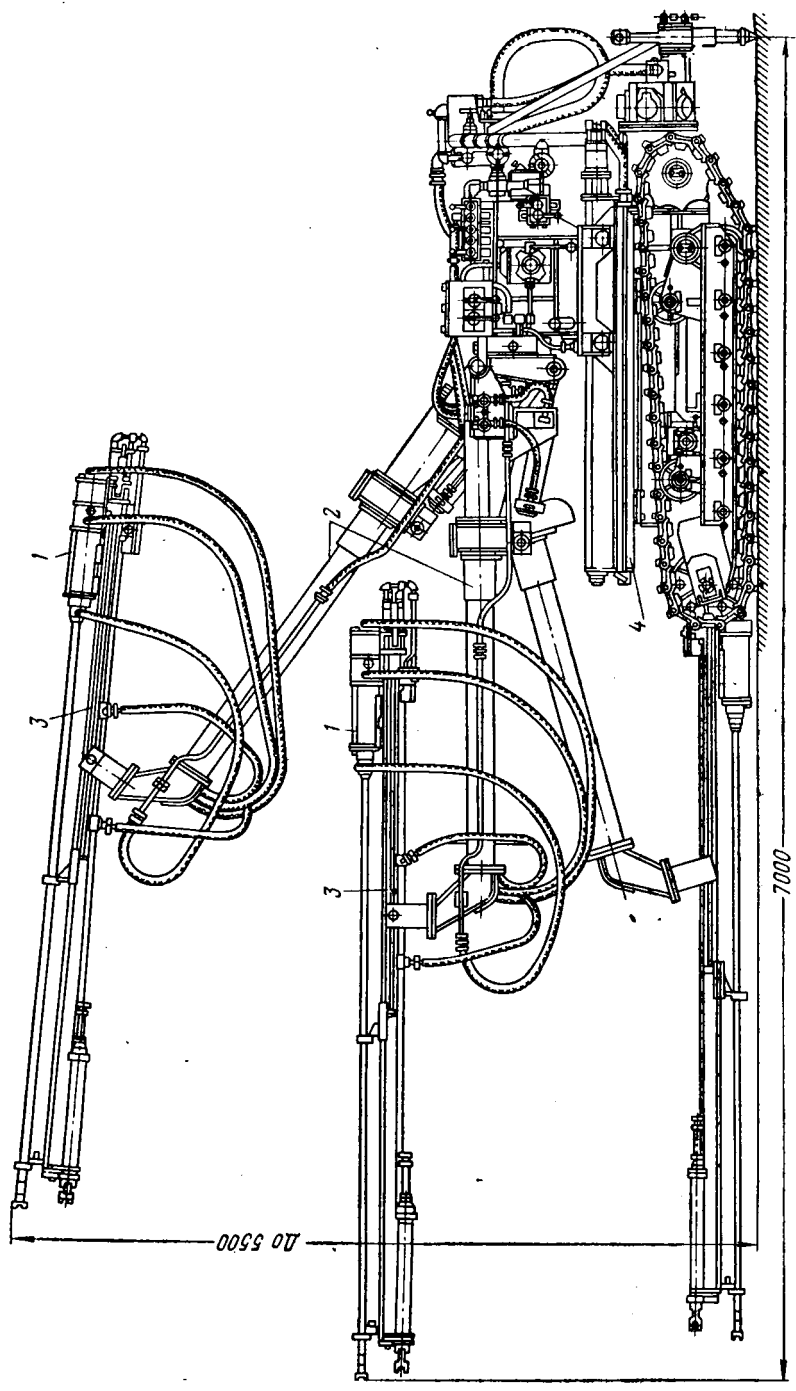


Рис. 16. Буровая установка СБУ-2М

§ 12. Выбор и анализ работы бурильных машин

Решающим фактором, определяющим выбор типа бурильных машин, являются свойства пересекаемых пород и принятый способ установки их в забое. На базе анализа хронометражных наблюдений при бурении свыше 13 000 м шпуров в условиях угольных шахт Донбасса и Кузбасса в породах с коэффициентом крепости $f = 4 \div 6$ установлено, что затраты труда на бурение 1 м шпура (табл. 10) изменяются в зависимости от способа бурения и типа установочных приспособлений. Данные табл. 10 показывают, что применение буровых установок типа БУ снижает трудоемкость примерно вдвое по сравнению с бурением с руки и на пневмоподдержках, такое же соотношение имеет место и в части уровня механизации операций бурения. Учитывая сказанное, в дальнейшем бурение с рук нами рассматриваться не будет. Применение буровых установок типа БУ при бурении шпуров в породах с $f = 4 \div 6$ в сравнении с колонковыми электросверлами увеличивает скорость бурения в 4—5 раз.

Граница применения вращательного бурения шпуров может быть определена на основании сопоставления средних скоростей бурения и стойкости буровых коронок при этом способе и при бурении вращательно-ударными машинами (табл. 11).

Т а б л и ц а 10

Тип бурильных машин и способ их установки в забое	Затраты труда на 1 м шпура, чел-ч			Уровень механизации, %
	собственно бурение	вспомогательные операции	всего	
Ударные машины и электросверла, бурение с руки	0,29	0,07	0,36	31,1
Ударные машины и электросверла, бурение с пневмоподдержки и колонки	0,27	0,05	0,32	46,4
Буровые установки типа БУ	0,144	0,032	0,176	64,3

Т а б л и ц а 11

Способ бурения шпуров	Показатели	Коэффициент крепости пересекаемых пород f			
		8—10	10—12	12—14	14—16
Вращательно-ударный	Средняя скорость бурения, см/мин	116	86	54,3	34,8
	Средняя стойкость коронок, м *	12—14	8—10	3—5	3—4
Вращательный	Средняя скорость бурения, см/мин	56	39	13	3,6
	Средняя стойкость коронок, м *	4—5	2—3	0,8—0,9	0,13

* Длина шпуров, пробуренных коронок до ее затупления.

Данные табл. 11 указывают, что уже при $f = 12 \div 14$ скорость вращательного бурения более чем в 4 раза ниже скорости вращательно-ударного бурения, а стойкость коронки почти в 10 раз меньше. Можно считать, что применение вращательного бурения целесообразно в породах с $f = 8 \div 10$, при более высокой крепости пород необходимо переходить на вращательно-ударное или ударно-поворотное бурение шпуров.

На основе анализа работы на шахтах Кривбасса буровых установок типа СБКНС, оснащенных бурильными машинами ударно-поворотного действия ПК-5Н, и буровых установок БУ-1 и СБУ-2М с бурильными машинами вращательно-ударного действия БГА-1 установлено, что установки с вращательно-ударными машинами обеспечивают и в крепких породах более высокие показатели, чем установки с бурильными машинами ударно-поворотного действия (табл. 12). Затраты времени на бурение 1 м шпура установками СБУ-2М и СБКНС-2 составляют соответственно 6,06 и 8,21 мин, чистое время бурения 58 и 41,5%.

Сопоставляя производственные показатели при проведении квершлагов и полевых штреков сечением 8,5—12,5 м² в породах с $f = 6 \div 10$, в угольной промышленности можно установить, что применение буровых установок БУ-1 и БУР-2 вместо ударно-поворотных машин ПР-24 обеспечивает значительное снижение трудоемкости работ и повышение производительности труда бурильщиков. Кроме того, необходимо отметить, что при использовании установок БУ-1 и БУР-2 улучшаются условия труда — снижается уровень

Т а б л и ц а 12

Операции	Затраты времени на бурение 1 м шпура, мин (%)	
	Орт площадью сечения 9,6 м ² , порода с $f = 10 \div 12$, установка СБКНС-2	Квершлаг площадью сечения 13 м ² , порода с $f = 12 \div 15$, установка СБУ-2М
Чистое время бурения	3,4 (41,5)	3,5 (58)
Перестановка бурильных машин	0,85	0,6
Забуривание шпуров	0,3	0,26
Извлечение штанг	0,24	0,14
Замена коронок	0,24	0,28
Всего	5,03 (61)	4,78 (80)
Подготовительно-заключительные операции	1,3 (15,1)	0,52 (8)
Простой	1,88 (23,9)	0,76 (12)
Всего	3,18 (39)	1,28 (20)
Итого	8,21 (100)	6,06 (100)

шума, доля полностью механизированного труда достигает 70—80%, а тяжелый физический труд практически полностью исключается.

Применение ударно-поворотных бурильных машин на установках типа СБКН будет целесообразным только в крепких и весьма крепких и абразивных породах с $f = 12$ и выше, так как в этих условиях скорость вращательно-ударного бурения и устойчивость буровых коронок значительно снижаются.

Учитывая, что при сооружении квершлагов часто имеет место довольно значительное изменение крепости пересекаемых пород, ЦНИИподземашем и КузНИИУИ разработаны буровые установки БКГ-2 и БУЭ-3, оборудованные бурильными машинами вращательно-ударного и вращательного действия с электроприводом. Такие установки могут эффективно работать как во вращательном режиме (в породах с $f = 4 \div 6$), так и во вращательно-ударном (в породах с $f = 8 \div 12$).

Испытания установки БКГ-2 проводились на шахте «Краснокаменная» (Кузбасс), а установки БУЭ-3 — на шахте «Несветаевская» (Донбасс). Результаты испытаний следующие:

	БУЭ-3	БКГ-2
Площадь сечения выработки, м ²	22	16,1
Коэффициент крепости буримой породы f	12—15	9—12
Число шпуров:		
по породе	33	64
по углю	11	—
Глубина шпуров, м	2,7	2,7
Продолжительность собственно бурения шпуров, мин	113,2	134
Средняя скорость бурения шпуров по породе, м/мин	0,54	0,64
Продолжительность вспомогательных работ (смена буровых коронок, переход от шпура к шпуру, обратный ход штанги), мин	50,8	56
Продолжительность подготовительно-заключительных операций (подгон и отгон установки, ее закрепление рельсовыми захватами, смазка и осмотр, подсоединение и отсоединение), мин	23,8	24
Общая продолжительность обуривания забоя, мин	186	214

По сравнению с буровой установкой БУ-1 установки БКГ-2 и БУЭ-3 позволяют увеличить скорость бурения шпуров в 1,5—1,6 раза. Перевод же буровых установок на электрическую энергию обеспечивает значительный экономический эффект, снижает уровень шума, устраняет масляный туман в забое при работе. Кроме того, отсутствие шлангов сжатого воздуха исключает возможное их повреждение и обрывы, а наличие только электрокабеля и одного шланга для подачи воды для промывки шпуров облегчает и упрощает работу.

В связи с ограниченными размерами площади сечения выработок в проходке (9,5—16 м²) и значительным насыщением забоев выработок при их проведении различным оборудованием (бурильные установки, погрузочные машины, транспортно-маневровые устройства и др.) возникают трудности в размещении этого оборудования в вы-

работке для обеспечения бесперебойной организации работы. Особенно значительные затруднения возникают при применении проходческой техники на колесно-рельсовом ходу. В выработке приходится иметь как минимум два рельсовых пути, стрелочные переводы и даже иногда ниши для размещения оборудования. Для исключения указанных затруднений и снижения простоев машин при работе целесообразно:

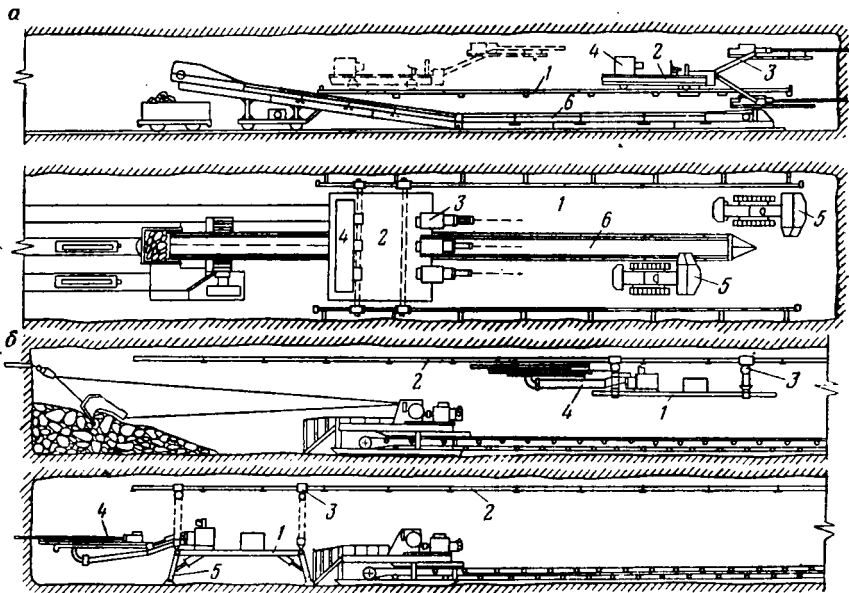


Рис. 20. Схемы буровых установок, смонтированных на подвесной рельсовой дороге

а) применение буровых установок и погрузочных машин на гусеничном ходу, т. е. самоходных. Это в значительной степени упростит размещение оборудования в забое и создаст условия для большей гибкости и маневренности;

б) применение буровых установок, перемещающихся по моно-рельсовым дорожкам.

За рубежом для разгрузки забоя от оборудования и интенсификации работ по сооружению выработок создан ряд конструкций буровых установок, смонтированных на подвесной рельсовой дороге. На рис. 20, а показана схема буровой установки, размещенной в выработке на рельсах 1, смонтированных на консолях, которые укреплены на крепи боков выработки. Длина рельсов принята равной подвиганию забоя за цикл. По мере подвигания забоя рельсы постепенно переносятся. Буровой полук самоходный, перемещается на четырех колесах, два из которых являются приводными. На буровом полке смонтированы манипуляторы 3 с бурильными машинами, а также установлен центральный распределительный пункт 4

для сжатого воздуха и воды, оборудованный автомасленками и воздушными фильтрами. Ходовые рельсы располагаются в выработке на высоте около 2 м. Это позволяет разместить под буровым полком погрузочные машины 5 с боковой разгрузкой и транспортное устройство 6, а также частично совмещать бурение шпуров и погрузку породы (при бурении шпуров, располагаемых в верхней части забоя выработки). Во время взрывных работ и погрузки породы буровой полк отъезжает от забоя на 18—20 м. Такая буровая установка применялась при проведении квершлага сечением 31,2 м² на шахте «Генрих Роберт» в ФРГ. На буровом полке было установлено пять бурильных машин. Комплект шпуров состоял из 70 шпуров глубиной по 3 м. Общая продолжительность бурения шпуров 60 мин, продвижение забоя за цикл 2,8 м, в сутки 5,5 м.

На рис. 20, б представлена схема передвижного бурового полка 1, подвешиваемого в выработке на монорельсе 2 с помощью самоходной тележки и пневматических тельферов 3. На полке монтируются манипуляторы с бурильными машинами 4. Буровой полк в рабочем положении при бурении шпуров опускается с помощью тельферов на высоту, удобную для обуривания забоя. На полке для устойчивого его состояния в процессе бурения смонтированы четыре опорные ноги 5. Опорные ноги раздвигаются в рабочее положение и убираются с помощью гидравлической установки с пневмоприводом и фиксируются в нужном положении болтами. Для компенсации неровностей почвы опорные ноги имеют раздвижные устройства, позволяющие изменять их длину. После окончания буровых работ полк поднимают при помощи тельферов и убирают опорные ноги, затем полк по монорельсам откатывают в безопасную зону. Подобная буровая установка применялась при проведении квершлага сечением 26,5 м² на шахте «Эмиль-Майриш» в ФРГ. На буровом полке были установлены четыре бурильных машины. Число шпуров в комплекте — 94 глубиной по 2,8 м. Общая продолжительность бурения составляла 1 ч 45 мин. Подвижение забоя за цикл 2,6 м, в сутки 5, 14 м.

В Кривбассе создана опытная буровая установка порталного типа 2БКП-2, позволяющая пропускать через ее портал погрузочные и транспортные механизмы.

§ 13. Буропогрузочные машины

Буропогрузочные машины предназначены выполнять две основные операции — бурение шпуров и погрузку породы. Эти операции осуществляются при помощи погрузочной машины непрерывного действия и закрепленного на ее корпусе навесного бурильного оборудования (рис. 21). Навесное оборудование состоит из складывающегося манипулятора, позволяющего без задержек работать погрузочной машине. На манипуляторе устанавливаются одна или две бурильные машины типа БГА или БУЭ. Гидросистема навесного оборудования питается от насосной станции погрузочной ма-

Т а б л и ц а

Показатели	Машина 1ПНБ-2Э			Машина 2ПНБ-2
	заезд бремсберга шахты №42	уклон шахты им. Аба- кумова	квершлаг шахты им. Аба- кумова	квершла шахты и ХХI съез КПСС
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	11,6	12	9,2	14,3
Коэффициент крепости пере- секаемых пород f	3—6	4—6	4—6	6—8
Общая длина шпуров за цикл м	61	65	55	123
Продолжительность основ- ных операций за цикл, мин:				
чистое время бурения шпуров	27,4	28	34	76,2
обратный ход штанги	10,4	10	9	16,8
переход от шпура к шпу- ру	15,8	16,3	14	46,7
Итого	53,6 мин, или 80%	54,3 мин, или 72%	57 мин, или 67%	139,7 мин или 83%
Продолжительность подгото- вительно-заключительных операций, мин:				
передвижение машины к забю	3	6	8	12,5
разворот манипулятора в рабочее положение	2	2	3	} 10,5
складывание манипуля- тора	3	3	4	
отгон машины от забоя	5	10	13	6
Итого	13 мин, или 20%	21 мин, или 28%	28 мин, или 33%	29 мин, или 17%
Всего	66,6 мин, или 100%	75,3 мин, или 100%	85 мин, или 100%	168,7 мин или 100%

Глава III

ОРГАНИЗАЦИЯ БУРЕНИЯ И ЗАРЯЖАНИЯ
ШПУРОВ И ПРОВЕТРИВАНИЕ ЗАБОЯ
ПОСЛЕ ВЗРЫВА

§ 14. Организация бурения шпуров

Правильность и четкость организации работ при бурении шпуров должны обеспечивать возможно более полное использование буровых машин для выполнения чистого бурения, т. е. процесс бурения чистого бурения должен быть наиболее высоким. Анал

чших примеров практики проведения выработок в однородных епких породах (при скорости 230—727 м/мес) в угольной и рудной промышленности СССР показывает, что при бурении шпуров бурильными машинами ударно-поворотного действия на пневмоподдержках стое время бурения составляет 75—85%. При бурении шпуров установкой бурильных машин на манипуляторах, навешиваемых ковшовые погрузочные машины, — 50—55% и при применении ровых установок — 65—75%.

Число бурильных машин, одновременно работающих в забое, определяется в основном двумя факторами: типом гановочного оборудования и заданной скоростью.

Буровые установки обычно применяются в выработках сечением рядка 12—19 м², в забое устанавливается одна бурильная установка БУР-2 или СБУ-2М.

Число бурильных машин на пневмоподдержках обуславливается авным образом заданной скоростью проведения выработки. При орости 80—100 м/мес площадь забоя на одну бурильную машину инимается около 2,5—3,0 м², т. е. в забое располагается 3—4 маины. При повышении скорости проведения выработок насыщение боя бурильными машинами возрастает. Например, при проведении ершлагов и полевых штреков в угольной промышленности в случае стоянного их сечения и одинаковых свойств пересекаемых пород сло бурильных машин составляет:

Скорость сооружения квершлага, м/мес	100—150	150—200	200—250
Число бурильных машин	3	4	5

Особенно заметно увеличение числа бурильных машин в зависимости от скорости проведения выработок в рудной промышленности ХСР и за рубежом. Так, в некоторых примерах проведения квершлага за рубежом площадь забоя на одну бурильную машину достигла 1 м² (НРБ, квершлаг площадью сечения 7 м² — 7 бурильных машин; ЧССР, Яхимовский рудник, квершлаг площадью сечения 3 м² — 9 бурильных машин). При столь большом насыщении боя бурильными машинами возникают значительные неудобства работы, и производительность труда бурильщиков снижается. Однако за счет большего числа бурильщиков в забое скорость проведения выработки увеличивается. Естественно, такое положение может быть признано целесообразным.

Для обеспечения удобств в работе большему числу бурильщиков и скоростному проведению выработок целесообразно применение вентарных сборных полков для обуривания забоя как бы в два уса. Такие полки собираются из стальных труб диаметром 50 мм представляют собой ряд стоек, связанных ригелями, на которые ожены деревянные щиты.

Разметка шпуров в забое выработки должна быть зможно точной, особенно для группы оконтуривающих шпуров. о может быть осуществлено при помощи шаблона (рис. 22, а),

состоящего из трех планок (деревянных или стальных): вертикальной 1, наклонной 2 и горизонтальной 3. Планки соединяются между собой шарнирно. Длина наклонной раздвижной планки на участке между осями шарнирных соединений А и В равна расстоянию между оконтуривающими шпурами. На вертикальной и горизонтальной планках имеются засечки и проставляются метки с номерами шпуров.

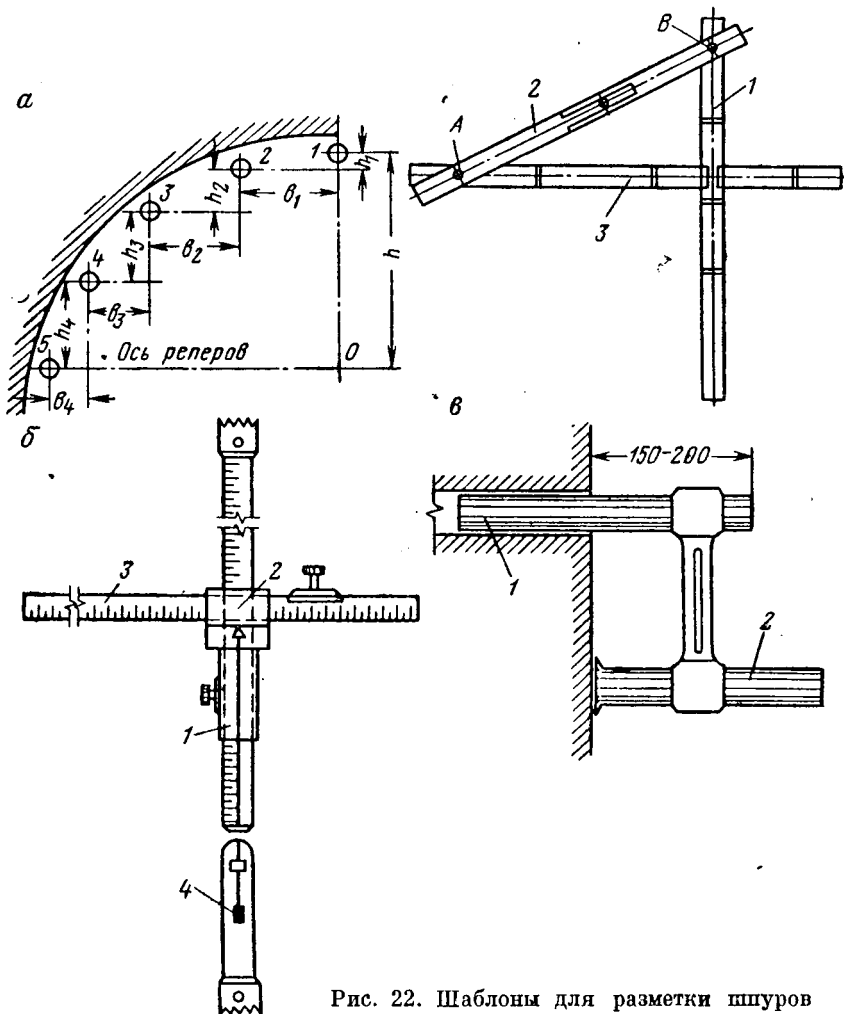


Рис. 22. Шаблоны для разметки шпуров

Разметка шпуров производится следующим образом. По отвесу и реперам определяют вертикальную ось выработки, а на ней находят точку пересечения с линией отметок пят свода O . Отложив от точки вверх по оси расстояние h до верхнего оконтуривающего шпура фиксируют ось шпура 1, расположенного в замке свода. Отметим

точку 1 на забое красной, размягченной глиной или тавотом, накладывают шаблон, совмещая в ней шарнир B . Катету 1 придают вертикальное положение, а катету 3 — горизонтальное, после чего совмещают насечку b_1 горизонтального катета с насечкой h_1 вертикального катета и против шарнира A намечают точку расположения шпура 2 . В таком порядке размечают все оконтуривающие шпуры по одной стороне сводчатой части выработки. Затем аналогичным образом определяют место положения оконтуривающих шпуров по другой стороне свода. Шпуры, располагаемые вдоль вертикальных стен выработок, размечают при помощи рулетки.

На рис. 22, б представлен шаблон несколько иного типа для разметки оконтуривающих шпуров. Он представляет собой раздвижную стойку 1 , перпендикулярно к которой при помощи зажима 2 крепится радиус 3 . На стойке 1 и радиусе 3 намечены насечки, определяющие положение оконтуривающих шпуров в своде. Установив стойку 1 по оси центра свода выработки и проверив ее вертикальность отвесом 4 , фиксируют ось шпура в замке свода. Далее, выдвигая радиус 3 и опуская его по стойке 1 в соответствии с засечками, указанными на них, устанавливают положение оконтуривающего шпура 2 и т. д. Разметку шпуров обычно выполняют сменный бригадир или горный мастер в течение 10—12 мин.

При бурении шпуров по схеме дробящего вруба, когда шпуры располагаются перпендикулярно к поверхности забоя и находятся на небольшом расстоянии один от другого, для обеспечения их параллельного расположения можно применять устройство, показанное на рис. 22, в. Первый шпур центральной части забоя пробуривают по возможности точно. В шпур плотно вставляют отрезок трубы 1 , выступающий из шпура на 15—20 см. К выступающей части трубы приваривают на кронштейне направляющий патрубок 2 , через который осуществляется бурение второго шпура. Направляющий патрубок обеспечит правильное расположение второго шпура.

Весьма рациональным является разметка шпуров в забое при помощи световой проекции. Проекционный аппарат ПА-2 представляет собой прожектор с оптической приставкой. В приставку, состоящую из металлического кожуха, объектива и рамки, вставляется металлическая пластинка с нанесенным на ней расположением шпуров в забое. Каждый шпур на пластинке представлен в виде отверстия диаметром 1 мм. Проекционный аппарат устанавливается над забоем на расстоянии 1,5—3 высот выработки. В качестве источника света применяется лампа мощностью около 1000 Вт. Положение аппарата фиксируют по двум меткам, заранее нанесенным на забое. Световые пятна, проектирующиеся через пластинку на забой, соответствуют шпурам комплекта. На забое эти пятна фиксируют краской.

После разметки шпуров приступают к их бурению. Каждый бурильщик должен знать, какие шпуры ему поручено пробурить. На рис. 23, а представлена схема распределения мест бурильщиков при бурении шпуров в забое квершлага площадью сечения в порядке 10,95 м² на шахте «Большевик» (Кривбасе). Забой обуривался

восемью бурильщиками, на каждого из которых приходилось 3—4 шпура глубиной 1,8—2,1 м. На рис. 23, б показана схема распределения бурильщиков в забое штрека площадью сечения 9,1 м на руднике «Миргалимсай». Забой обуривался восемью бурильщиками, на каждого из них приходилось 3—4 шпура глубиной 1,9—2 м.

Правильный выбор очередности бурения шпуров имеет весьма важное значение при использовании бурильных установок. Н

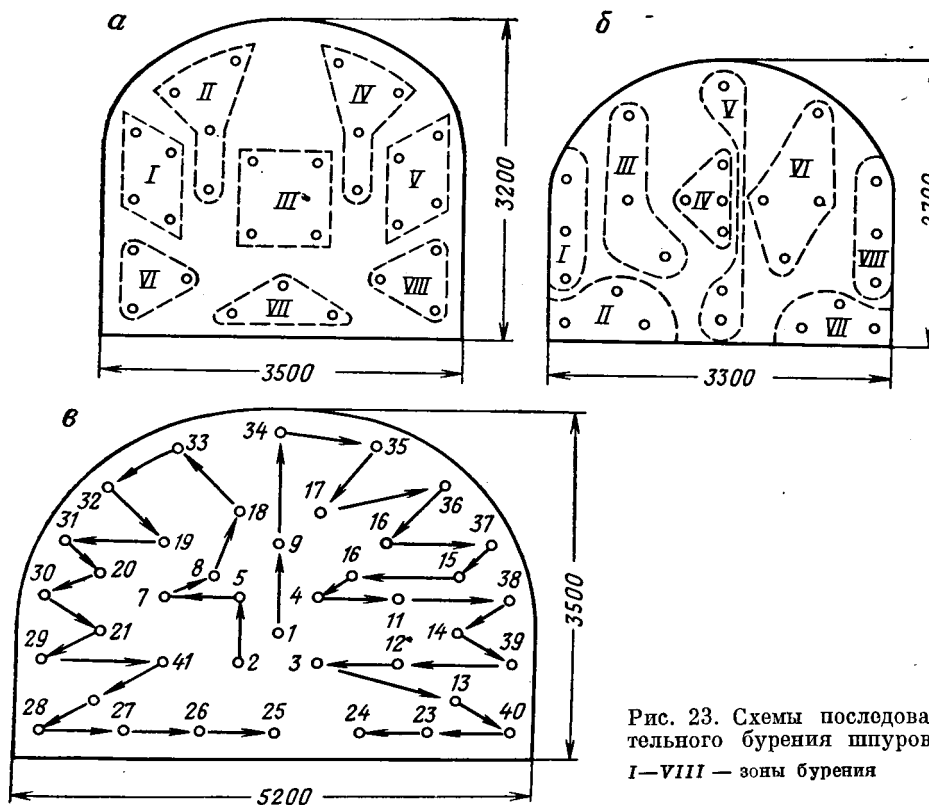


Рис. 23. Схемы последовательного бурения шпуров I—VIII — зоны бурения

рис. 23, в представлена схема очередности бурения шпуров установкой СБУ-2М в выработке площадью сечения 15 м².

При использовании бурильных установок важное значение имеет автоматизация управления манипуляторами и податчиками включения и выключения бурильных машин. Автоматическое управление этими операциями создает условие для повышения производительности труда, увеличения скорости бурения и повышения точности оконтуривания выработки.

Для достижения высокой скорости бурения необходимо, чтобы давление сжатого воздуха у забоя было не менее 6—6,5 кгс/см². При большой протяженности выработки давление у забоя може

понизиться до 3,5—4 кгс/см². Для предотвращения этого явления применяются промежуточные компрессоры сжатого воздуха, называемые бустерными, или поджимающими.

Подача сжатого воздуха для бурильных машин и воды для пылеподавления осуществляется по трубопроводам, прокладываемым в выработке.

Трубопровод для сжатого воздуха принимается обычно диаметром 100 мм. К трубопроводу подсоединяют у забоя конечные

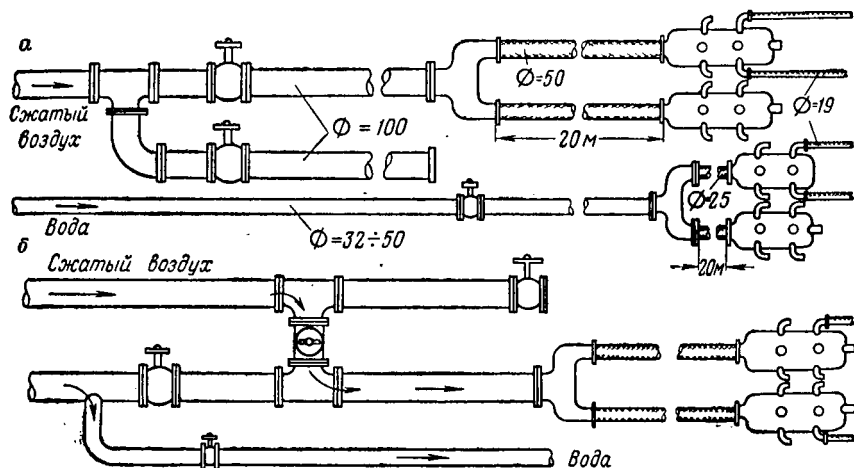


Рис. 24. Схемы распределения сжатого воздуха и воды при бурении шнуров

распределители, к которым крепят гибкие рукава диаметром 50 мм и длиной около 20 м. Далее устанавливают распределители, от которых воздух по гибким шлангам длиной 6—8 м поступает к бурильным машинам (рис. 24, а).

Для обеспечения непрерывной подачи сжатого воздуха к бурильным машинам во время наращивания трубопровода он снабжается коленом с коротким вспомогательным трубопроводом. Основной трубопровод и вспомогательный снабжены запорными вентилями.

Подача воды к забою для пылеподавления осуществляется по самостоятельному трубопроводу диаметром 32—50 мм. На конце трубопровода также устанавливают распределитель с запорным вентилем. К распределителю присоединяют гибкие шланги длиной 20 м и диаметром 25 мм. На конце этих шлангов монтируют распределители для гибких шлангов диаметром 12 мм и длиной 6—8 м, по которым вода поступает в машины.

На рис. 24, б показана схема распределения сжатого воздуха и воды, когда по выработке прокладываются два трубопровода равного диаметра, из которых один используется для сжатого воздуха, а другой для воды. Схема непрерывного снабжения забоя сжатым воздухом и водой ясна из рис. 24.

Для предотвращения повреждений трубопроводов их подвешивают к крепи выработки на определенной высоте.

Пылеподавление. При бурении шпуров по породе образуется тончайшая пыль, обладающая весьма большой вредностью. Необходимо отметить, что при вращательном бурении шпуров количество пыли образуется в 12—20 раз меньше, чем при ударно-поворотном.

Наиболее эффективным средством борьбы с пылью является бурение шпуров с промывкой, которая в то же время и несколько увеличивает скорость бурения. Для лучшего смачивания пыли к воде добавляется смачиватель ДБ в количестве 0,5 г на 1 л. При бурении с промывкой наиболее совершенной является боковая подача воды через специальную муфту, укрепляемую на хвостовике бура.

Расход воды для промывки шпуров при бурении ударно-поворотными бурильными машинами должны быть не менее 5 л/мин, а вращательно-ударными машинами — не менее 12 л/мин.

Мероприятия по борьбе с вибрацией и шумом. При бурении шпуров ручными и телескопными бурильными машинами возникает интенсивная вибрация и шум, значительно превышающие предельно допустимые санитарно-гигиенические нормы. Длительное воздействие вибраций и шума в таких уровнях нередко приводит к развитию вибрационной болезни и тугоухости. Для поглощения вибрации при бурении горизонтальных и наклонных шпуров целесообразно применение виброгасящей каретки КВ-1. Бурильщики должны быть снабжены виброзащитными рукавицами.

Для подавления шума бурильных машин используют глушители, размещаемые на машине в виде резинового клапана, который устанавливают над отверстием выхлопа сжатого воздуха. Глушитель снижает общий уровень шума на рабочем месте на 4—8 дБ. Также для подавления шума созданы индивидуальные шумозащитные заглушки АШ-1 и наушники ВЦНИИОТ-2М.

Продолжительность обуривания забоя изменяется в зависимости от свойств пересекаемых пород, глубины шпуров, типа и количества используемого бурового оборудования и может быть определена по формуле

$$T_{\text{бур}} = \frac{Nl}{n_1 k_1 v}, \text{ ч,}$$

где N — число шпуров; l — глубина шпура, м; n_1 — число одновременно работающих в забое бурильных машин; k_1 — коэффициент одновременности работы бурильных машин; v — скорость бурения шпуров, в единицу общего времени м/ч.

Тип и количество бурильных машин определяются на основании ранее рассмотренных факторов, т. е. исходя из свойств пересекаемых пород, сечения выработки и производственных условий, а также могут быть приняты в соответствии с СНиП III—Б 9—69.

§ 15. Заряжание и взрывание шпуров

Когда шпуры будут пробурены и очищены от буровой мелочи, проверяют их глубину, расположение и приступают к заряжанию. Величина заряда, помещаемого в каждый шпур, должна соответствовать

паспорту буровзрывных работ. Заряжание шпуров патронированными ВВ в большинстве случаев осуществляется вручную и является довольно продолжительной операцией. Продолжительность заряжания шпуров изменяется в зависимости от числа шпуров в комплекте и численности бригады рабочих, осуществляющих заряжание. В средних условиях продолжительность немеханизированного заряжания одного шпура можно принимать в пределах 2,5—3 мин. При этом общая продолжительность заряжания шпуров весьма велика и часто достигает 30—40 мин, а в отдельных случаях и более.

Для сокращения продолжительности заряжания шпуров без снижения качества заряжания возможно применение составных зарядов ВВ, включающих несколько патронов ВВ, помещенных в бумажные оболочки. Применение составных зарядов длиной в 2—4 раза больше длины обычного патрона ВВ сокращает время заряжания шпуров на 30—40%.

При проведении выработок в рудной промышленности применяются также кассеты в виде алюминиевых трубок. В кассете заранее комплектуется шпуровой заряд. При заряжании шпура заряд выталкивается из трубки деревянным забойником. Боевой патрон вводится в шпур самостоятельно. Применение кассет позволяет значительно сократить продолжительность заряжания шпуров. Например, на ряде рудников при 30—36 шпурах в комплекте глубиной 1,9—2,2 м продолжительность заряжания составляла 12—15 мин.

Заряжание комплекта шпуров должны осуществлять несколько взрывников. Это позволит сократить затраты времени на заряжание шпуров.

Весьма важно, особенно при проведении выработок больших сечений, механизировать работы по заряжанию шпуров. Аппараты для заряжания шпуров патронированными ВВ, действующими на принципе досылки патронов ВВ в шпур импульсной струей сжатого воздуха через шлюзовую камеру при шпурах небольшой глубины практически не нашли применения. Большее распространение в последние годы получили аппараты для заряжания шпуров порошкообразными ВВ. При проведении выработок в шахтах, не опасных по газу или пыли, возможно применение порошкообразных ВВ типа аммонит № 6ЖВ и т. п.

Заряжание шпуров порошкообразными ВВ может осуществляться пневматическими эжекторными зарядчиками типа «Курама» и др. Для этого к зарядчику подключают сжатый воздух, зарядную трубку заводят в шпур и после упора в патрон-боевик или в забой шпура отводят назад на 10—15 см. Затем открывают воздушный клапан и начинают выдувание ВВ в шпур при одновременном плавном выдвижении зарядной трубки назад. По метке, заранее нанесенной на зарядной трубке, часть шпура оставляют незаряженной для помещения забойки. Продолжительность заряжания одного шпура глубиной 1,8—2 м эжекторными зарядчиками составляет 8—14 с.

Зарядчик «Курама-7м» применялся при проведении квершлага площадью сечения 10,95 м² на шахте «Большевик» (Кривбасс).

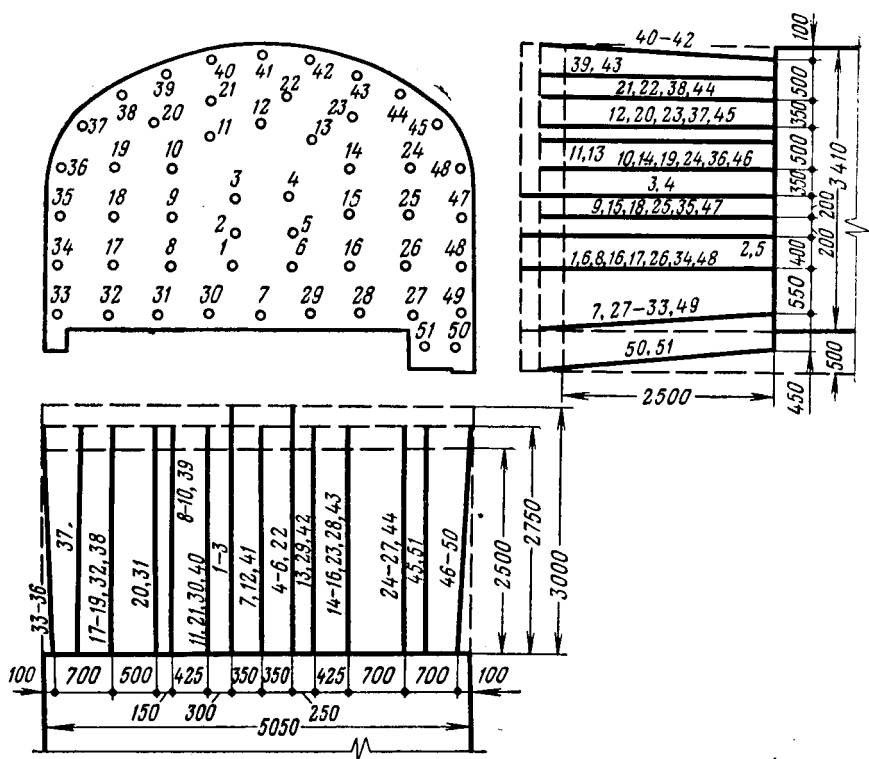


Рис. 25. Паспорт буровзрывных работ при проведении выработки по пород

Паспорт буровзрывных работ предусматривал 29 шпуров глубиной 1,8—2,1 м. В качестве ВВ применялся гранулит АС-8, заряджани производилось тремя зарядчиками. Продолжительность заряджани всех шпуров составила 6 мин.

Применение зарядчиков позволяет обеспечить большую безопасность и более высокое качество работ. В средних условиях при при менении зарядчиков время на заряджани одного шпура может быть принято 0,2—0,3 мин.

Когда заряджани окончено, в шпур вводится забойка. Для уско рения работ по введению в шпур забойки из песка возможно при менение пневмозабойника ВНИИОМШСа. Это позволяет сократить время на устройство забойки по сравнению с ручным способом в 1,5— 2 раза и увеличить ее плотность.

При огневом взрывании допускается за один прием взрывать не более 16 зарядов, а при применении зажигательных патрончиков число их, зажигаемых за один прием, должно быть не более 10 на забой. При подходе выработки к угольным пластам, опасным по газу или пыли, на расстояние 5 м, а также после пересечения угольных пластов на расстоянии 20 м обязательно применение предохра нительных ВВ.

Номера шпуров, взрываемых за один прием	Очередность взрывания	Интервалы замедления, мс	Число шпуров в серии	Длина шпуров, м	Угол наклона шпуров, градус		Величина заряда в шпуре, кг	Коэффициент заполнения	Длина забойки, м
					по вертикали	по горизонтали			
1, 2, 3, 4, 5, 6	I	0	6	3,0	90	90	1,6	0,53	0,5
7, 30, 8, 9, 10, 11, 2, 13, 14, 15, 16, 29	II	25	12	2,75	85 (90)	90	1,4	0,52	0,5
31, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28	III	50	12	2,75	85 (90)	90	1,4	0,52	0,5
4, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48; 32, 27	IV	75	13	2,75	90 (85)	85 (90)	1,6; 1,4	0,59; 0,52	0,5
36, 37, 45, 46; 33, 49, 50, 51	V	100	8	2,75	85	85	1,6	0,52	0,5

Категория шахты по газу	III
Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протождьяконова f	7—9
Глубина обуриваемой заходки, м	2,75
Число шпуров	51
Расход ВВ:	
АП-4ЖВ, кг/м ³	2,0
угленит Э6, кг	1,7
Расход ВВ на цикл, кг:	
АП-4ЖВ	56,6
угленит Э6	24,0
К. и. ш.	0,9
Расход электродетонаторов на 1 м ³ породы	1,23
Число электродетонаторов ЭДКЗ-ПМ-25	51

При электрическом способе взрывания электродетонаторов соединяются параллельно или последовательно. Параллельное соединение обычно применяется при взрывании шпуров от электрической сети, последовательное при использовании взрывных машинок. Соединение проводников должно производиться тщательно. Постоянные соединения необходимо изолировать. Временные соединения должны быть так расположены, чтобы они не касались породы, металлических труб и т. п. Электровзрывная сеть должна быть смонтирована таким образом, чтобы включение тока производилось из безопасного места или укрытия. Взрывные работы выполняются по специальным сигналам, подаваемым взрывниками. Значение сигналов должно быть хорошо известно всем рабочим.

Запрещается зарядание и взрывание шпуров в случае отставания грепи от забоя.

На рис. 25 представлен паспорт буровзрывных работ при проведении выработки по породе с коэффициентом крепости $f = 7 \div 9$. Площадь сечения выработки в проходке 15,4 м². Для ведения взрывных работ приняты: угленит Э6 для контурных шпуров и аммонит АП-4ЖВ для шпуров врубовых и отбойных, электродетонаторы ЭДКЗ-ПМ-25 со степенями замедления 25, 50, 75, 100 мс.

§ 16. Проветривание забоя и приведение его в безопасное состояние после взрыва

Для создания нормальных условий работы горная выработка в процессе ее проведения должна проветриваться свежей струей воздуха. Воздух в выработке на всем ее протяжении и в забое должен содержать не менее 20% кислорода (по объему) и не более 0,5% углекис

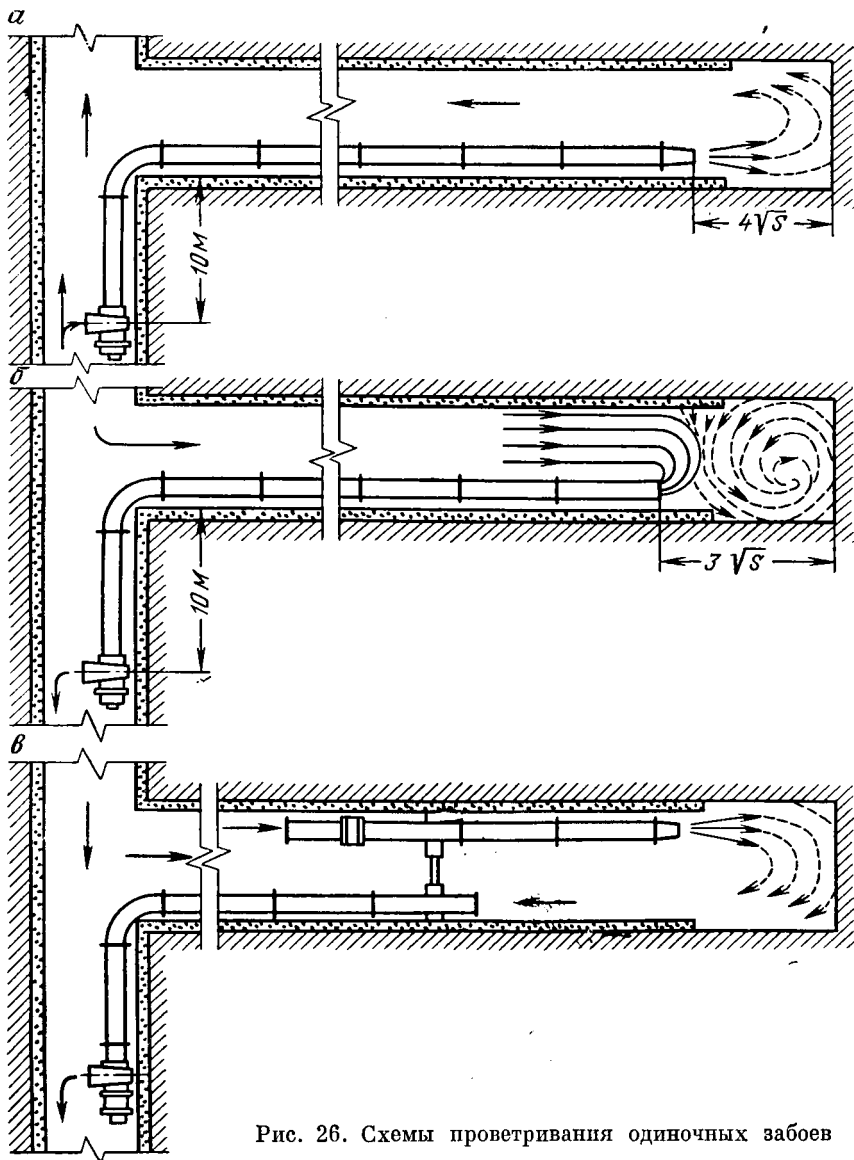


Рис. 26. Схемы проветривания одиночных забоев

того газа, содержание других газов должно быть безопасным для здоровья людей.

Температура воздуха не должна превышать 26°.

Проветривание выработки может осуществляться общей струей воздуха, подаваемой специальным вентилятором, установленным на земной поверхности или при помощи вентиляторов местного проветривания.

Проветривание при помощи общей струи применяется при небольшой длине выработки или при проведении одновременно и параллельно нескольких выработок. Направление воздуха в забой выработок осуществляется при этом установкой различных вентиляционных устройств: щитов, труб, дверей и др. Учитывая сложность и несовершенство проветривания забоя выработки общей струей воздуха, в современной практике, особенно в одиночных выработках, широко применяется местное проветривание, которое обеспечивает простоту и надежность работы вентиляционной установки и возможность быстрого проветривания забоя.

Проветривание выработки можно осуществить путем нагнетания в забой или всасывания из забоя воздуха вентилятором.

Наибольшее применение имеет способ нагнетания (рис. 26, а), который обладает рядом преимуществ в сравнении с всасыванием: проветривание нагнетанием протекает более активно, так как воздух, выходящий из вентиляционной трубы, интенсивно смешивается с газами и быстро разжижает их; направление движения струи воздуха из выработки при нагнетании совпадает с движением газов, отбрасываемых от забоя после взрыва. Недостаток нагнетательного проветривания заключается в том, что газы (продукты взрывчатого разложения) перемещаются по выработке, что задерживает производство работ.

Для предупреждения рециркуляции воздуха необходимо, чтобы вентилятор располагался не ближе 10 м от устья тупиковой выработки. При несоблюдении этого условия не исключена возможность засасывания вентилятором части загрязненного воздуха, выходящего из выработки. Дебит вентилятора должен быть не более 70% от того количества воздуха, которое подается к его всасу за счет общешахтной депрессии. Интенсивность нагнетательной схемы проветривания в значительной степени определяется расстоянием от конца трубопровода до забоя. Это расстояние

$$l \leq 4\sqrt{S}, \text{ м, } \text{табл. 4.}$$

где S — площадь сечения выработки, м².

Согласно Правилам безопасности, это расстояние не должно превышать 8 м. Для увеличения дальности свободной струи воздуха, выбрасываемой из трубопровода, целесообразно на конце трубопровода устанавливать коническую насадку.

При нагнетательной схеме проветривания возможно применение гибких вентиляционных труб. Для сокращения продолжительности проветривания всей выработки после взрывных работ при нагнета-

тельном способе целесообразно применение на расстоянии 15—20 от забоя водяных завес или туманообразования.

Всасывающая схема проветривания имеет существенные недостатки, из которых наиболее важными являются образование в забое выработки застойной воздушной зоны, движение воздуха в которой в направлении к трубопроводу практически отсутствует (рис. 26, б). Подведение трубопровода близко к забою с целью ликвидации этой зоны невозможно ввиду опасности повреждения его при взрывных работах. Максимальное расстояние от конца всасывающего трубопровода до забоя

$$l \leq 3\sqrt{S}, \text{ м.}$$

Эффективность всасывающей схемы особенно существенно снижается при проведении выработок большого сечения, где застойные зоны могут образовываться особенно интенсивно.

Для ликвидации основных недостатков нагнетательного и всасывающего способов проветривания может быть применен комбинированный способ, при котором в призабойной части выработки проветривание осуществляется одновременно двумя вентиляторами нагнетательным и всасывающим. Всасывающий вентилятор является основным, а нагнетательный служит лишь для ускорения проветривания удаленной зоны призабойной части выработки путем вымывания оттуда загрязненного воздуха и подачи его к концу всасывающего трубопровода. Схема комбинированного способа проветривания показана на рис. 26, в.

Проветривание при комбинированном способе должно быть организовано таким образом, чтобы продукты взрыва концентрировались в забое и не могли распространяться по выработке. С этой целью призабойная зона отделяется перемычкой от остальной части выработки, всасывающий вентилятор выбирается значительно больше производительности, чем вентилятор нагнетательный. Всасывающий вентилятор засасывает весь воздух, подаваемый нагнетательным вентилятором и, кроме того, часть воздуха из выработки со стороны ее устья. Для лучшего омывания забоя конец нагнетательного трубопровода располагают ближе к забою, конец же всасывающего трубопровода должен быть расположен дальше от забоя.

Комбинированный способ проветривания сочетает в себе достоинства нагнетательного и всасывающего способов и наиболее приемлем при проветривании выработок значительной протяженности. Недостатком способа является необходимость иметь два вентилятора.

При проветривании выработок большой протяженности, когда давления одного вентилятора оказывается недостаточно, приходится устанавливать несколько вентиляторов на одном трубопроводе. Основными задачами при последовательной работе нескольких вентиляторов на один трубопровод является снижение утечек (подсос воздуха) через трубопровод и предотвращение рециркуляции воздуха. Для предотвращения рециркуляции воздуха необходимо иметь по всей длине трубопровода избыточное давление.

Методика расчета количества воздуха, необходимого для проветривания, критической длины проветриваемой выработки, при которой процентное содержание условной окиси углерода в случае применения нагнетательного способа проветривания снижается до допустимого предела (0,008%), потерь напора трубопровода, выбора вентиляторной установки и ее мощности, а также определения утечек воздуха через вентиляционное оборудование рассматривается в специальной литературе.

После проветривания забой выработки приводят в безопасное состояние. Горный мастер и взрывник осматривают забой и проверяют, все ли шпуров взорвались. Если обнаружено неполное взрывание шпуров, то их ликвидируют с соблюдением требований § 193 «Единых правил безопасности при взрывных работах». Горный мастер проверяет состояние пород кровли и боков выработки, а также временной крепи. Состояние кровли проверяют остукиванием и оборкой отслоившихся кусков породы, поврежденную крепь исправляют.

В период приведения забоя в безопасное состояние и после допуска рабочих в забой воздух должен подаваться в течение не менее 2 ч в том же количестве, в каком он поступал перед допуском рабочих, с тем чтобы за этот период времени концентрация газов была снижена до следующих пределов: окиси углерода до 0,0016% (по объему), окислов азота до 0,0002%, сернистого газа до 0,0007% и сероводорода до 0,00066% (§ 204 «Единых правил безопасности при взрывных работах»).

После выполнения всех мер предосторожности можно приступить к погрузке взорванной породы.

Глава IV

ПОГРУЗКА ПОРОДЫ

Одной из наиболее ответственных и трудоемких операций при проведении горизонтальных выработок по породе буровзрывным способом является погрузка породы.

Погрузка породы в средних условиях как по трудоемкости, так и по продолжительности занимает в проходческом цикле 30—40%. Большая трудоемкость погрузки породы вызывает необходимость ее механизации. За последние годы в горной промышленности значительно возрос парк погрузочных машин, только в шахтном строительстве угольной и горнорудной промышленности работают свыше 600 погрузочных машин различных конструкций.

Ручная погрузка породы несовместима с современными условиями ведения горнопроходческих работ и имеет место лишь в отдельных случаях при проведении вспомогательных выработок малой протяженности. Механизированная погрузка при проведении выработок в угольной промышленности в 1976 г. достигла 85%.

Погрузочные машины, применяемые при проведении горизонтальных выработок по породе, можно разделить на две группы:

собственно-погрузочные машины и скреперы. В свою очередь собственно-погрузочные машины могут быть подразделены на два основных типа: машины периодического действия и машины непрерывного действия.

§ 17. Погрузочные машины периодического действия

Погрузочные машины периодического действия имеют рабочий орган в виде ковша и подразделяются на две группы:

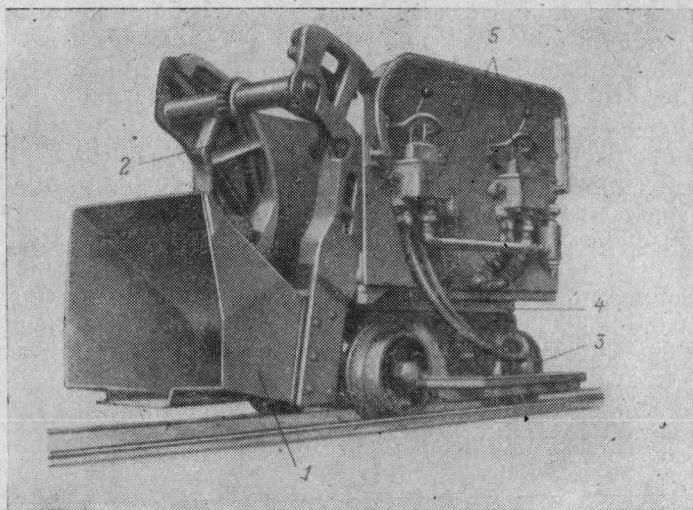


Рис. 27. Погрузочная машина типа ППН

машины с прямой разгрузкой непосредственно в транспортные средства. Эти машины могут быть с фронтальной и боковой разгрузкой;

машины со ступенчатой фронтальной разгрузкой через конвейер в транспортные средства.

Погрузочные ковшовые машины с фронтальной разгрузкой. К этому виду машин относятся машины типа ППН (рис. 27), которые состоят из исполнительного органа 1 ковшового типа с рукоятью, скрепленной с качалкой-кулисой 2, ходовой тележки 3, поворотной платформы 4 с лебедкой для подъема ковша, двух двигателей и механизма управления 5. Работа машины заключается в следующем: после того как порожняя вагонетка будет прицеплена к машине (сцепка автоматическая) последняя при опущенном ковше подъезжает к взорванной породе, ковш внедряется в породу и захватывает ее. Для лучшего заполнения ковша целесообразно при его внедрении в породу производить встряхивание, что осуществляется толчкообразным включением двигателя

подъема ковша. После заполнения ковша породой машинист включает подъемный механизм. Ковш при помощи многорядной цепи, навиваемой на барабан, поднимается благодаря перекатывающимся кулисам и выгружает породу через лоток, имеющийся в его задней части, в вагонетку. Обратное движение ковша осуществляется под влиянием его собственного веса. Далее цикл погрузки повторяется.

Машины типа ППН пневматические самоходные, скорость передвижения до 1,45 м/с. Для обеспечения пылеподавления в забое

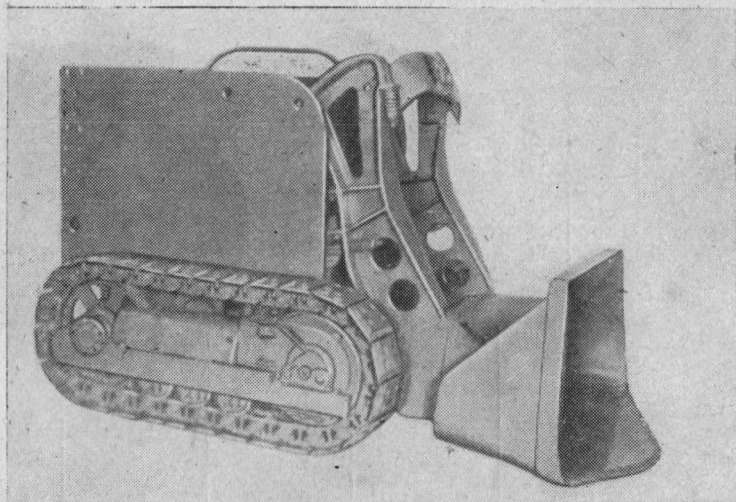


Рис. 28. Погрузочная машина на гусеничной тележке

машины оборудованы оросительной системой производительностью 2,5—4,0 л/мин.

Погрузочная машина типа ППН нашла достаточно широкое применение как в СССР, так и за рубежом, где она выпускается чаще всего под названием фирмы, впервые ее создавшей, — «Эймко».

Техническая характеристика погрузочных машин типа ППН приведена в табл. 14.

Наряду с машинами типа ППН на рельсовом ходу также выпускаются машины этого типа на гусеницах, например, машина ППН-2Г—1.

Погрузочные машины такого типа применяются и за рубежом. На рис. 28 показана машина типа 7Н марки «Джой Хэгглюнд» (Швеция) с ковшом емкостью 0,33 м³.

Достоинство машин типа ППН — простота их конструкции и обслуживания при работе. Основные недостатки машин этого типа: ограниченный фронт погрузки (до 2,8 м), что при проведении выработок площадью сечения 8 м² и более вызывает необходимость

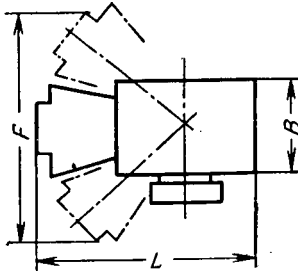
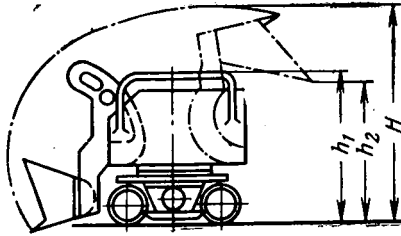


Таблица 14

Показатели	Тип погрузочной машины			
	ППН-1С	ППМ-2М (ППН-2*)	ППН-2Г-1**	ППН-3М (ППН-3)*
Производительность, м ³ /мин	0,5—1,0	0,8—2	1,2	1,5—2,0
Емкость ковша, м ³	0,2	0,32	0,32	0,5
Основные размеры, мм:				
длина L	2250	2500	2700	3200
высота:				
наибольшая H	2250	2350	2600	2800
транспортная h_1	1500	1600	1750	1800
разгрузки h_2	—	1350	—	1550
ширина B	1250	1320	1500	1400
Фронт погрузки F , м	2,2	2,6	Неограни- ченный	2,8
Число пневмодвигателей	2	2	2	3
Мощность пневмодвигателей, л. с.	24	30	50	52
Ширина колеи, мм	600, 750	600, 750, 900	—	750, 900
Масса, т	3,5	5,0	5,0	6,7
Наибольшие размеры погру- жаемых кусков, мм	300	400	800	600
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	2,3 × 2,5	2,4 × 2,5	—	3 × 2,9

* В скобках указаны прототипы машины по типуажу.

** Машина ППН-2Г-1 на гусеничном ходу.

ручной подкидки породы к машине. Причем объем ручной подкидки породы на 1 м выработки может достигать 1,75—2,2 м³;

при погрузке породы в вагонетки большой емкости для полного наполнения их кузова породой необходимо ее там разгрести, для чего приходится задалживать специального рабочего или иметь раздельные типы вагонеток, что нецелесообразно;

машинист вследствие толчков и сотрясений при работе машины быстро утомляется, что приводит к снижению производительности.

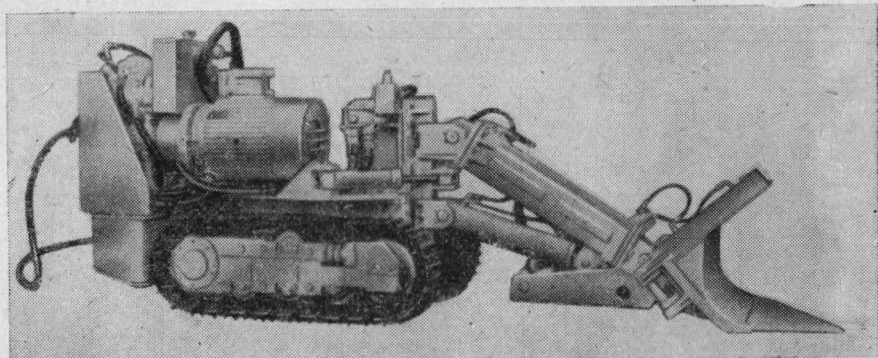


Рис. 29. Погрузочная машина с боковой разгрузкой

Для исключения этого явления целесообразно иметь противовибрационную платформу для машиниста.

Погрузочные ковшовые машины с боковой разгрузкой (рис. 29). За рубежом при проведении горизонтальных выработок нашли широкое применение самоходные погрузочные ковшовые машины с боковой разгрузкой. Такие машины наиболее полно удовлетворяют условиям проведения выработок, оборудованных конвейерным транспортом, так как в этом случае отпадает необходимость в наличии рельсовых путей и дополнительного оборудования для перегрузки. К преимуществам машин этого типа необходимо отнести малую высоту подъема ковша, что позволяет применять их в выработках ограниченной высоты и этим сократить цикл погрузки. Опрокидывание ковша производится в обе стороны. Ковш можно остановить в любом положении, что позволяет дозировать погрузку горной массы на конвейер. На рис. 30 показана схема погрузки породы с применением чехословацкой погрузочной машины NL-3 с боковой разгрузкой. Машина испытывалась на шахте «Дуванная» № 2 (Донбасс). В выработке площадью сечения 10,9 м² машина развивала производительность до 25 м³/ч.

Погрузочные ковшовые машины со ступенчатой фронтальной разгрузкой породы. На рис. 31 показана погрузочная машина 1ППН-5 ковшового типа с неавтоматическим циклом черпания. Машина состоит из следующих основных узлов: ходовой части 1, поворотной платформы 2,

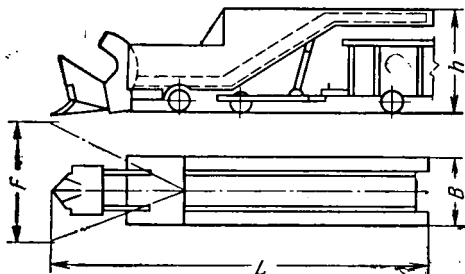


Таблица 15

Показатели	Тип погрузочной машины		
	1ППН-5 (ППМ-4)*	2ППН-5П (МПК-2)*	ППН-6 (МНР-6)*
Производительность, м ³ /мин	1,25	1,0	1,6
Емкость ковша, м ³	0,32	0,25	0,5
Основные размеры, мм:			
длина L	7435	6100	8500
ширина B	1400	1645	1700
высота разгрузки h	1650	1725	2500
высота с поднятым ковшом	2150	—	—
Фронт погрузки F , м	4,0	3,0	5,0
Число электродвигателей	2	3	1
Мощность электродвигателей, кВт (л. с.)	21,5 (45)	52	28
Ширина колеи, мм	600, 750, 900	600, 750, 900	600, 750, 900
Масса, т	9,0	8,5	12,5
Наибольший размер погружаемых кусков породы, мм	400	400	—
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	Не менее 7,5	Не менее 5,2	—
Высота выработки, м	2,4	2,2	—

* В скобках указаны прототипы машин по типу.

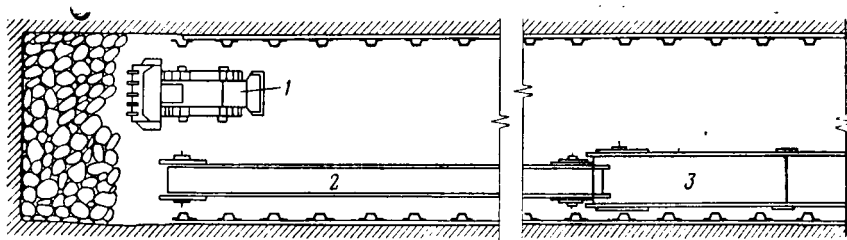


Рис. 30. Схема погрузки породы с применением погрузочной машины с боковой разгрузкой:

1 — погрузочная машина; 2 — забойный конвейер; 3 — основной конвейер

которой смонтирован рабочий орган; ковша 3 и конвейера 4. Ковш машины присоединен к двум кулисам, при помощи которых и перемещается на разгрузку. Под конвейером машины расположена буферная сцепка для вагонеток.

Машина при работе производит напорное движение опущенным ковшем, который внедряется в породу. Далее ковш кулисами поднимается и, опрокидываясь, передает захваченную им породу на

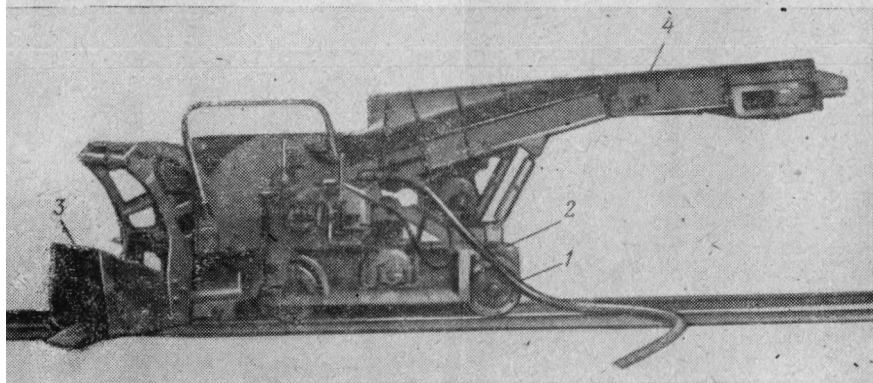


Рис. 31. Погрузочная машина 1ППН-5

конвейер, с которого она поступает в вагонетку. Конвейер может перемещаться в горизонтальной плоскости на 15° в обе стороны по отношению к продольной оси машины. Наличие поворотной платформы обеспечивает также поворот ковша в горизонтальной плоскости в обе стороны от продольной оси машины на 30° , увеличивая тем самым фронт погрузки.

Техническая характеристика погрузочных машин со ступенчатой загрузкой приведена в табл. 15.

Погрузочные машины со ступенчатой погрузкой имеют ряд преимуществ: большой фронт погрузки; наличие конвейера обеспечивает равномерную загрузку вагонеток, что исключает необходимость разравнивания породы вручную; машина проста по конструкции и надежна в эксплуатации, может применяться как в сухих, так и в обводненных забоях.

Для улучшения условий труда при погрузке породы в выработках с неустойчивой кровлей, исключения воздействия вибрации, шума и пыли при погрузке, повышения чистого времени работы погрузочной машины, исключения затрат времени на периодическую уборку забоя, что имеет место при ручном управлении машинами, настоящее время некоторые зарубежные фирмы («Атлас-Копко», «Зальцгиттер») выпускают погрузочные машины с системой дистанционного управления. Машинист управляет машиной от переносного пульта, который кабелем соединен с машиной. Расстояние между

блоком управления и машиной устанавливается с таким расчетом, чтобы место погрузки и разгрузки было в поле зрения машиниста. Обычно это расстояние принимается 10—15 м.

§ 18. Погрузочные машины непрерывного действия

К этому типу машин относятся погрузочные машины типа ПНБ — машины непрерывного действия с боковым захватом.

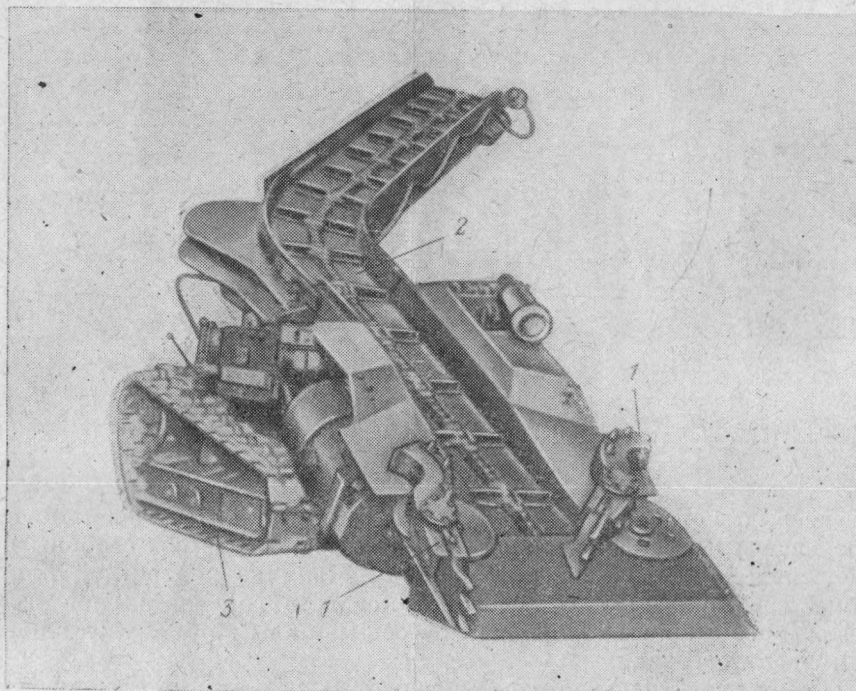


Рис. 32. Погрузочная машина типа 1-ПНБ-1

На рис. 32 представлена погрузочная машина 1-ПНБ-1 (табл. 1) непрерывного действия с рабочим органом 1 в виде «парных когтящих лап». Рабочий орган машины подает породу на скребковый конвейер 2, который перегружает ее в вагонетку. Стрелка конвейера имеет угол поворота по отношению к продольной оси машины в 45° . Машина смонтирована на гусеничном ходу 3 и может работать в выработке с углом наклона до 10° .

Погрузочные машины непрерывного действия в настоящее время нашли широкое применение в отечественной практике, особенно при проведении капитальных выработок в угольной промышленности. За рубежом машины выпускаются во многих странах и обычно под названием фирмы, их впервые создавшей, — «Джой» (США).

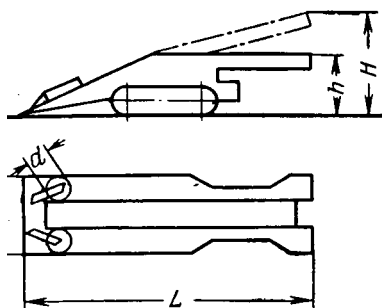


Таблица 16

Показатели	Тип погрузочной машины					
	1 ПНВ-1 (УП-2М, УП-3)	2 ПНВ-2, УП-2М, УП-3)*	ПНВ-3 («Крив-басс-2500»)*	ПНВ-2К	ПНВ-3Д	18НБГ
производительность, м ³ /мин	2	2	3	2,5	4	3,5
основные размеры, мм:						
длина L	7100	8000	7800	8000	9000	8400
ширина B	1620	1800	2000	1800	2500	2000
диаметр ведущих дисков d	550	700	800	—	—	—
высота наибольшая H	2800	3000	3500	—	—	—
высота транспортная h	1250	1500	1900	1400	1900	1800
коэффициент погрузки			Не ограничен			
установленная мощность электродвигателей, кВт	31	65	66,7	80,2	94	72,8
масса, т	6,75	11,65	15,9	17,7	18	19,2
наибольший размер погружаемых кусков породы, мм	400	500	600	—	—	—

* В скобках указан прототип машины по тоннажу.

Широкое применение погрузочных машин непрерывного действия обуславливают следующие их преимущества: большая маневренность и независимость при работе от ширины выработки, высокая производительность, компактность и удобство в работе.

К недостатку этих машин необходимо отнести: возможность неэффективной и длительной ее эксплуатации без ремонта только при грузке пород небольшой крепости и низкой абразивности; необходимость равномерного дробления породы; недостаточно полное хватывание мелкой породы в последней фазе погрузки; заклинивание лап при крупных кусках породы и быстрый износ деталей скользящих и кривошипных передач. Наименее надежными деталями машины являются рабочий орган, гидрооборудование и конвейер.

§ 19. Погрузочно-транспортные машины

При проведении выработок сложной конфигурации (выработка в системе околоствольного двора), а также камерообразных выработок (подземные емкости, склады, камеры подземных ГЭС и ГЭ и т. п.) могут быть с большим эффектом использованы комбинированные погрузочно-транспортные машины, т. е. когда погрузка и транспортирование породы выполняются одной машиной.

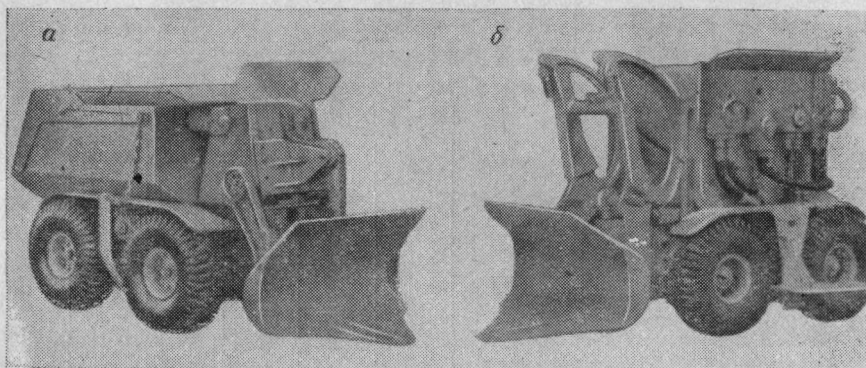


Рис. 33. Погрузочно-транспортная и погрузочно-доставочная машины

Погрузочно-транспортные машины можно разделить на группы: машины с аккумулялирующей емкостью, загружающие порковшом в свой бункер для последующей ее доставки (машины типа ПТ), и машины, транспортирующие породу в ковше (машины типа ПД). Эти машины выпускаются на пневмоколесном ходу, с механическим и дизельным приводом. Дизельные машины оборудуются скрубберами для очистки выхлопных газов.

На рис. 33, *a* показана погрузочно-транспортная машина ПТ с аккумулялирующим бункером, на рис. 33, *б* — погрузочно-доставочная машина ПД-3. Техническая характеристика погрузочно-транспортных машин приведена в табл. 17.

Скорость передвижения погрузочно-транспортных машин составляет 4—6 км/ч в зависимости от величины уклона и состояния покрытия почвы выработки. Машины преодолевают уклоны до 15°. Наиболее хорошим покрытием дороги считается щебенка с размером кусков 16 мм, разровненная и уплотненная машинами.

Наиболее оптимальное расстояние доставки для этого типа машин 100—200 м. В зависимости от типа машин они применяются в выработках площадью сечения от 6,5 до 16 м². Погрузочно-транспортные машины получили достаточно широкое применение на зарубежных рудниках при различных системах разработки рудных месторождений, а также при строительстве различных подземных об-

Показатели	Тип погрузочно-транспортной машины					
	ПТ-2	ПТ-3	ПТ-5	ПД-2	ПД-3	ПД-5
Грузоподъемность, т	2	3	5	2	3	5
Емкость ковша, м ³	0,12	0,2	0,5	1	1,5	2,5
Емкость бункера, м ³	1,0	1,5	2,5	—	—	—
Основные размеры, мм:						
длина	3150	3350	4750	4500	6300	6900
ширина	1400	1800	2360	1320	1600	1900
высота	1600	1800	2240	1700	1900	2240
Тип привода	Пневматический			Дизельный		
Мощность привода, л. с.	40	60	90	60	90	130
Масса машины, т	5	—	10	5	10	16

гов. Наиболее известные зарубежные фирмы, выпускающие погрузочно-транспортные машины, — «Эймко» (США), «Атлас-Копко» (Швеция).

§ 20. Скреперные установки

Скреперная установка (рис. 34) состоит из погрузочного полка (платформы) 1, смонтированной на ней скреперной лебедки 2, скрепера 3, тяговых канатов — грузового 4 и порожнякового 5 и скреперного головного блока 6, закрепленного в забое выработки.

Скрепер с породой от забоя перемещается грузовым канатом, который навивается на грузовой барабан лебедки. Скрепер поднимается по наклонному полку погрузочной платформы и через люк в ней выгружает породу в транспортный сосуд. Обратное движение порожнего скрепера к забою осуществляется порожняковым тяговым канатом, который навивается на порожняковый барабан скреперной лебедки. Таким образом скрепер совершает прямое и обратное движение и постепенно перегружает породу из забоя в скип или вагонетку.

На рис. 35 представлена скреперная установка МПДК-3 в сочетании с ленточным конвейером. Скрепер 1 с наклонного погрузочного полка 2 перегружает породу на ленточный конвейер 3 типа РТУ-30 или КЛ-150К. В погрузочном полке расположено натяжное устройство конвейера 4.

Рассмотрим основные элементы скреперной установки.

Скреперы. При погрузке породы применяют два основных (по форме) скрепера — коробчатый и гребковый. Коробчатый скрепер применяется при работе с мелкодробленой породой небольшого объемного веса. При наличии крупных кусков породы боковые стенки скрепера затруднили бы его внедрение в породу. На рис. 36, а представлен коробчатый скрепер емкостью 0,3—0,35 м³, на рис. 36, б — скрепер емкостью 0,8 м³ для легкой породы (угля).

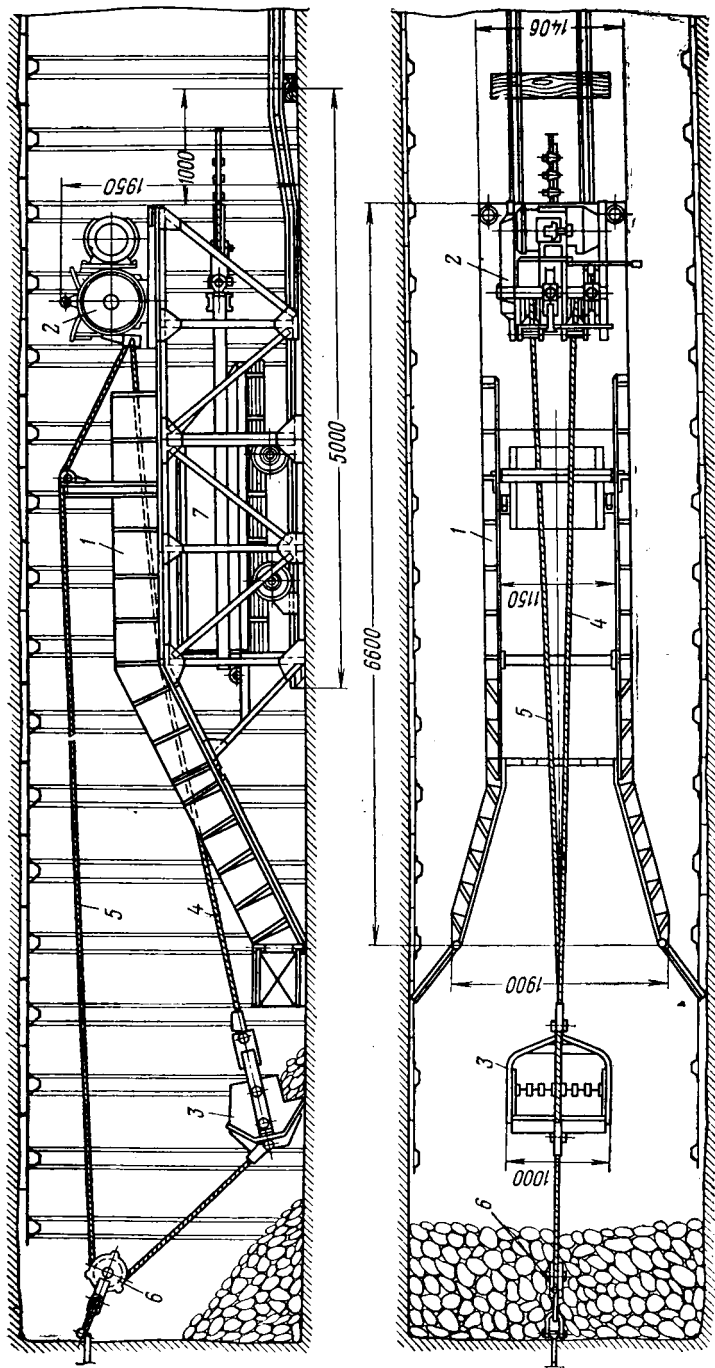


Рис. 34. Схема скрепной установки СКМ-600

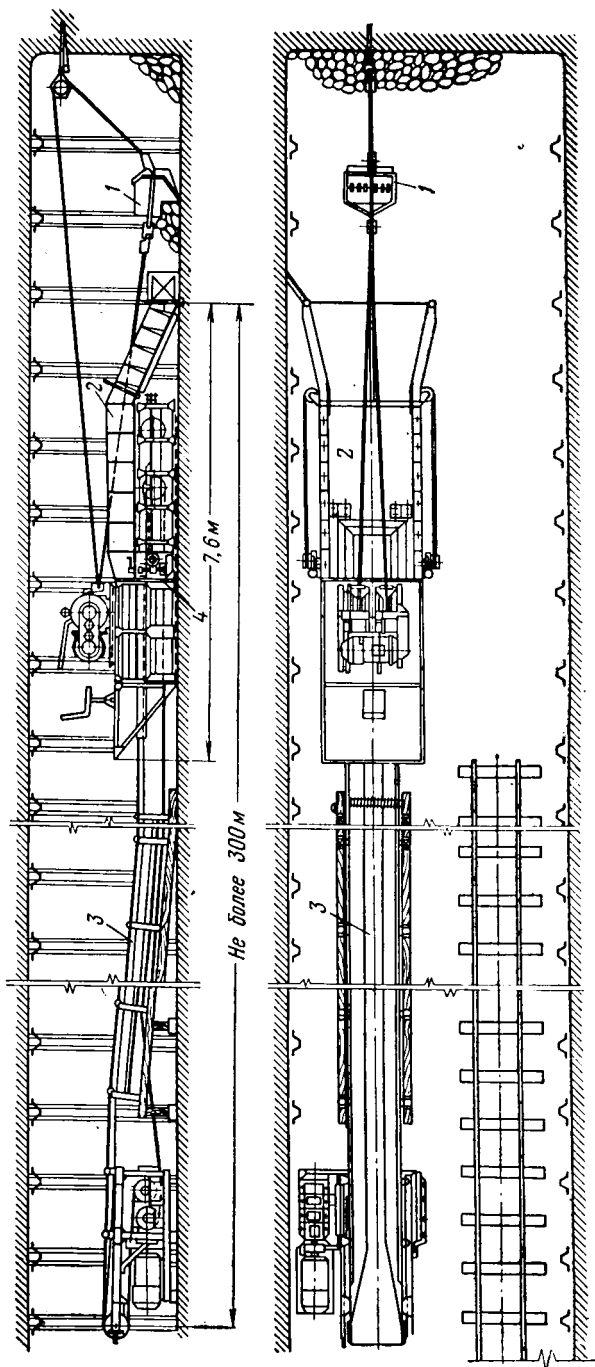


Рис. 35. Схема скрепной установки МПДК-3

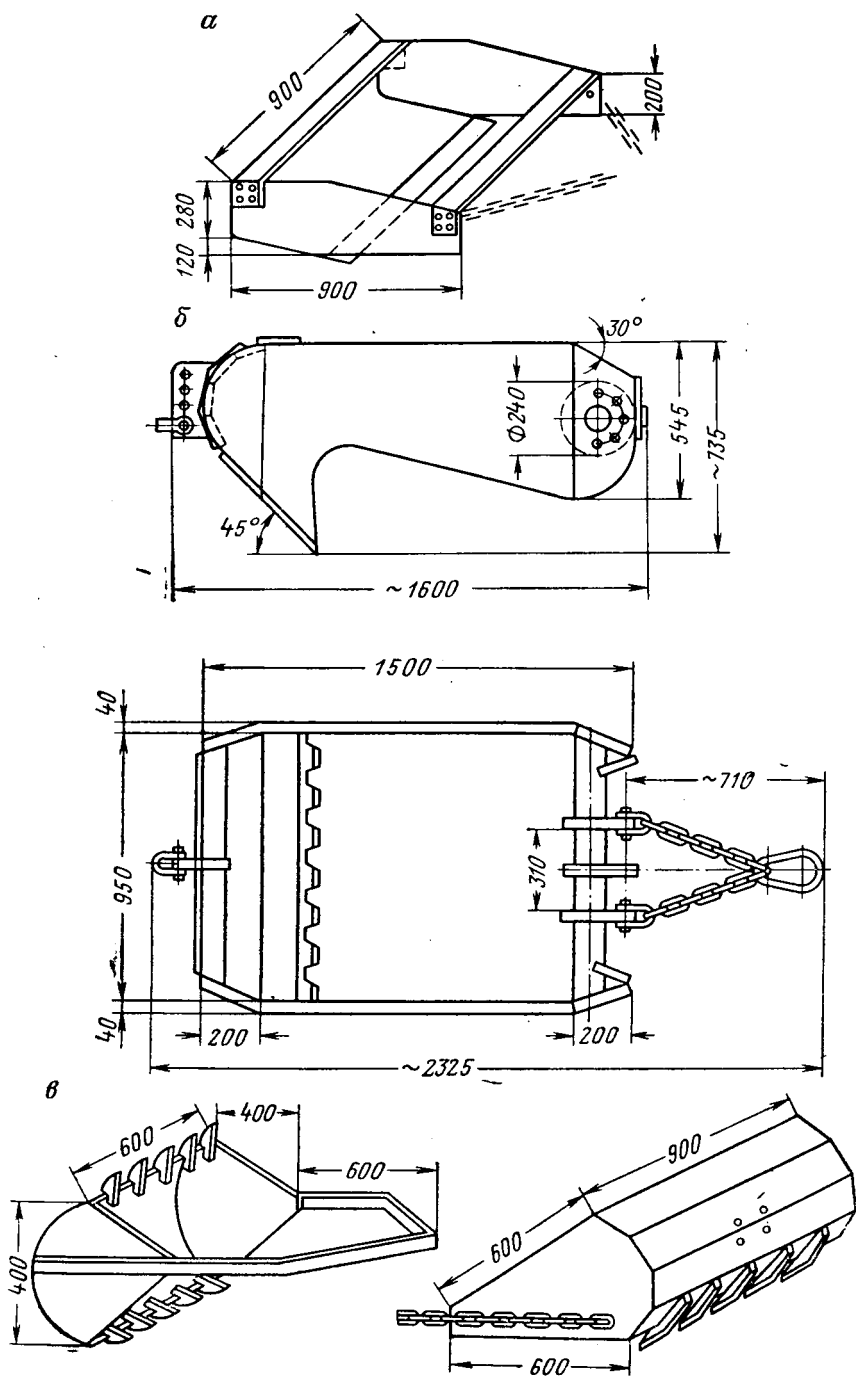


Рис. 36. Типы скреперов

Гребковый скрепер применяется при погрузке крупнокусковой, с большим объемным весом породы. На рис. 36, в представлены две разновидности гребкового скрепера емкостью 0,3 и 0,5 м³.

Скреперные канаты. Наиболее тяжелые нагрузки скреперной установке приходится на долю канатов. Они подвергаются резким изменениям нагрузки при тяге скрепера, истираются о породу и изгибаются на блоках, имеющих небольшой диаметр.

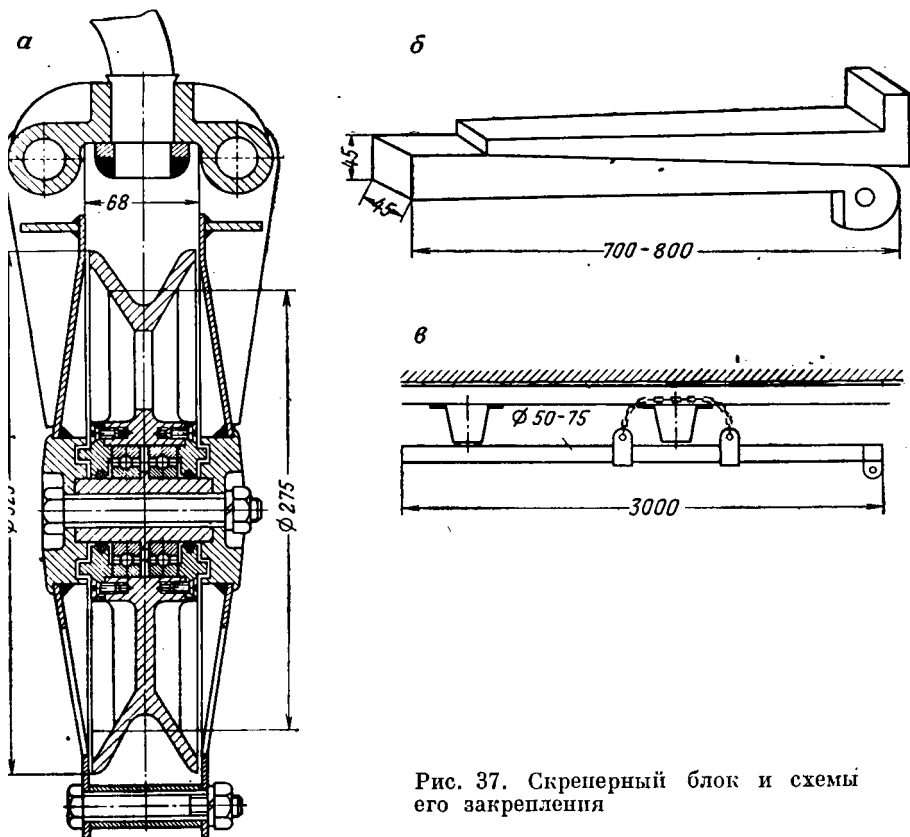


Рис. 37. Скреперный блок и схемы его закрепления

Диаметр каната изменяется в зависимости от емкости скрепера и обычно принимается в пределах 12,5—16 мм. Соединение канатов за скрепером производится при помощи зажимов.

Скреперные блоки изготавливаются из стали. Их конструкция должна исключать возможность попадания каната между обоймой и блоком, иметь простую и надежную смазку. На рис. 37, а показана одна из возможных конструкций скреперного блока — БС-2. Диаметр блока принимается 200—300 мм.

Весьма большое значение имеет при работе скрепера надежное укрепление блока в забое. Обычно укрепление осуществляется при помощи анкера (рис. 37, б), состоящего из двух клиньев длиной

Т а б л и ц а

Показатели	Тип скреперной установки				
	СКУ-1	СКБ-1	МПДК-2 (СКУ-КТ)	МПДК-3	СКМ-6
Производительность при длине скреперования 15 м, м ³ /ч	45	45	60	45	45
Емкость скрепера, м ³	0,5	0,3	0,5	0,45	0,45
Лебедка:					
тип		БС-4П-2		17ЛС-2П	
мощность привода, кВт	20	20	20	17	17
тяговое усилие, кгс	3800—	3800—	3800—	1600	1600
	4000	4000	4000		
скорость движения каната, м/с	0,78—	0,78—	0,78—	1,12	1,12
	1,02	1,02	1,02		
Основные размеры установки, мм:					
длина	9320	6200	6300	7600	6600
ширина	1950	1300	1340	1440	1400
высота	2500	1850	1700	1675	1950
Масса установки, т	4,7	4,5	10,45	7,4	4,3
Предельный угол наклона выработки, градус	35	25	18	18	35
Площадь сечения выработки в свету, м ²	8,5	4,5	7,8	5,8	5,9
Минимальная высота выработки, м	2,8	—	2,0	1,85	2,1
Средства транспортирования породы от забоя	Вагонетка или скип	Скреповый конвейер	Ленточный конвейер		

0,7—0,8 м. На установку анкера и навеску блока расходуется 10—15 мин.

В сильнотрещиноватых и слабых породах блок можно укрепить при помощи трубы диаметром 50—75 мм, которая подвешивается на цепи к арке временной крепи (рис. 37, в). Надежным является способ укрепления блока при помощи каната, который закрепляется в шпуре сухим песком, забиваемым в шпур струей сжатого воздуха.

Скреперные лебедки. Как указывалось выше, скреперная лебедка имеет два барабана. При движении нагруженного скрепера включается грузовой барабан и автоматически выключается порожняковый. Грузовой канат навивается на барабан, а порожняковый свивается. Включение барабанов при невыключенных двигателях и редукторе осуществляется обычно при помощи планетарных или фрикционных механизмов.

Техническая характеристика скреперных лебедок приведена в табл. 18.

Скреперные погрузочные полки. Для разгрузки нагруженного скрепера в вагонетку или в какой-либо другой транспортный сосуд применяются погрузочные полки. На рис. 34 представ-

скреперный погрузочный полк комплекса СКМ-600 для приема скрепера емкостью 0,45 м³. На верхней платформе полка установлена лебедка 17 ЛС-2П.

Техническая характеристика скреперных установок приведена табл. 18.

Переходя к общей оценке скреперных установок для погрузки породы при проведении выработок, можно отметить, что они достаточно универсальны, т. е. могут быть применены в выработках различных сечений как горизонтальных, так и наклонных (до 35°), в породах различных физико-механических свойств, но при наличии плотных пород в почве скреперные установки достаточно производительны, просты в эксплуатации и не требуют значительных капитальных затрат. К недостаткам скреперных установок можно отнести: наличие гибкой связи в виде канатов, что часто является причиной нарушения работы установки, трудности зачистки породы

по бокам выработки, невозможность работы при слабой почве выработки, зависимость производительности установки в значительной степени от длины скреперования, прочности и крупности кусков породы.

Характер изменения производительности скреперной установки P в зависимости от расстояния скреперования L и крупности кусков породы показан на рис. 38, где кривая 1 характеризует влияние расстояния скреперования в целом; 2 — производительность погрузки крупных кусков и 3 — погрузки мелкокусковой породы.

В зарубежной практике (Франция) при проведении выработок площадью сечения до 20 м² применяется самоходный буропогрузочный скреперный комплекс «Секома» (рис. 39).

Скрепер 1 доставляет породу из забоя выработки на наклонный блок 2, откуда порода перегружается на скребковый конвейер 3 далее в вагонетку или на ленточный конвейер. Скреперная наклонная платформа смонтирована на гусеничном ходу 4. На раме платформы установлено три манипулятора 5 с податчиками 6 для буровых машин.

Комплекс обеспечивает достаточно высокую скорость проведения выработки. Так, при проведении выработки площадью сечения 0,5 м² максимальная скорость достигала 22 м/сут. Комплекс обслуживается в смену четырьмя рабочими, кроме того, на вспомогательных работах каждые сутки занято четыре рабочих.

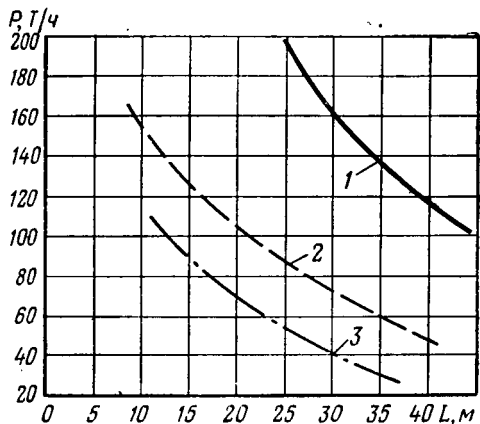


Рис. 38. Зависимость производительности скреперной установки от расстояния скреперования и кусковатости породы

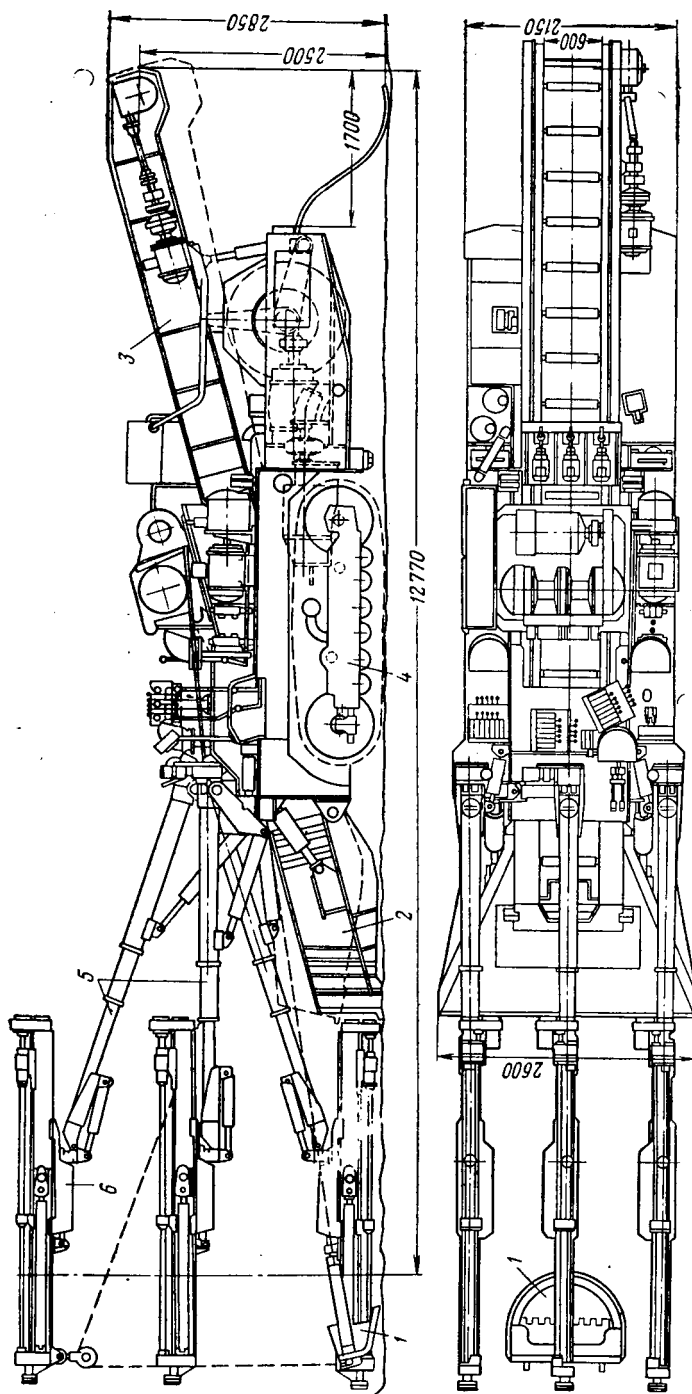


Рис. 39. Буросопогрузочный скреперный комплекс

21. Выбор погрузочных машин

Выбор типа погрузочных машин обуславливается производственными и горно-геологическими условиями.

Из графиков, приведенных на рис. 40, видно, что в шахтном производстве угольной (рис. 40, а) и горнорудной (рис. 40, б) промышленности масштабы применения погрузочных машин одних

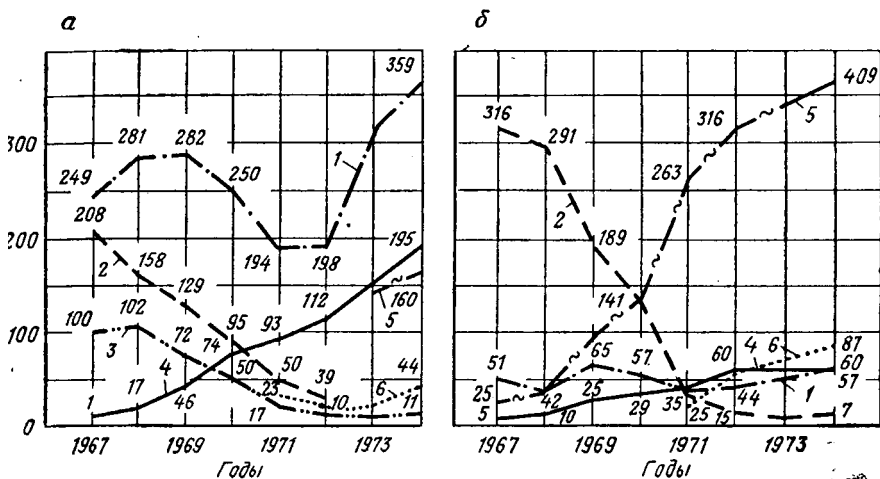


рис. 40. Графики распространения погрузочных машин различных типов при производстве шахты в угольной (а) и в горнорудной промышленности (б):

1 — машина типа ПНБ; 2 — машина типа ПМЛ-5; 3 — машина УП-3; 4 — машина типа ПНБ; 5 — машина типа ПНН; 6 — скрепер

тех же типов различны. Если в угольной промышленности наблюдается явно выраженная тенденция увеличения числа машин типа ПНБ и широкое применение машин типа ПМЛ, то в горнорудной промышленности имеет место резкое увеличение машин типа ПНН. Такое положение может быть объяснено следующим:

а) в угольной промышленности площади сечения капитальных работ обычно значительны (до 20 м²). Поэтому для погрузки породы в этих условиях необходимо иметь машины с большим фронтом погрузки, т. е. машины типа ПНБ и ПМЛ. Породы, перескаемые выработками на угольных шахтах, не отличаются большой прочностью и в большинстве случаев неабразивны. Эти условия также благоприятны для работы машин типа ПНБ. Очевидно, целесообразность применения машин типа ПНБ возрастает при необходимости скоростного проведения выработок;

б) в горнорудной промышленности более типичны выработки ограниченных сечений, а пересекаемые породы более прочны и почти всегда абразивны. Для этих условий более целесообразно применение машин типа ПНН;

в) самоходные ковшовые погрузочные машины и особенно ковшевые машины с боковой разгрузкой более универсальны и могут с успехом применяться как в угольной, так и в горнорудной промышленности;

г) при проведении выработок ограниченной протяженности, сложной конфигурации и различных площадей сечений (особенно выработок и камер околоствольных дворов) целесообразно применение машин типа ПД и ПТ. Машины этих типов также целесообразно использовать для проведения подготовительных и нарезных выработок при некоторых системах разработки рудных месторождений;

д) в практике проведения выработок сравнительно больших площадей сечений (16—20 м²) часто устанавливают в забое две погрузочные машины типа ППН или ППМ. При таком решении задачи очевидно, значительно возрастают эксплуатационные расходы и питательные затраты, а также резко усложняется организация и управление забойного транспорта по замене груженых вагонеток порожними, что часто приводит также к снижению производительности машин. Самоходные погрузочные машины исключают эти недостатки;

е) скреперные установки получают также достаточное распространение; так, в 1969 г. в шахтостроительных организациях угольной промышленности работало 10 скреперных установок, а в 1975 г. — 54 установки. Скреперные установки находят широкое применение также за рубежом, особенно при проведении пластовых выработок. Скреперные установки универсальны: применяются при проведении выработок различных сечений и наклона. Установки не требуют значительных капитальных затрат и высокой квалификации обслуживающего персонала.

§ 22. Производительность погрузочных машин

Производительность погрузочных машин определяется весьма большим количеством факторов технического и организационного характера. Очевидно, что в первую очередь производительность погрузочных машин зависит от их конструктивных особенностей.

Как видно из табл. 14, 15, 16, техническая производительность машин различных конструкций достаточно велика, но в условиях горнопроходческих работ в связи с наличием большого числа различных сдерживающих факторов она имеет значительно меньшую величину.

Основные факторы, оказывающие значительное влияние на производительность погрузочных машин, следующие:

а) совершенство буровзрывных работ, так как наибольшее влияние оказывает на работу машины качество дробления породы. Порода должна быть раздроблена равномерно и мелко. Необходима кучная укладка породы у забоя. При разбросе породы по длине забойки, когда слой породы по почве имеет наибольшую высоту (0,4—0,5 м), машина работает с пониженной производительностью.

б) правильный выбор транспортных средств и организация их пользования, т. е. выбор емкости вагонетки или другого транспортного оборудования, путевых устройств и оборудования, обеспечивающих быструю замену груженых вагонеток порожними. Практика показывает, что на транспортные операции уходит от 35 до 60% времени, затрачиваемого на погрузку породы;

в) четкость организации труда, причем здесь решающее значение приобретает квалификация рабочих, обслуживающих погрузочную машину и транспорт.

Учитывая перечисленные факторы, можно определить эксплуатационную производительность погрузочных машин различных конструкций.

Рассмотрим методику определения эксплуатационной производительности погрузочных машин типа ППН и ПНБ, скреперных установок и погрузочно-доставочных машин.

Производительность ковшовых машин типа ППН

родолжительность погрузки породы машиной

$$T = T_1 + \varphi T_2 + T_3, \text{ мин.},$$

где T_1 — время на подготовку машины к работе, т. е. на подсоединение шланга сжатого воздуха или кабеля, подачу машины к забою, включение системы орошения и др.; φ — коэффициент, учитывающий задержки во время работы машины, т. е. осмотр забоя, задержки за установки деталей временной крепи, наращивание временных льсовых путей, смазка машины и др. Обычно значение φ можно принимать равным 1,1—1,15; T_2 — время на собственно погрузку порванной породы; T_3 — время на заключительные операции, т. е. отгон машины от забоя до разминки и др.

Значения величин T_1 и T_3 могут быть приняты 15—20 мин.

Время на собственно погрузку породы

$$T_2 = T^I + T^{II} + T^{III} + T^{IV}, \text{ мин.},$$

где T^I — время на погрузку породы, разлетевшейся по выработке результате взрывных работ; T^{II} — время на погрузку основной массы породы; T^{III} — время на задержки из-за транспорта при погрузке породы; T^{IV} — время на зачистку породы в забое.

$$T^I = \frac{\alpha V t_1 k_0 k_p}{\psi q}, \text{ мин.},$$

где α — доля объема породы, разлетевшейся после взрыва. Значение α , как указывалось в § 9, зависит от качества буровзрывных работ и в средних условиях может быть принято равным 15—20% полного объема породы, погружаемого машиной за цикл и определяемого по формуле

$$V = \mu \eta l S, \text{ м}^3.$$

Значения μ , η , l , S смотри в § 7; t_1 — продолжительность цикла работы машины при подборе разлетевшейся породы. Для машин типа ППН можно принять $t_1 = 0,33$ мин, для машины ППН-5 $t_1 = 0,4$ мин; k_0 — коэффициент разрыхления породы при взрыве; ψ_q — коэффициент заполнения ковша машины. Для мелкодробленой породы (до 100 мм) $\psi_q = 0,6 \div 0,7$, для крупнокусковой породы (до 400 мм) $\psi_q = 0,75 \div 0,8$. Для повышения коэффициента наполнения ковша целесообразно с мешать внедрение ковша в породу и его подъем с встряхиванием, возможно также применение ковша с вибрирующим днищем; q — количество породы, м³; k_p — коэффициент дополнительного разрыхления породы при погрузке, равный 1,1–1,15.

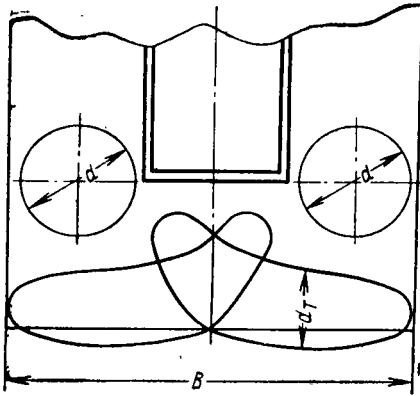


Рис. 41. Основные параметры загребающего органа машины типа ПНБ

Время на погрузку основной массы породы

$$T_{II} = \frac{[1 - (\alpha + \beta)] V t k_0 k_p}{\psi_q q}, \text{ мин}$$

где β — доля объема породы, подлежащая зачистке вручную, принимается равной 10–15%; V — продолжительность цикла погрузки породы в нормальных условиях. Для машин ППН-5 $t = 0,15 \div 0,2$ мин, для ППН-3М $t = 0,2 \div 0,25$ мин, для 1-ППН-3 $t = 0,20 \div 0,25$ мин.

Время на задержки при погрузке породы

$$T_{III} = \frac{(1 - \beta) V t_2 k_0 k_p}{\psi_v v}, \text{ мин},$$

где ψ_v — коэффициент заполнения транспортного сосуда, равный 0,95–1; v — емкость транспортного сосуда, м³; t_2 — продолжительность простоя погрузочной машины из-за обмена транспортных сосудов, мин (см. § 24).

Время на зачистку породы в забое

$$T_{IV} = \frac{\beta V k_0 p}{n}, \text{ мин},$$

где p — трудоемкость разборки породы, зачистки выработки и загрузки в вагонетку 1 м³ породы, чел-мин. Для пород III–V категории $p = 60 \div 80$ чел-мин, для пород внекатегорийных, I и II категории $p = 80 \div 110$ чел-мин; n — число рабочих, занятых на ручной подчистке породы и погрузке ее в вагонетки.

Производительность машины при собственно погрузке породы в разрыхленном состоянии

$$P = \frac{V}{\varphi T_2},$$

или

$$P = \frac{60V}{\varphi k_0 k_p \left\{ \frac{\alpha V t_1}{\psi_{qg}} + \frac{[1 - (\alpha + \beta)] V t}{\psi_{qg}} + \frac{(1 - \beta) V t_2}{\psi_{\nu\nu}} \right\} + \frac{\beta V p k_0}{n}}, \quad \text{м}^3/\text{ч}.$$

Производительность машины при собственно погрузке породы использованием рельсового транспорта

$$P_1 = \frac{60}{\varphi k_0 k_p \left\{ \frac{\alpha t_1}{\psi_{qg}} + \frac{[1 - (\alpha + \beta)] t}{\psi_{qg}} + \frac{(1 - \beta) t_2}{\psi_{\nu\nu}} \right\} + \frac{\beta p k_0}{n}}, \quad \text{м}^3/\text{ч}^* \quad (10)$$

Производительность машины при собственно погрузке породы использованием специальных транспортных устройств, исключая простои машины из-за маневров,

$$P_2 = \frac{60}{\frac{\varphi k_0 k_p}{\psi_{qg}} \{ \alpha t_1 + [1 - (\alpha + \beta)] t \} + \frac{\beta p k_0}{n}}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (11)$$

Производительность машин непрерывного действия типа ПНБ

Техническая производительность машины

$$P_T = znV_{\text{л}}, \quad \text{м}^3/\text{мин},$$

где z — число нагребающих лап (обычно две лапы); n — число ходов каждой лапы в минуту. При тяжелых грузах и сложных условиях работы $n = 20 \div 25$, при легких грузах $n = 30$; $V_{\text{л}}$ — объем породы, захватываемой каждой лапой за рабочий ход, м^3 .

В соответствии с рис. 41

$$V_{\text{л}} = \frac{B}{2} d_T h_{\text{гр}}, \quad \text{м}^3,$$

где B — ширина захвата приемной плиты машины (см. табл. 16); d_T — расстояние между участками траектории лап в период нагревания, м. Для расчетов можно принимать $d_T = d$, где d — диаметр ведущих дисков (см. табл. 16); $h_{\text{гр}}$ — средняя высота нагребаемой орной породы, м.

Для скальных пород

$$h_{\text{гр}} \approx (1,2 \div 1,5) h_{\text{л}},$$

для мягких пород

$$h_{\text{гр}} \approx (0,7 \div 1,0) h_{\text{л}}.$$

Высота нагребающих лап

$$h_{\text{л}} \approx \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{4} \right) d, \quad \text{м}.$$

* В формуле (10) коэффициент φ в последнем слагаемом знаменателя дроби не учитывается.

Эксплуатационная производительность погрузочных машин типа ПНБ по аналогии с выводами для машин типа ППН определит выражением

$$P = \frac{V}{\varphi(T_1 + T_2 + T_3)},$$

где T_1 — время на погрузку основной массы породы; T_2 — время на погрузку породы у стенок выработки с зачисткой забоя и частичной разборкой негабарита породы; T_3 — время на задержки из-за транспорта при погрузке породы.

Время на погрузку основной массы породы

$$T_1 = \frac{(1-\alpha)Vk_0k_p}{P_T}, \text{ мин.},$$

где α — доля объема породы V , остающаяся в выработке при зачистке забоя и разборке негабарита, равная 10 ÷ 15%. Значения k_0 , k_p см. ранее.

Время на погрузку породы у стенок выработки с зачисткой забоя

$$T_2 = \frac{\alpha V k_0 k_p}{\sigma P_T}, \text{ мин.},$$

где σ — коэффициент, учитывающий снижение технической производительности машины. Значение его зависит от состояния почвы: ровная или неровная почва, наличия крупных кусков породы требующих их разборки при зачистке забоя. На основании испытаний погрузочных машин типа ПНБ на Джезказганском руднике можно принимать: при ровной почве и отсутствии разборки пород $\sigma = 0,25$ при неровной почве и наличии негабаритов пород $\sigma = 0,2$

Время на задержки из-за транспорта

$$T_3 = \frac{V k_0 t_2}{\psi_{\nu v}}, \text{ мин.},$$

где t_2 — время простоя машины из-за транспорта (см. § 24).

Эксплуатационная производительность погрузочной машин типа ПНБ определится по формулам:

при погрузке породы машиной с использованием рельсового транспорта

$$P_1 = \frac{60}{\varphi k_0 k_p \left(\frac{1-\alpha}{P_T} + \frac{\alpha}{\sigma P_T} \right) + \frac{k_0 t_2}{\psi_{\nu v}}}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1)$$

при погрузке породы машиной с использованием специальных транспортных средств, исключающих задержки из-за транспорта

$$P_2 = \frac{60}{\varphi k_0 k_p \left(\frac{1-\alpha}{P_T} + \frac{\alpha}{\sigma P_T} \right)}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1)$$

Продолжительность погрузки породы скреперной установкой

$$T = T_1 + \varphi T_2 + T_3,$$

где T_1 — время на подготовку установки к работе, т. е. монтаж головного блока, растягивание канатов, опробование установки и др.; T_2 — время на собственно погрузку взорванной породы; T_3 — время на заключительные операции, т. е. на съём головного блока, уборку канатов и скрепера, отгон скреперной платформы; ρ — коэффициент, учитывающий задержки во время работы установки, т. е. осмотр забоя, задержки из-за установки временной крепи, непредвиденные остановки скреперной лебедки и др. Значение φ можно принимать равным 1,15—1,2.

Значение величин T_1 и T_3 может быть принято на основании данных практики 15—25 мин.

Продолжительность собственно погрузки породы скреперной установкой

$$T_2 = T^I + T^{II} + T^{III},$$

где T^I — время на погрузку основной массы породы скрепером; T^{II} — время на зачистку породы и подкидку ее на скреперную дорожку; T^{III} — продолжительность задержек из-за транспортных маневров.

Время на погрузку основной массы взорванной породы

$$T^I = \frac{(1-\alpha) V t k_0}{\psi_q q}, \text{ мин,}$$

где V — объем взорванной породы в массиве, м³; t — продолжительность цикла движения скрепера, мин; ψ_q — коэффициент заполнения скрепера. Принимается равным 0,9—0,95. В начальной стадии погрузки ψ_q часто бывает больше единицы; q — емкость скрепера, м³.

Трудоёмкость работ по зачистке породы в значительной степени зависит от длины передвижки скрепера. При длине скреперования 3—12 м трудоёмкость зачистки будет минимальной и доля породы α , подлежащей зачистке, может быть принята в пределах 10—15%.

Продолжительность цикла движения скрепера

$$t = \frac{2lm}{c}, \text{ мин,}$$

где l — длина скреперирования, м; c — средняя скорость движения скрепера, м/мин; m — коэффициент, учитывающий потери времени за один цикл движения скрепера на подачу сигнала, перемену хода и на дополнительный ход скрепера для лучшего его наполнения породой при загрузке. В средних условиях можно принимать $m = 1,1 \div 1,2$.

Исходя из условий работы скреперной установки, можно признать, что длина скреперования зависит от ряда факторов: с увели-

чением длины скреперования продолжительность цикла движения скрепера растет, а следовательно снижается его производительность с увеличением длины скреперования снижаются потери времени на передвижку скреперной платформы, ее закрепление и опробование. Значение величины этой потери времени будет расти с увеличением мощности скреперной установки. Длина скреперования так же зависит от схемы транспорта породы от скреперной установки и выработке: при рельсовом транспорте скреперная установка может переноситься более часто, при конвейерном транспорте, учитывая необходимость периодического наращивания длины конвейера, переноску скреперной установки целесообразно производить через большие интервалы.

Учитывая изложенное, можно принять длину скреперования при рельсовом транспорте $l = 8 \div 10$ м, при конвейерном $l = 15 \div 20$ м.

Средняя скорость движения скрепера

$$c = \frac{2c_p c_x}{c_p + c_x}, \text{ м/мин,}$$

где c_p и c_x — скорость соответственно рабочего и холостого хода скрепера.

Время на зачистку породы и подкидку ее на скреперную дорожку

$$T_{II} = \frac{\alpha V k_0 p_1}{n}, \text{ мин,}$$

где p_1 — трудоемкость на перекидку 1 м^3 породы, равная 50-60 чел-мин на 1 м^3 породы; n — число рабочих, занятых на зачистке породы.

Время на задержки из-за транспорта

$$T_{III} = \frac{V t_2 k_0}{\psi_{\sigma v}}, \text{ мин.}$$

Производительность скреперной установки по погрузке пород при рельсовом транспорте

$$P_1 = \frac{60}{\varphi k_0 \left[\frac{(1-\alpha) t}{\psi_{\sigma q}} + \frac{\alpha p_1}{n} + \frac{t_2}{\psi_{\sigma v}} \right]}, \text{ м}^3/\text{ч;} \quad (1)$$

при конвейерном транспорте, когда маневры отсутствуют,

$$P_2 = \frac{60}{\varphi k_0 \left[\frac{(1-\alpha) t}{\psi_{\sigma q}} + \frac{\alpha p_1}{n} \right]}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1)$$

Производительность погрузочно-транспортных машин типа ПТ

Общее уравнение производительности погрузочно-транспортных машин можно записать следующим образом:

$$P = \frac{V}{T} = \frac{V}{\varphi (T_1 + T_2 + T_3)},$$

где T_1 — время на погрузку породы в бункер машины; T_2 — время на транспортирование породы от забоя до бункера разгрузки; T_3 — время на разгрузку породы из машины в бункер; φ — коэффициент задержек при работе машины, принимается равным 1,15—1,2.

Время на загрузку бункера машины

$$T' = \frac{v_{\text{бун}} t}{nq\psi_q} \text{ мин.},$$

где $v_{\text{бун}}$ — емкость бункера машины; n — число ковшей машины, необходимое для заполнения бункера; q — емкость ковша машины; ψ_q — коэффициент заполнения ковша; t — продолжительность цикла черпания машины.

Время на погрузку породы от цикла сооружения выработки

$$T_1 = \frac{Vk_0k_p}{v_{\text{бун}}} \cdot \frac{v_{\text{бун}} t}{nq\psi_q} = \frac{Vk_0k_p t}{nq\psi_q} \text{ мин.}$$

Время на транспортирование породы от забоя до бункера

$$T_2 = \frac{2Vk_0k_p l}{v_{\text{бун}} c} \text{ мин.},$$

где l — расстояние транспортирования породы, м; c — средняя скорость движения машины, м/мин.

Время на разгрузку машины

$$T_3 = \frac{Vk_0k_p t_{\text{раз}}}{v_{\text{бун}}} \text{ мин.},$$

где $t_{\text{раз}}$ — время разгрузки машины в бункер.

Общее время на погрузку породы

$$T = k_0 k_p \varphi V \left(\frac{t}{nq\psi_q} + \frac{2l}{v_{\text{бун}} c} + \frac{t_{\text{раз}}}{v_{\text{бун}}} \right) \text{ мин.}$$

Эксплуатационная производительность погрузочной машины

$$P = \frac{60}{k_0 k_p \varphi \left(\frac{t}{nq\psi_q} + \frac{2l}{v_{\text{бун}} c} + \frac{t_{\text{раз}}}{v_{\text{бун}}} \right)} \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (17)$$

Обобщая практику применения погрузочных машин при проведении выработок, можно установить, что эксплуатационная производительность машин при хорошей организации работ достигает достаточно большой величины. Например, при проведении квершлага сечением в проходке 11 м² на шахте им. XXII съезда КПСС (Донбасс) производительность машины ППМ-4 составила 40 м³ разрыхленной породы в час, при проведении штрека сечением 9,1 м² на руднике «Миргалимсай» производительность машины ПНБ-3 достигала 85 м³/ч. В табл. 19 приведены данные, характеризующие затраты времени и труда на отдельные операции при погрузке породы. Анализ этих данных показывает, что в процессе погрузки породы имеет место много отдельных операций, сдерживающих полезное использование машин во времени, т. е. использование погрузочных машин

Т а б л и ц а

Элементы работ, выполняемые при погрузке породы	Затраты труда на 1 м ³ породы в массиве, чел-ч (%)	Затраты времени, %
Осмотр забоя и приведение его в безопасное состояние	0,10 (7,6)	4,8
Подготовка погрузочной машины к работе	0,06 (4,5)	3,0
Погрузка породы машиной	0,48 (36,4)	24,0
Разравнивание породы в вагонетке	0,02 (1,5)	1,2
Обмен вагонеток	0,32 (24,2)	22,0
Раскайловка и подкидка породы к машине	0,2 (15,2)	10,0
Наращивание путей в процессе погрузки	0,1 (7,6)	5,0
Зачистка путей от просыпающейся породы при погрузке	0,04 (3,0)	2,4
Случайные работы	— —	3,6
Простой	— —	24,0
	1,32 (100)	100

(в основном типа ППН) во времени недостаточно высоко и составляет в среднем 25—35%. Однако при хорошей организации работы использование погрузочной машины во времени может быть более высоким (табл. 20).

Анализ данных табл. 19 и 20 явно указывает, что одним из решающих факторов, влияющих на производительную работу погрузочных машин, является призабойный транспорт. В процессе погрузки породы транспорт составляет во времени и по трудоемкости около 20—25%. Рассматривая влияние транспортных операций на производительность погрузки породы, можно установить, что их продолжительность обуславливается в основном двумя факторами — емкостью принятых вагонеток и дальностью откатки в призабойной зоне.

На рис. 42, а показаны графики изменения производительности погрузочных машин в м³ породы в массиве за машино-смену в зависимости от емкости вагонеток и продолжительности обмена их в призабойной зоне. Графики изменения затрат времени на обмен одной вагонетки в зависимости от вида транспортных средств и дальности транспортирования в призабойной зоне показаны на рис. 42, б. Из рис. 42, а, б видно, что эффективность работы погрузочных машин в значительной степени зависит от емкости вагонеток, продолжительности маневровых операций при обмене вагонеток, а также от дальности транспортирования породы. Очевидно, что при недооценке этих факторов производительность машин будет резко падать и, в частности, она будет выравниваться для машин типа ППН и ПНБ, хотя техническая производительность последних во много раз выше.

Дальность транспортирования приобретает особое значение при работе погрузочных машин типа ПТ и ПД. На рис. 42, в показана

Таблица 20

Показатели	Шахта, выработка		
	«Северная» (Кривбасс), квершлаг	«Гигант-Глубокая» (Кривбасс), квершлаг	«Гигант-Глубокая» (Кривбасс), штрек
площадь сечения выработки, м ² и погрузочной машины и вагонетки	12,2 ПНБ-3к ВРГ-4	13 ПНБ-3к ВРГ-4	12,6 ПНБ-3 ВРГ-4
скорость проведения выработки, м/мес	231,1	381	628
огрузка породы собственно погрузка породы машиной, мин	44,3	32,2	24
подкидка породы, мин	2,1	3,4	—
Итого	46,4 мин, или 51,6%	35,6 мин, или 50,1%	24 мин, или 54,5%
ризабойный транспорт			
перестановка вагонеток, мин	2,8	—	3
замена состава вагонеток, мин	17,8	21,2	5
перегон машины, мин	6	4,3	—
Итого	26,6 мин, или 29,6%	25,5 мин, или 36,2%	8 мин, или 18,2%
одготовительно-заключительные операции			
подгон и отгон машины, мин	17	1,3	—
ремонт машины, мин	—	3,6	1
подготовка к погрузке, мин	—	4,8	8
подготовка почвы выработки, мин	—	—	3
Итого	17,0 мин, или 18,8%	9,7 мин, или 13,7%	12 мин, или 27,3%
Всего	90 мин, или 100%	70,8 мин, или 100%	44 мин, или 100%

зависимость производительности погрузочных машин типа ПТ от состояния транспортирования (по данным зарубежной практики).

Таким образом, для достижения высокой производительности погрузочных машин необходимо совершенствование транспортных операций и это особенно необходимо для высокопроизводительных машин типа ПНБ. Решение этой задачи должно быть направлено на применение вагонеток большой емкости или непрерывного конвейерного транспорта (см. § 25).

Опыт работы проходческих бригад позволяет установить, что эффективность звена рабочих, занятых на погрузке породы при при-

менении машин типа ППН, может быть принята три-четыре челове
 При погрузке машинами типа ПНБ в вагонетки звено рабочих мож
 состоять из трех человек и при погрузке на конвейер из двух
 людей.

При погрузке в вагонетки необходимо обеспечить своевременн
 наращивание временных рельсовых путей, иметь интенсивное ос
 щение забоя и осуществлять пылеподавление путем поливки поро

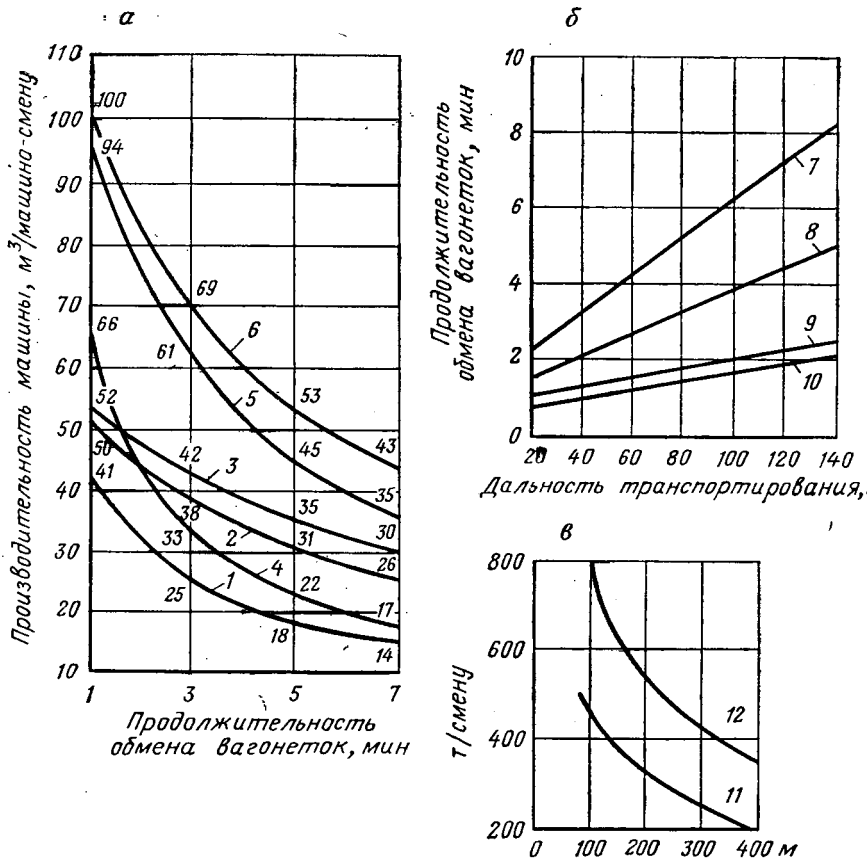


Рис. 42. Зависимость производительности погрузочных машин от транспортн
 условий:

1, 2, 3 — погрузочные машины ППМ; 4, 5, 6 — погрузочные машины ПНБ (соответств
 для вагонеток УВГ-1, 2,5 и 3,3); 7, 8 — механизированное транспортирование (соот
 ственно) вагонетки УВГ-1 и УВГ-3,3); 9, 10 — электровозный транспорт (соответств
 вагонетки УВГ-1 и УВГ-3,3); 11, 12 — погрузочно-транспортные машины (соответств
 ПТ-3 и ПТ-5).

водой из шланга перед погрузкой и два-три раза в ходе погрузк
 а также использовать оросительные установки у ковша маши
 и в месте загрузки породы в вагонетку. Расход воды должен сос
 влять 10—15 л на 1 м³ породы.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЫРАБОТОК

Весьма важное влияние на качественные и количественные показатели работ при сооружении выработок оказывает система их обеспечения, т. е. выполнение таких работ, как временное крепление, организация призабойного транспорта, прокладка труб и кабелей, маркшейдерское обслуживание и др.

Правильное и своевременное выполнение системы обеспечения позволит устранить задержки и способствовать более полному использованию всего проходческого оборудования, а следовательно — достижению более высоких скоростей сооружения выработок и повышению производительности труда рабочих.

§ 23. Временная крепь выработок

Временная крепь устанавливается для поддержания выработки в устойчивом состоянии и обеспечения безопасности работ в забое до возведения постоянной крепи. Отставание постоянной крепи (кроме каменной, бетонной и железобетонной) от забоя выработки должно быть не более 3 м. Таким образом, при постоянной рамной крепи из металлических арок или деревянных крепежных рам временная крепь устанавливается непосредственно в зоне забоя и это значительной степени определяет ее конструкцию.

Постоянная крепь из монолитного бетона и металлобетона должна возводиться с отставанием от забоя. Это требование обусловлено специфическими особенностями их возведения, вызывающими заромождение сечения выработки и в связи с этим — затруднения при выполнении проходческих работ. Кроме того, эти конструкции крепи являются достаточно жесткими, поэтому их установка у забоя, где интенсивно развивается смещение пород и образуется зона непружких деформаций, будет вызывать усиленное давление на крепь.

Процесс смещения пород во времени в зависимости от их прочности имеет различную интенсивность и период затухания. Для обеспечения благоприятного режима работы постоянной жесткой крепи она должна быть установлена от забоя на расстоянии 15—20 м в слабых породах и не менее 30 м в прочных породах.

В Кузбассе, где относительно незначительная глубина разработки (в сравнении с Донбассом) и смещение пород не развивается так интенсивно, монолитную бетонную крепь возводят вслед за продвижением забоя.

Временная крепь должна иметь конструкцию, обеспечивающую быструю ее установку и разборку, т. е. крепь инвентарного типа. Конструкция временной крепи должна быть не только поддерживающей, но и частично грузонесущей.

Рассмотрим конструкции временной крепи, учитывая особенности ее работы.

В выработках трапецевидной формы временная крепь чаще все выполняется без стоек, что позволяет не загромождать выработку забоя.

На рис. 43, *а* показана бесстоечная крепь, состоящая из двух консольных выдвигаемых элементов 1 с настилом 2 на них из распил или с перекрытием из элементов постоянной крепи (верхняков и атяжек), под которые в дальнейшем будут подведены стойки крепейной рамы (рис. 43, *б*). На рис. 43, *в* показана бесстоечная крепь в виде прогонов 1, поддерживаемых двумя опорами, которые закрепляются в боках выработки при помощи штырей 2.

При креплении выработки штанговой крепью (рис. 43, *г*) временная крепь у забоя выполняется из двух консольных балок каждая из которых поддерживается двумя подвесками 2. Подвески изготавливаются в виде клиновидной петли (рис. 43, *д*), забиваемой между подхватом штанговой крепи и кровли выработки, или в виде крюка (рис. 43, *е*), который надевается на выступающие концы штанги и закрепляется на них гайками. Под защитой временной крепи наряду с горными работами также производится установка штанговой крепи.

Временная крепь при жесткой постоянной крепи может быть принята из инвентарных арок, изготавливаемых из швеллерных балок № 18—20. Арка состоит из двух полуарок, соединяемых при помощи накладок корытного профиля и штырей (рис. 44, *а*).

На рис. 44, *б* показана временная арочная крепь, в которой свободные концы арки опираются на закладные штыри 1 из арматурной стали диаметром 32—36 мм и длиной 1,2—1,4 м. Штыри вставляются в шпур, пробуренные в боках выработки. На закладные штыри укладываются деревянные прогоны 2, а на них устанавливаются арки временной крепи. Такая конструкция крепи обеспечивает снижение расхода стали и создает удобства при проведении выработки.

На рис. 44, *в* представлена подвесная арочная крепь, включающая арочный элемент из спецпрофиля весом 17 кг/м и две несущие металлические штанги. На рис. 45 представлена временная навесная крепь инвентарные арки которой состоят из двух сегментов из швеллерных балок № 18. Арки опираются на закладные штыри из арматурной стали диаметром 32 мм, длиной 1,5 м, вставляемые в специально пробуренные шпур в боках выработки.

Возможно применение в качестве временной крепи арочной податливой крепи из спецпрофиля, арки которой не будут извлекаться, когда в качестве постоянной крепи принята металлобетонная крепь. Возможно также применение штанговой крепи, которая в устойчивых породах может быть использована и как постоянная. Кроме того, штанговая крепь может быть использована как временная в выработках, имеющих значительные размеры сечения, когда установка арочной крепи в качестве временной будет затруднена.

Значительное применение для проведения выработок проходческих комбайнов и достижение при этом интенсивного продвижения

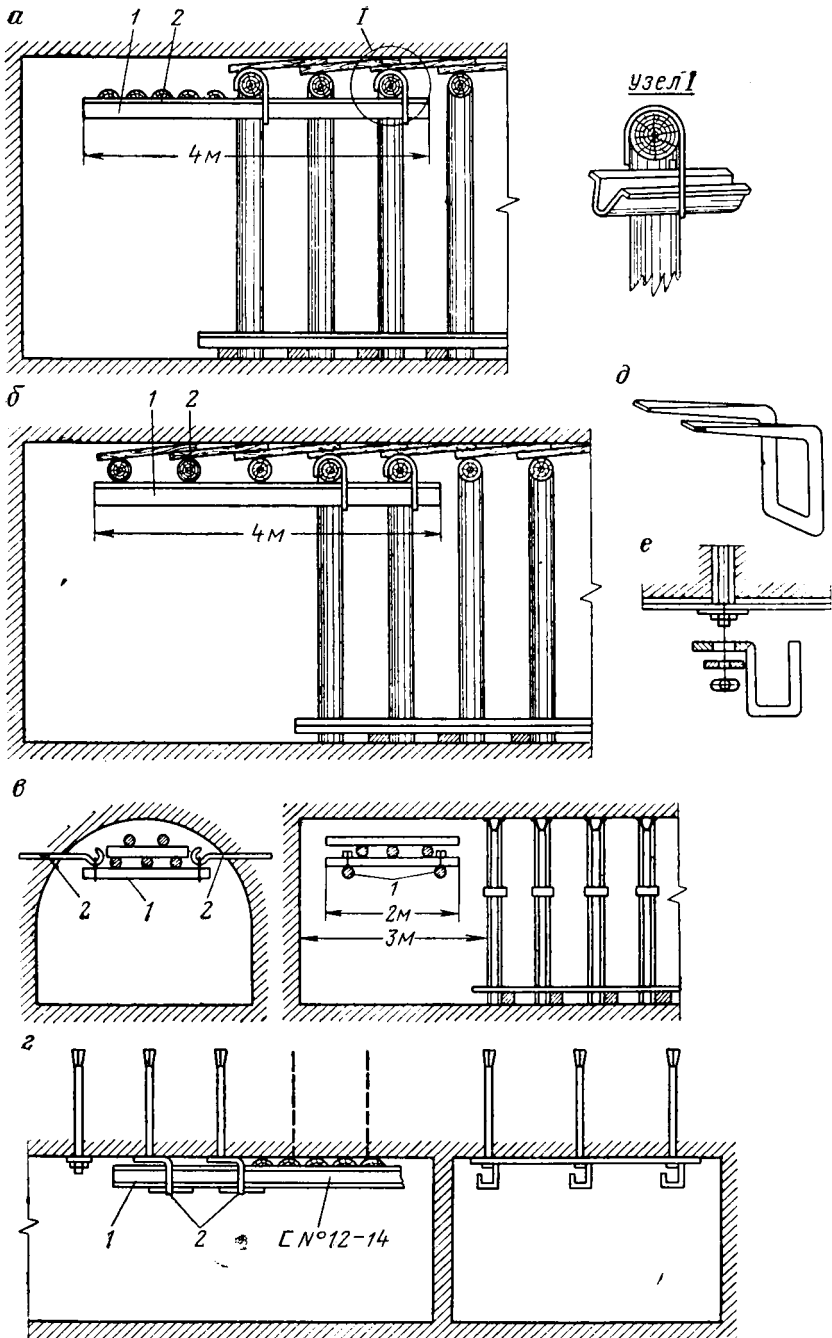


Рис. 43. Конструкции бесстоечных временных крепей

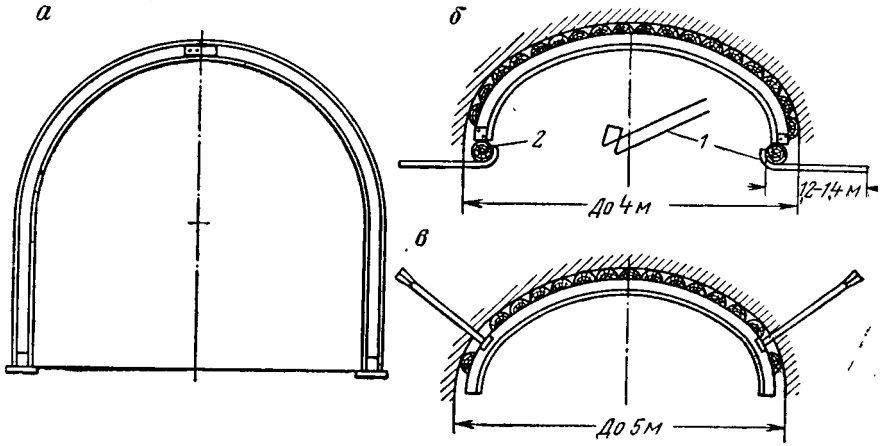


Рис. 44. Временная арочная креть

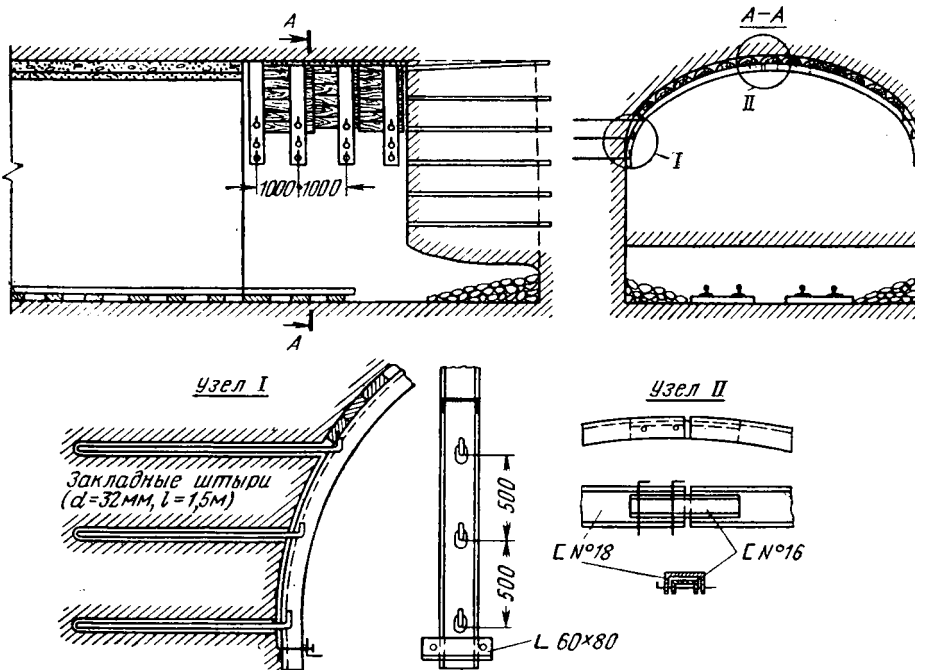


Рис. 45. Временная навесная креть

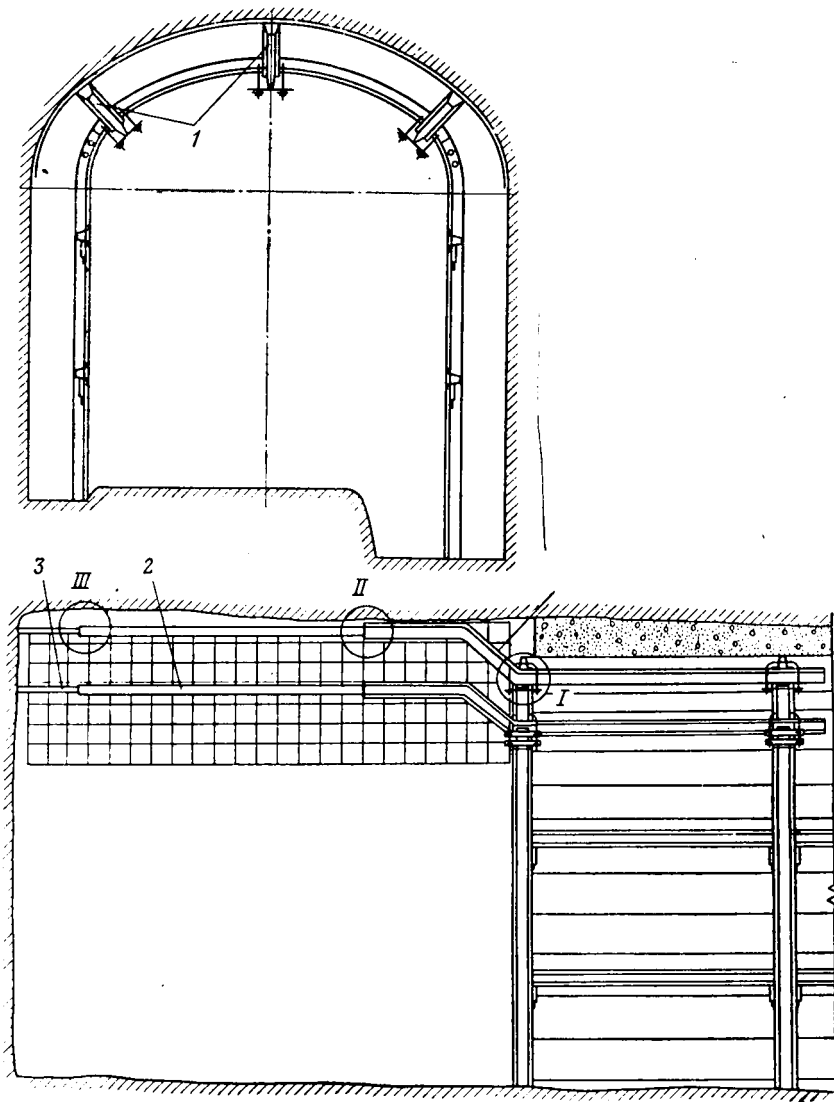


Рис. 46. Предохранительная крещь, применяемая в Кузбассе

забоя, а также необходимость обеспечения непрерывной работ комбайнов вызывают необходимость разработки передвижных временных крепей.

На рис. 46 представлена предохранительная крепь, применяемая в Кузбассе в тех случаях, когда постоянная бетонная крепь водится вслед за подвижением забоя выработки. Конструкция крепи состоит из трех изогнутых элементов 1, закрепляемых на арке из спецпрофиля (узел I). В элементы 1 вставляются выдвижные трубы 2, закрепляемые при помощи штырей (узел II). В трубы вставляются выдвижные пальцы 3 (узел III). На выдвижные элементы надевается предохранительная сетка.

§ 24. Призабойный транспорт

Одним из решающих факторов, влияющим на производительность погрузочных машин, является организация призабойного транспорта, т. е. обеспечение в процессе погрузки породы бесперебойного снабжения забоя порожними вагонетками с целью сокращения простоя машины (см. § 22). Продолжительность простоя машин по причине замены груженой вагонетки порожней целиком зависит от пропускной способности путевых устройств в призабойной зоне. Путевые устройства весьма разнообразны как в части применяемого транспортного оборудования, так и в организации работ. В зависимости от площади сечения выработки различают маневровые путевые устройства для однопутных и двухпутных выработок.

Схемы призабойного транспорта в однопутных выработках

При проведении однопутных выработок в связи с малым их сечением маневровые операции значительно сложны и продолжительны. Наиболее распространенные схемы путевых устройств призабойного транспорта и маневров с вагонетками в таких выработках показаны на рис. 47.

Схема путевого устройства в виде замкнутой накладной разминовки (рис. 47, а). Рельсы накладной разминовки укреплены на металлических шпалах, которые накладываются непосредственно на основной рельсовый путь. Междупутье на разминовке принято возможно минимальным, позволяющим не делать уширения выработки. Схема маневров ясна из рисунка.

Схема путевых устройств в виде двух накладных разминочных плит (рис. 47, б). Передняя разминочная плита 1 выполнена в виде двустороннего накладного съезда, а задняя плита 2 — в виде симметричной стрелки. В забое установлена погрузочная машина 3 типа ПНБ, откат грузовых и порожних вагонеток при маневрах осуществляется самоходной тележкой 4. Схема маневров ясна из рисунка.

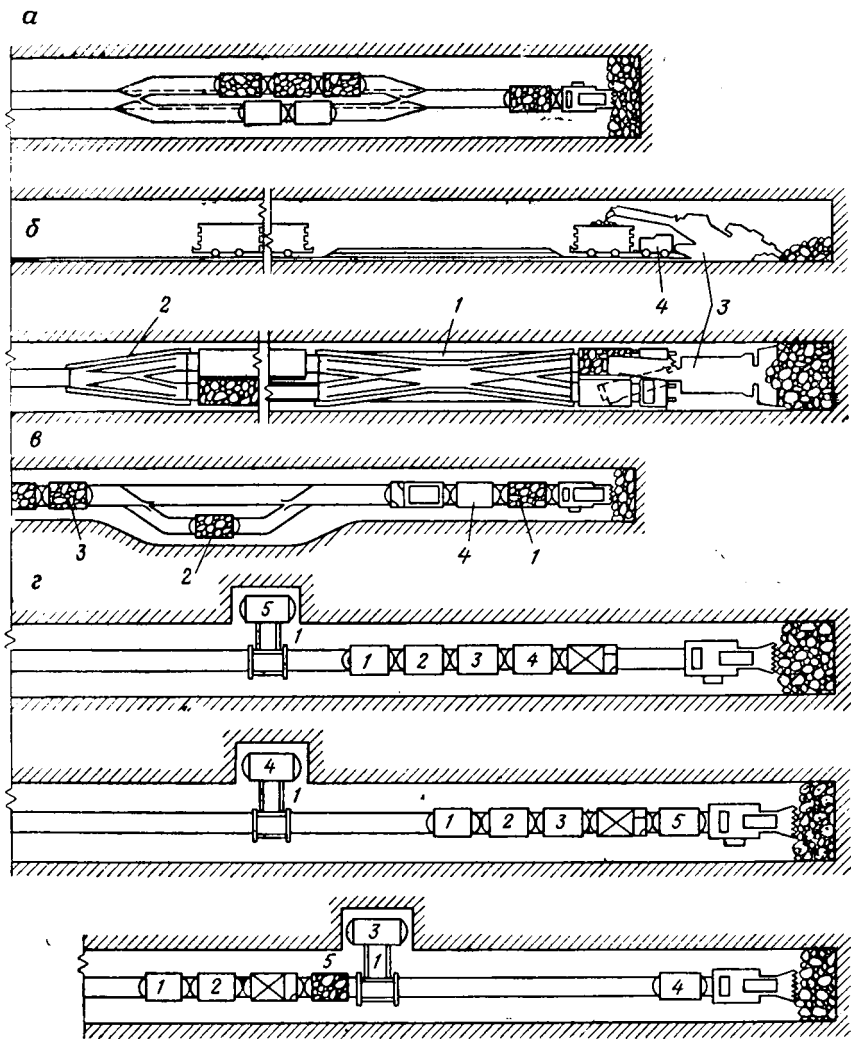


Рис. 47. Схемы путевых устройств призабойного транспорта в однопутных выработках

Схема путевых устройств в виде замкнутой разминки, вмещающей одну вагонетку (рис. 47, е). Схема маневров следующая: в момент, указанный на рисунке, производится загрузка вагонетки 1, после чего электровоз, двигаясь в голове поезда через разминку, встречает на своем пути оставленную там нагруженную вагонетку 2, продвигает ее перед собой и оставляет на ее месте вагонетку 1. Вагонетка 2 выкатывается на основной путь и оставляется рядом с вагонеткой 3 на таком рас-

стоянии от разминовки, чтобы последняя в поезде вагонетка 4 выплывала на основной путь за стрелку разминовки. Далее, двигаясь к забою по прямому пути, электровоз ставит под погрузку следующую по рождению вагонетку 4.

Схема путевых устройств с использованием вагоноперестановщика в виде роликовой платформы (рис. 47, з). Электровоз в голове порожнякового состава проходит роликовую платформу 1, оставляя на ней последнюю вагонетку 5. Вагонетка 5 отцепляется от состава и перемещается на роликовую платформу, затем электровоз подает состав за платформу, вагонетку 5 с роликовой платформы перекачивает на рельсовый путь и в голове состава подает под погрузку. Во время загрузки вагонетки 5 такими же маневрами ставят на роликовую платформу вагонетку 4. Загруженную вагонетку 5 откатывают электровозом за платформу, а вагонетку 4 подают к забою. К концу погрузки электровоз находится в головке груженого состава.

Анализируя приведенные схемы призабойного транспорта в однопутных выработках, можно отметить, что во всех рассмотренных схемах (исключая схему с применением накладной разминовки) используются маневровые электровозы; многие схемы требуют хотя и небольшого, уширения выработок.

Продолжительность маневров с вагонетками при различных схемах может быть принята следующей (мин):

при накладной замкнутой разминовке	1,5—2
» накладном двустороннем съезде	1,5—2
» замкнутой разминовке на одну вагонетку	2,5—3,5
» роликовой платформе	2,5—3,5

При применении обычных замкнутых разминовок, требующих уширения однопутной выработки, расстояние между разминовками может быть принято 120—150 м.

Схемы призабойного транспорта в двухпутных выработках

Некоторые основные схемы призабойного транспорта при проведении двухпутных выработок приведены на рис. 48.

На рис. 48, а показана схема, при которой в выработке настилаются два пути — грузовой и порожняковый. Через 30—60 м от забоя укладывается врезная симметричная переносная стрелка и два пути сводятся в один, расположенный по оси выработки. Вместо врезной возможно применение накладной стрелки. Схема маневров ясна из рисунка.

Схема маневров при погрузке породы машиной типа ПНБ показана на рис. 48, б. Призабойный транспорт вагонеток осуществляется электровозами. В начальную стадию погрузки породы к забою подаются два состава порожних вагонеток. Последовательность погрузки вагонеток следующая: вначале загружается вагонетка первого состава, после этого маневровый электровоз А с составом

вагонеток отъезжает от забоя за стрелку и заталкивает на нижний путь загрузенную вагонетку 1. В это время машина загружает вагонетку 9 второго состава, расположенного на нижнем пути. Когда вагонетка 9 будет нагружена, маневровый электровоз В отъезжает с составом вагонеток от забоя и заталкивает вагонетку 9 на верхний путь. В это время машина нагружает вагонетку 2 первого состава, далее процесс погрузки повторяется. В конечную стадию погрузки на нижнем пути будет сформирован грузовой состав вагонеток, который магистральным электровозом В отвозится к порталу выработки или к стволу шахты. Продолжительность отдельных операций при применении этой схемы в штреке шахты «Гигант-Глубокая» (Кривбасс), где транспорт осуществлялся в вагонетках ВРГ-4, составила (на одну вагонетку): маневровые операции машины 0,5 мин и поворот конвейера машины с одной вагонетки на другую 0,4 мин, т. е. общее время маневров на одну вагонетку равно 0,9 мин.

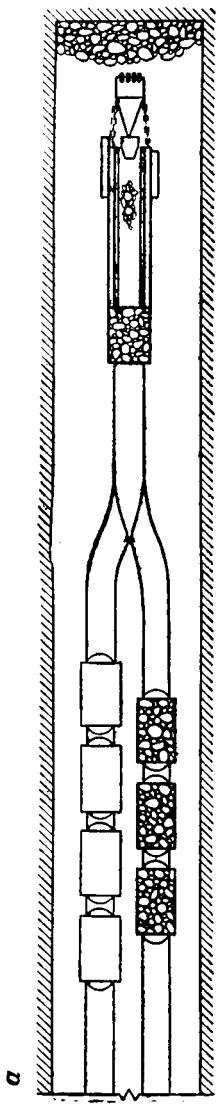
На рис. 48, в представлена схема маневров при погрузке породы машиной 1 типа ППМ. Маневры осуществляются при помощи роликовой платформы 2 и переносного съезда 3. Роликовая платформа размещается от забоя на расстоянии 20—25 м и перепосится через 5—10 м. Схема маневров ясна из рисунка. На схеме показано расположение во время погрузки породы двух буровых установок 4 типа БУ-1, положение установок во время бурения шпуров показано на рис. 48, г.

На рис. 48, д приведена схема маневров с применением симметричной накладной плиты-разминовки. При этой схеме маневров предусматривается, что ширина междупутья должна быть равна ширине колеи рельсовых путей. Плита-разминовка укладывается на рельсовый путь и перемещается с помощью погрузочной машины вслед за продвижением забоя. Расстояние от плиты-разминовки до забоя небольшое и изменяется в пределах 4—6 м. Схема маневров ясна из рисунка.

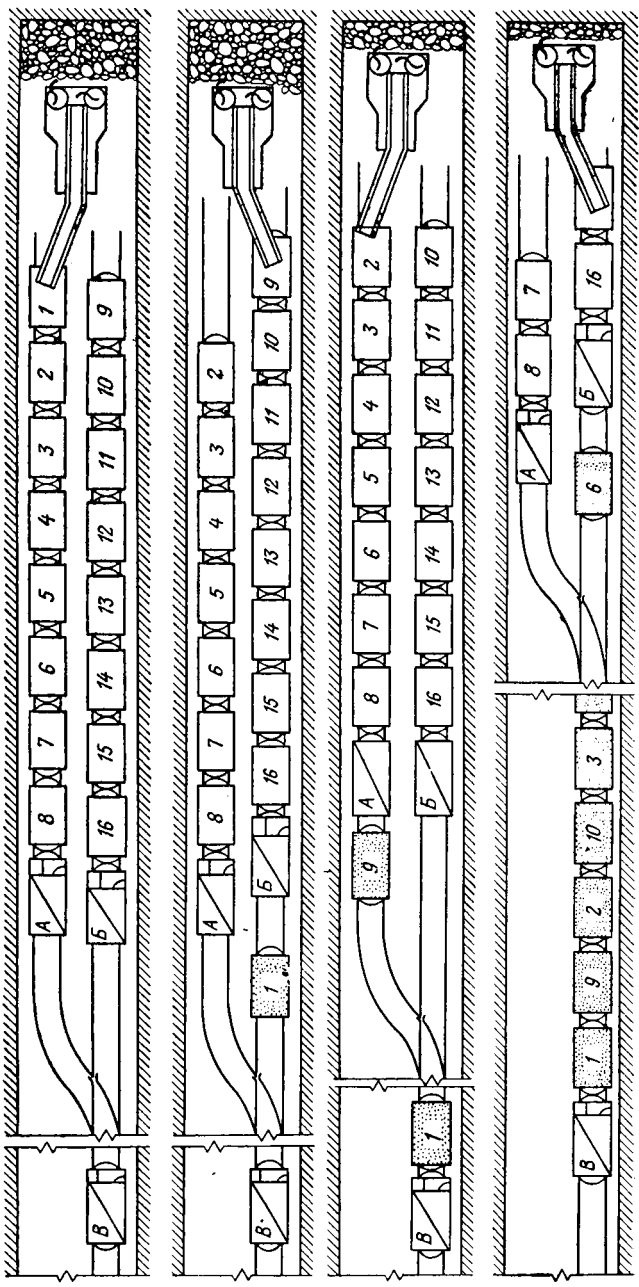
В практике проведения двухпутных выработок с применением погрузочных машин типа ППН, учитывая их ограниченный фронт погрузки и стремление механизировать полностью погрузку породы, иногда в забое устанавливают две машины. На рис. 49 представлена схема маневров при проведении двухпутной выработки, когда в забое для погрузки установлены две погрузочные машины 1 ППН-5 1. Маневры осуществляются с применением накладной роликовой плиты 2 и съезда 3. Подача порожних и откатка груженых вагонеток производится при помощи маневровой лебедки 4 и блока 5. Схема маневров ясна из рисунка.

На рис. 50 показана схема подачи состава порожних вагонеток к забою магистральным электровозом.

П о л о ж е н и е I — маневровые электровозы А и В располагаются за стрелочным переводом 1, ближе к забою. Магистральным электровоз В оставляет порожняковый состав на правом пути, по стрелке 2 переходит на левый путь и проталкивает груженный состав на стрелку 3.



б



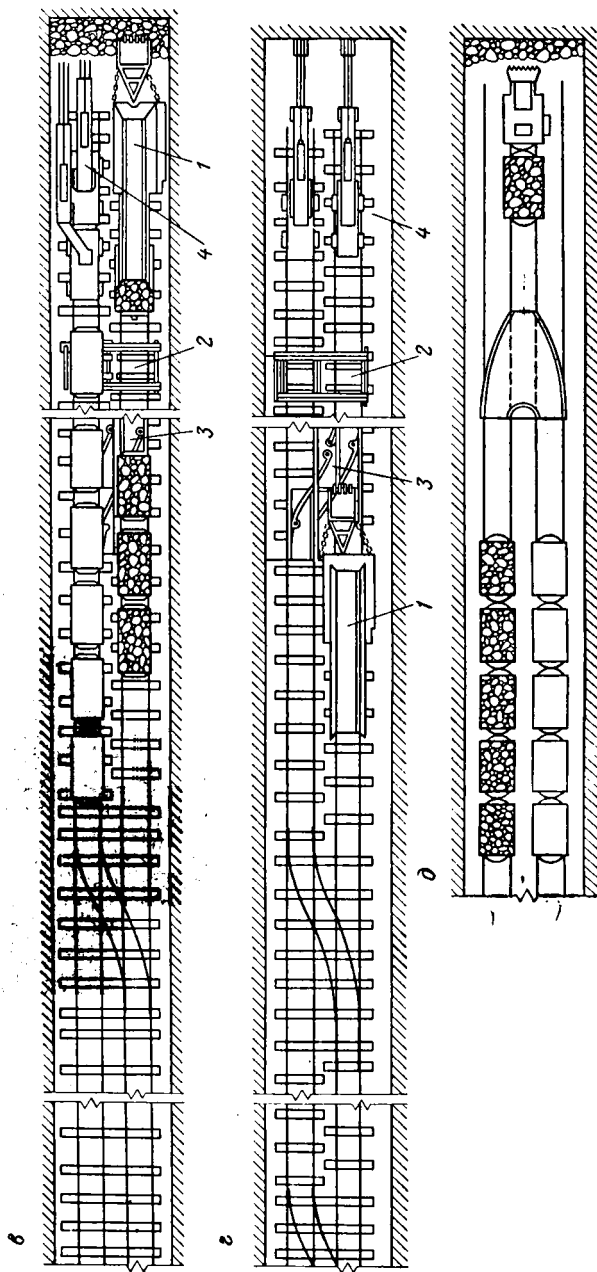


Рис. 48. Схемы призабойного транспортера в двухпутных выработках

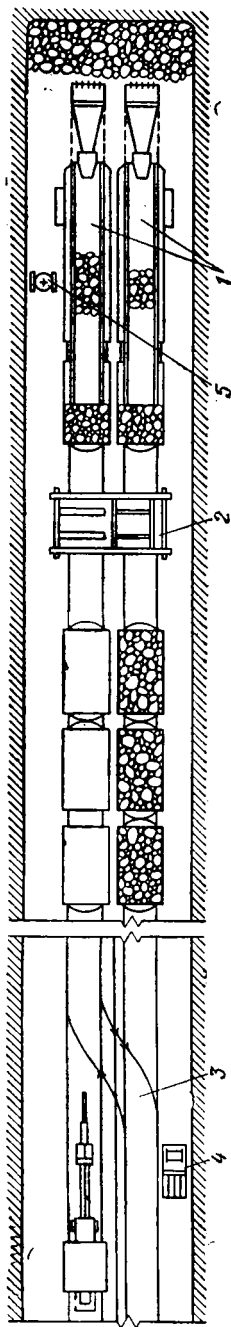
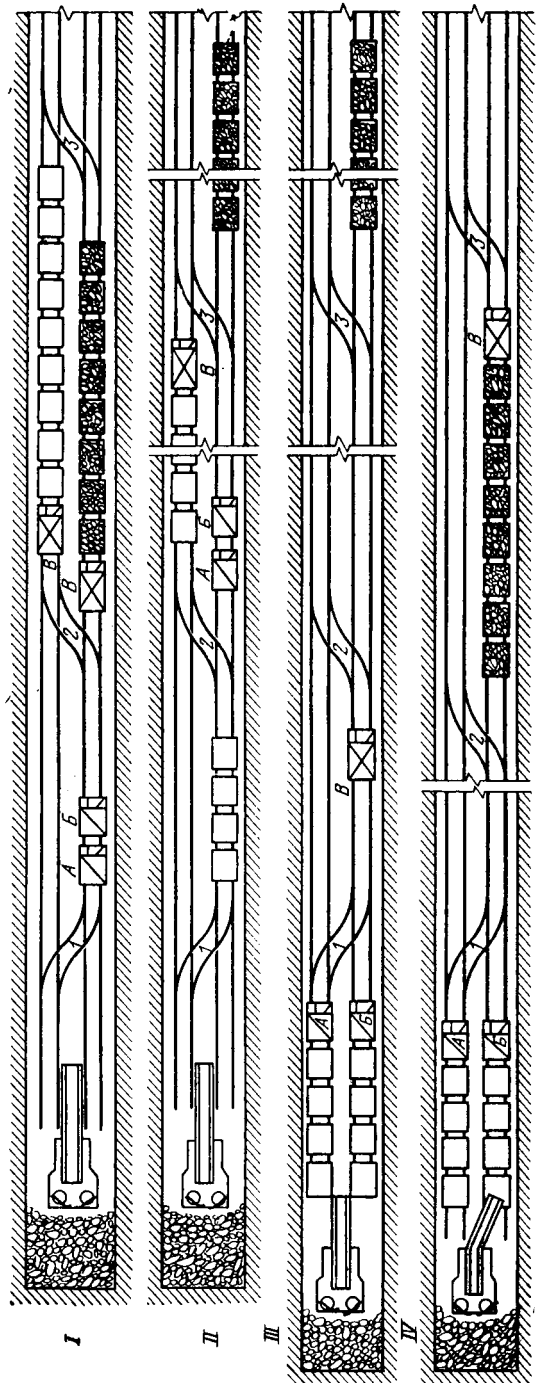


Рис. 49 Схемы призабойного транспорта при работе двух погрузочных машин



П о л о ж е н и е II — магистральный электровоз *B* переходит по стрелке *3* на правый путь, а маневровые электровозы *A* и *B* отъезжают от забоя за стрелку *2* на левый путь. Магистральный электровоз проталкивает порожняковый состав и по стрелке *2* переводит половину его на левый путь.

П о л о ж е н и е III — маневровый электровоз *A* забирает часть порожнякового состава и заталкивает ее через стрелку *1* к забою под погрузку, а электровоз *B* забирает другую часть порожнякового состава и заталкивает ее, минуя стрелку *1*, к забою.

П о л о ж е н и е IV — магистральный электровоз *B* по стрелке *2* переходит на левый путь и подтягивает груженный состав на участок пути между стрелками *2* и *3*. После этого электровоз *B* по стрелкам *2* и *3* переходит в голову груженого состава и отвозит его к стволу шахты или порталу.

Из этой схемы видно, что для осуществления маневров с минимальными задержками на замену груженных вагонеток порожними необходимо иметь три электровоза.

При проведении двухпутных выработок расстояние переноса обычных стрелочных съездов принимается в зависимости от способа транспортирования и емкости вагонеток. При электровозном транспорте это расстояние составляет 100—130 м, при перемещении вагонеток вручную 40—50 м. С увеличением емкости вагонеток расстояние переноса можно увеличивать на 20—25%.

Продолжительность маневров с вагонетками в двухпутных выработках меньше, чем в однопутных, и принимается 1—1,5 мин.

§ 25. Специальное транспортное оборудование и устройства для осуществления маневров

Высокая производительность ряда погрузочных машин (например, типа ПНБ), сложность и продолжительность транспортных маневров, использование при проведении выработки двух, а иногда трех электровозов для осуществления маневровых операций вызывают необходимость применения дополнительных транспортных устройств и специальных конструкций вагонеток, что позволяет наряду с сокращением продолжительности маневров при погрузке породы в определенных условиях (прямолинейная выработка, удобство дальнейшей разгрузки породы из вагонеток и т. д.) практически исключить простои погрузочных машин из-за транспорта. Это возможно при условии, когда суммарная емкость транспортных устройств, размещаемых в забое для погрузки породы, равняется объему взорванной породы за проходческий цикл, т. е.

$$k_0 \eta \mu l S = n \psi_0 v$$

или

$$n = \frac{k_0 \eta \mu l S}{\psi_0 v}, \quad (18)$$

где $k_0 \eta \mu S$ — объем взорванной породы в разрыхленном состоянии m^3 (обозначения см. § 7); n — число вагонеток, одновременно подаваемых под погрузку; $\psi_0 v$ — полезная емкость вагонетки, m^3 .

Такое решение может быть достигнуто путем применения конвейеров, перегружателей или вагонеток большой емкости, оборудованных донными скребковыми конвейерами, и др.

Схема призабойного транспорта при погрузке породы машин типа ПНБ на конвейер показана на рис. 51, а. Машина 1 погружает породу на самоходный ленточный конвейер 2, смонтированный колесном ходу и состоящий из отдельных секций, которые позволяют изменять положение конвейера как в плане, так и по высоте. Для конвейера принята равной длине загружаемого состава вагонеток число которых определяется по формуле (18). Загрузка вагонеток производится при помощи поперечного перегружателя 3. Состав вагонеток подается электровозом 4 на рельсовый путь, расположенный параллельно конвейеру. По мере загрузки очередной вагонетки состав оттягивается от перегружателя. Зазор между вагонетками во время погрузки породы перекрывается металлическими листами. Для использования данной схемы маневровых операций на прямых линейных и криволинейных участках выработки (сбойки, заезд закругления и т. д.) институтом ЦНИИподземмаш разработан самоходный изгибающийся перегружатель «Изгиб-1К», состоящий из отдельных сменных секций. Длина перегружателя от 15 до 37,5 м, ширина 1,3 м, минимальный радиус кривизны 10 м, масса 16,8 т. При применении таких конвейеров-перегружателей для освобождения электровоза от маневровых работ с нерасцепленным составом вагонеток целесообразно использовать маневровые тележки, скорость передвижения которых составляет 0,8—1 м/с.

На рис. 51, б показана схема проведения сбойки между двумя выработками при применении перегружателя 1 типа «Изгиб-1» и маневровой тележки 2 типа ТМ-1. Схема маневров ясна из рисунка.

Непрерывность погрузки породы может быть также достигнута путем применения конвейеров-перегружателей портального типа, располагаемых над составом вагонеток. Один из таких перегружателей показан на рис. 52. Он состоит из следующих узлов: загрузочной секции 1, имеющей бункер 2 для приема породы, приводной секции 3, на которой установлен привод 4, переходной секции с роликами для рабочей и холостой ветвей ленты, четырех промежуточных, взаимозаменяемых секций 6, натяжной секции 7 для натяжения ленты. На секции установлена фара для освещения и форсунка для пылеподавления. Приводная секция опирается на двухосную тележку 8, на которой предусмотрен механизм для регулирования положения перегружателя в боковом направлении. На натяжной секции по обе стороны перегружателя установлены кронштейны с шарнирно-закрепленными на них опорами на колесах 9. Опоры могут поворачиваться на 180° , размещая при этом колеса на основном рельсовом пути с колеями 900 мм или на дополнительном пути с колеями 1800 мм. Длина дополнительного пути устанавливается исходя из условий погрузки.

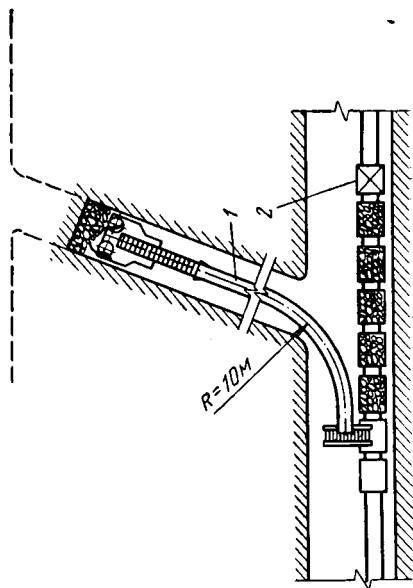
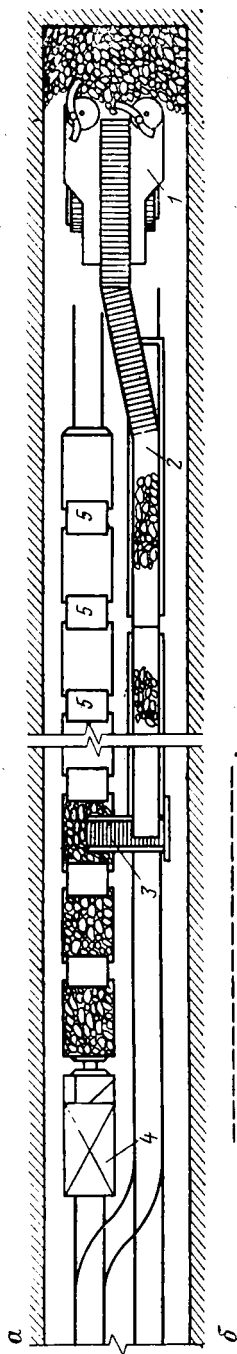


Рис. 51. Схемы призабойного транспорта при применении перегружателя

Различные конструкции перегружателей отличаются главным образом способом размещения опорных секций. Перегрузатель ППЛ-1 подвешивается цепями к каретке, которая передвигается по монорельсовой дороге из двутавровой балки, в перегружатель ПП-1 и ПП-2 концевая секция опирается при помощи выносных роликов на борта вагонеток, перегружатель ППЛ-1К опирается на подошву выработки двумя опорами — передней на колесах и задней на лыжах.

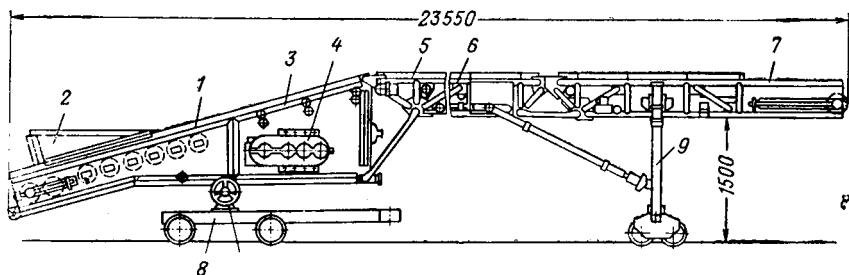


Рис. 52. Перегрузатель УПЛ-2

Производительность перегружателей изменяется от 80 до 150 м³ в зависимости от ширины ленты конвейера. Ширина ленты 600–650 мм, скорость движения 0,65–1,4 м/с. Длина перегружателя 20–30 м, масса 6–7 т.

В Кривбассе применяются перегружатели «Кривбасс-8-55», обе печивающие производительность до 70 м³/ч. Длина порталной части 25 м (на 8 вагонеток емкостью 2 м³). Двигатель пневматически мощностью 9,56 л. с. Длина перегружателя 31,5 м, высота 1,6 м, масса 3,6 т.

Маневры с составом вагонеток при погрузке осуществляются при помощи маневровых тележек или лебедки, смонтированной на платформе перегружателя ПП-1 или ПП-2, реже маневры осуществляют электровозами.

Общая схема организации маневров при применении подвесной перегружателя ППЛ-1 показана на рис. 53, а.

Схема организации погрузки породы при работе в забое двумя погрузочными машинами типа ППМ приведена на рис. 53, б. Порода с помощью боковых течек 1 от погрузочных машин поступает в бункер 2 перегружателя 3, размещенного на междупутье. С перегружателя при помощи разгрузочного устройства 4 порода загружается в вагонетки, находящиеся на обоих рельсовых путях.

Наряду с конвейерами-перегрузателями для обеспечения большей непрерывности и независимости работы погрузочных машин используются большегрузные саморазгружающиеся вагоны. Применение их особенно целесообразно при проведении выработок имеющих непосредственный выход на земную поверхность, т. е. при сооружении тоннелей различного назначения и штолен, и при возможности разгрузки составов в подземных условиях через бункер

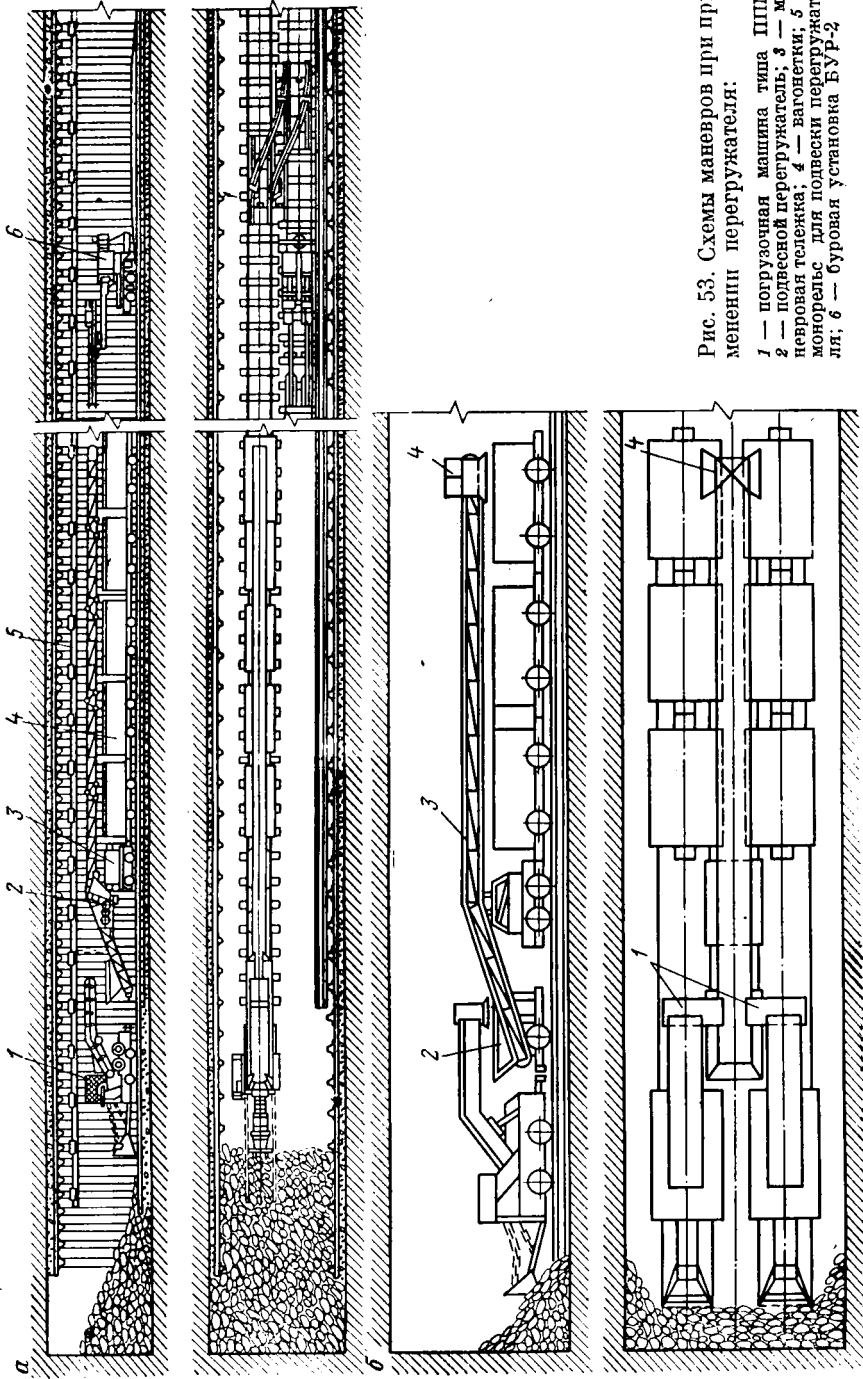


Рис. 53. Схемы маневров при переключении перегружателя:

- 1 — погрузочная машина типа ППМ;
- 2 — подвесной перегружатель; 3 — маневровая тележка; 4 — вагонетки; 5 — монорельс для подвески перегружателя; 6 — буровая установка БУР-2

В настоящее время выпускаются два типа саморазгружающихся вагонов: вагон ВПК-10 без подъемного устройства его кузов (рис. 54, а) и вагон ВПК-7, кузов которого при помощи системы гидравлических домкратов может занять при разгрузке наклонное положение (рис. 54, б). Техническая характеристика саморазгружающихся вагонов приведена в табл. 21. За рубежом саморазгружающиеся вагоны получили значительное распространение и выпускаются фирмой «Хегглюндс» (Швеция).

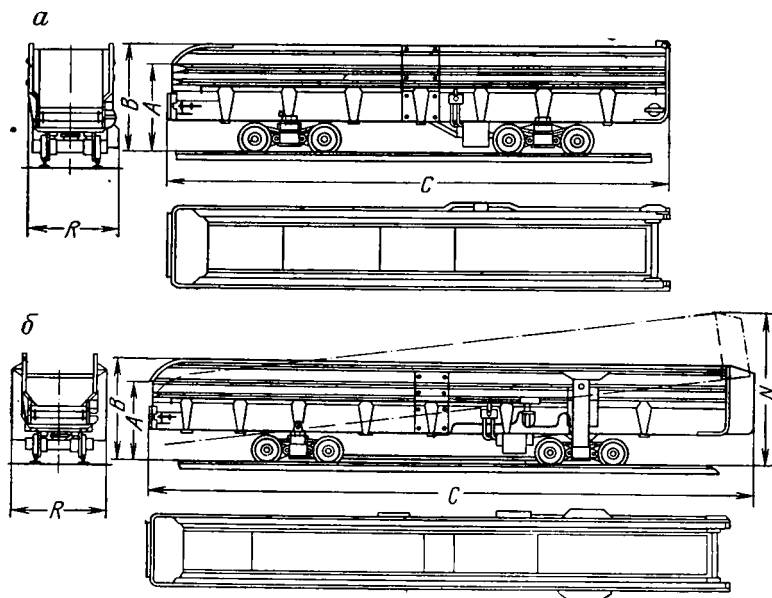


Рис. 54. Саморазгружающиеся вагоны

Состав бункерного поезда из большегрузных саморазгружающихся вагонов обычно комплектуется из трех-пяти вагонов в зависимости от объема породы, погружаемой после взрыва шпуров в забое. Схема погрузки породы в бункерный поезд из саморазгружающихся вагонов показана на рис. 55.

Практика применения саморазгружающихся вагонов указывает на высокую их эффективность (табл. 22).

При проведении камер, выработок ограниченной длины и сложного расположения в плане, а также при проведении параллельных выработок возможно применение самоходных вагонов.

Самоходный вагон состоит из бункера — кузова со встроенным в его днище скребковым конвейером. Кузов смонтирован на самоходном пневмоколесном шасси. Самоходные вагоны имеют электрический привод с питанием от аккумуляторных батарей или от стационарного источника энергии, гибкий кабель от которого наматывается на барабан или сматывается с него в процессе движения вагона.

Таблица 21

Показатели	Тип саморазгружающегося вагона	
	ВПК-7	ВПК-10
лезная емкость, м ³	7,0	10
ляя, мм	600; 750; 900	750; 900
минальный радиус закругления рельсовых путей, м	20	20
и конвейера	Скребокный	
новные размеры (см. рис. 54), мм:		
длина <i>C</i>	8300	10 100
ширина <i>R</i>	1350	1 500
высота:		
в транспортном положении <i>B</i>	1650	1 650
при поднятом кузове <i>N</i>	2700	—
загрузки <i>A</i>	1300	1 350
одолжительность подъема и передвижки кузова, мин	0,9—1,1	—
одолжительность разгрузки вагона, мин	1—1,5	2—3
исло приводов конвейера, шт.	2	2
и пневмодвигателя приводов	ДАР-14м	ДАР-14м
сход воздуха, м ³ /мин	20—23	20—23
асса, т	9,75	12,0

Таблица 22

Показатели	Шахта		
	«Садовая»	№ 15 (СУБР)	«Большевик» (Кривбасс)
ощадь сечения выработки, м ²	11,3	12,2	10,95
и погрузочной машины	ПНБ	ПНБ	ПНБ
сло саморазгружающихся вагонов в гоезде	3	2	5
кость вагона, м ³	9	9	7
днее подвигание забоя в сутки, м	19,9	17,4	23,46
двигание забоя в месяц, м	617,2	537,2	727,3
оизводительность труда одного проходника, м ³ /смену	10,1	6,31	7,3

Самоходные вагоны устраняют необходимость иметь путевые устройства, обеспечивают высокую маневренность и создают предпосылки для более полного использования погрузочных машин. Самоходные вагоны могут работать в выработках с уклоном до 15° обеспечивать длину рейса с кабелем до 400 м.

В практике проведения подэтажных и нарезных выработок при которых системах разработки рудных месторождений применяются челноковые самоходные вагоны-самосвалы ВС-5П. Разгрузка вагона производится путем опрокидывания.

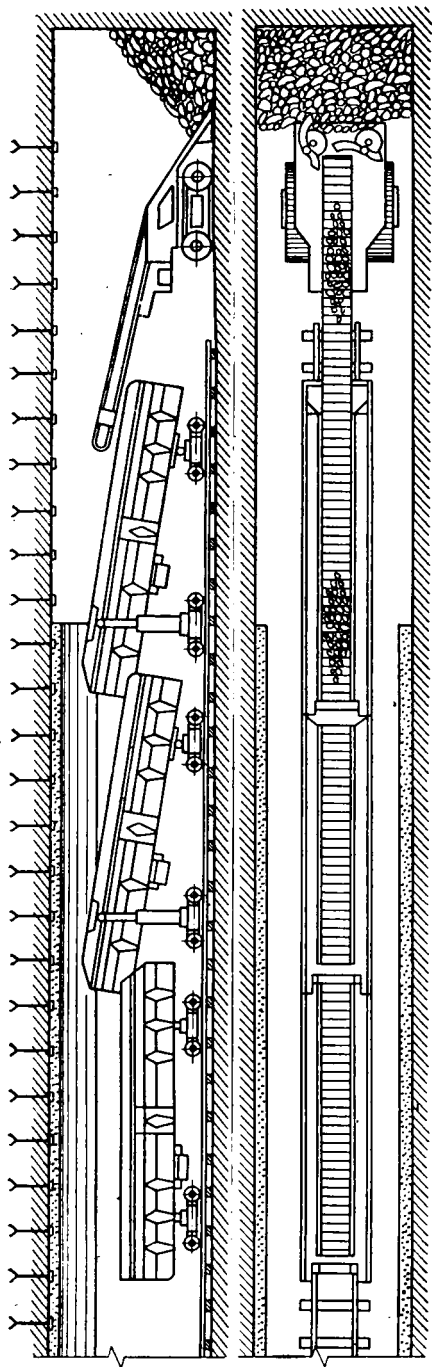


Рис. 55. Схема погрузки породы в бункерный поезд из саморазгружающихся вагонов

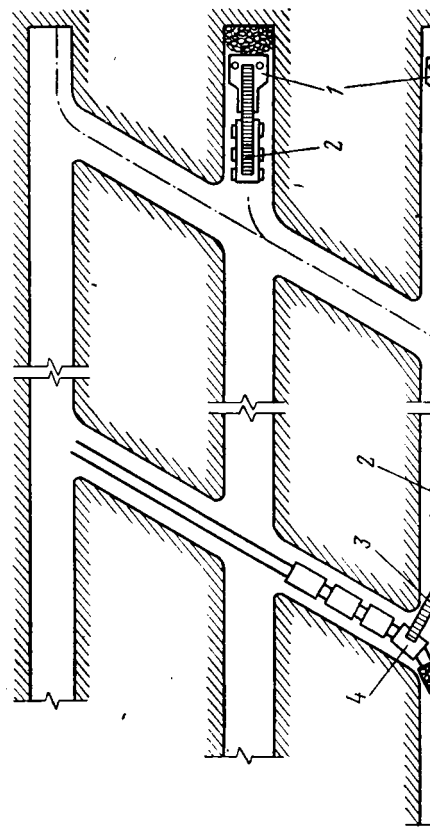


Рис. 56. Схема транспортирования породы самодвижными вагонами.

Пропускная способность транспорта с использованием самоходных вагонов в значительной степени зависит от длины пути транспортирования груза.

Схема транспортирования породы самоходными вагонами показана на рис. 56.

Анализ рассмотренных средств призабойного транспорта и схем неуровных операций при проведении выработок позволяет сделать следующие выводы:

а) схемы маневров у забоя отдельными вагонетками с транспортированием их по рельсовым путям являются наиболее распространенными на практике, хотя и вызывают за счет замены вагонеток ачительные простои, снижение производительности погрузочных шин и требуют применения специальных лебедок или электровозов и осуществления маневров, а также и задалживание значительного количества обслуживающих рабочих. Эти схемы применимы в отдельных выработках значительной протяженности в тех случаях, где не требуется высокая скорость их проведения;

б) применение конвейеров, конвейеров-перегрузателей и большеузных вагонов со встроенными в их днище конвейерами почти полностью исключает маневровые операции и в связи с этим устраняет простои погрузочных машин. Использование этих средств особенно целесообразно при форсированном проведении выработок в частности, выработок, имеющих непосредственный выход на мную поверхность;

в) применение безрельсового транспорта в виде самоходных гонов и погрузочно-транспортных машин целесообразно при проведении группы близко и параллельно расположенных выработок, орудованных единым разгрузочным пунктом, особенно выработок камер околовольных дворов и других подземных комплексов па складах, заводов и т. п.

26. Детали путевых устройств

я организации призабойного транспорта необходимо иметь различные конструкции путевых устройств в виде стрелочных переводов, ит-разминок, перестановщиков и др. Конструкции путевых тройств должны отвечать следующим основным требованиям: обеспечивать минимальные затраты времени, связанные с их пересом вслед за подвиганием забоя; не нарушать при их укладке гоичивости настилаемого вслед за подвиганием забоя рельсового ти и не требовать его перестилки; должны быть легкими и проыми в использовании.

Рассмотрим некоторые, наиболее распространенные конструкции тевых устройств.

Накладная двойная стрелка (рис. 57, а) смонтирована на плитах 1 и 2 и металлических шпалах 3, которые укладываются на рельсовый путь. Для возможности въезда на стрелку концы льсов скошены. На рис. 57, б показана накладная двойная стрелка

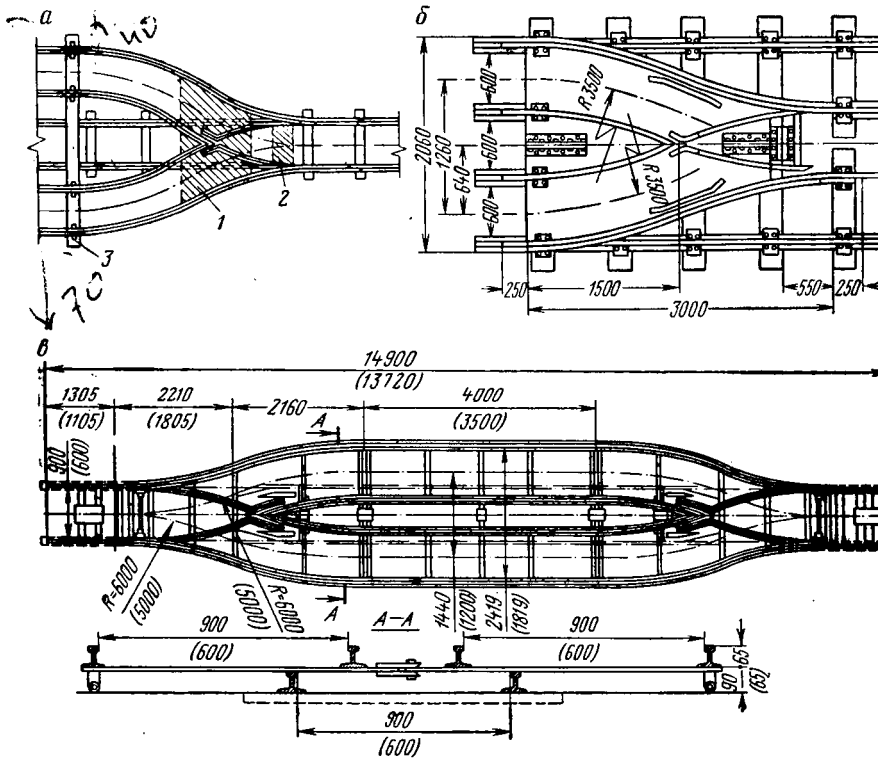


Рис. 57. Накладные двойные стры

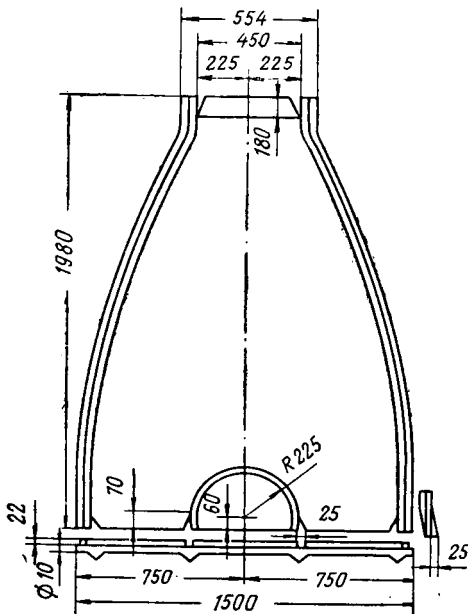


Рис. 58. Плита-разминьва

скользкой конструкции. На плите смонтирован симметричный желочный перевод, укладываемый на рельсовый путь.

Передвижка накладных стрелок производится при помощи поузочной машины или маневровой лебедки, которые захватывают юком стрелку и передвигают ее ближе к забою. Для уменьшения тяги при передвижке стрелок под них подкладывают катки. Для передвижки накладной стрелки требуется около 30 мин, в том числе на перемещение около 10 мин и укрепление стрелки 20 мин

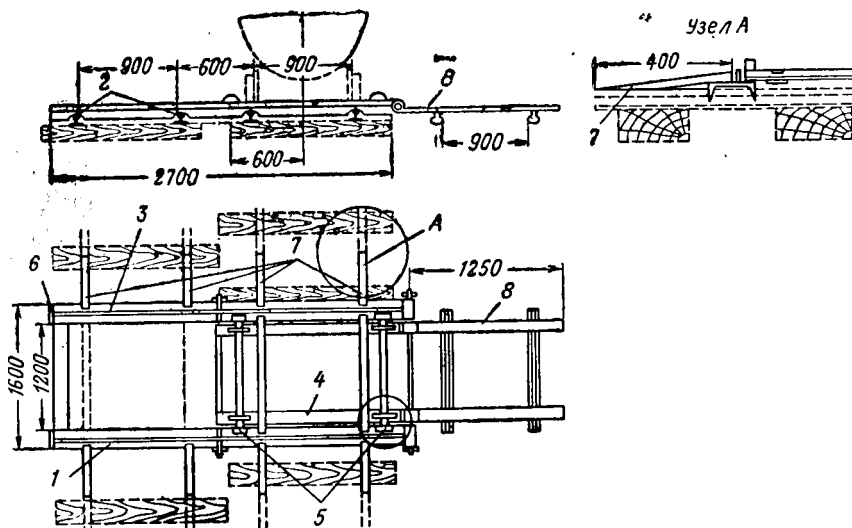


Рис. 59. Роликовая платформа

Общий вид замкнутой разминки, оборудованной накладными стрелками, показан на рис. 57, в. Обычно разминка считается на 5—8 вагонеток и переносится через 15—20 м.

Плита-разминка (рис. 58) изготавливается из листов стали толщиной 10—12 мм. С нижней поверхности плиты для ее гоичивости привариваются реборды, на верхней поверхности еются направляющие для направления движения груженых и рожних вагонеток. Для удобства наезда и съезда вагонеток с плиты еются скосы.

Роликовая платформа (рис. 59) представляет собой му 1, изготовленную из швеллерных балок. Для правильной установки рамы на рельсовом пути в ней сделаны вырезы 2. На раме реллены направляющие уголки 3, по которым перекатывается тележка 4, имеющая ролики 5. Вагонетка накатывается на тележку перекатывается ею на другой рельсовый путь. Положение перекатки тележки фиксируется ограничителями 6. Для того чтобы вагонка без толчков накатывалась на тележку и скатывалась с нее, рельсовые пути у платформы надеваются скошенные концы рельс 7. Для пропуска вагонеток через платформу, минуя тележку,

накладывается отрезок рельсового пути 8, шарнирно связан с рамой платформы. Роликовая платформа располагается на расстоянии 15—20 м от забоя и переносится через 8—10 м.

Переносные звенья. Для обеспечения непрерывно работы погрузочных машин типа ПНН необходимо, чтобы в за подвижением забоя производилась настилка рельсового пути. Так как настилка пути из рельсов нормальной длины исключает то для непосредственной подачи погрузочной машины к забою укладываются временные короткие звенья рельсов длиной 2—4 м, п

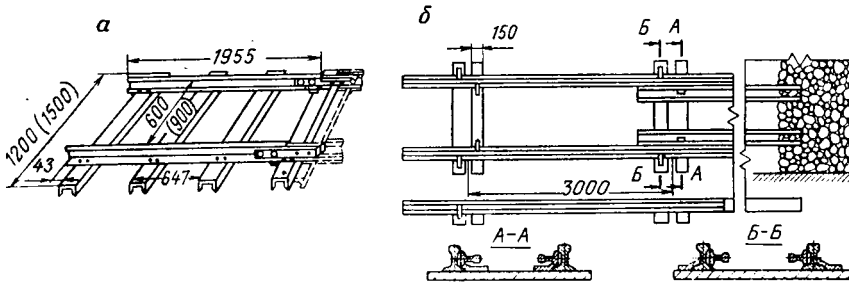


Рис. 60. Устройства для удлинения пути

крепленные к металлическим шпалам (рис. 60, а). Звенья скрпляются между собой при помощи крюков и легко могут быть сняты при замене их постоянным рельсовым путем.

Выдвижные рельсы (рис. 60, б) укладывают на постоянный путь и при помощи распорок плотно прижимают головками к шейкам рельсов постоянного пути. Концы рельсов, направленные к забою, временно скрепляют металлической шпалой. Вагонетка при переходе на выдвижные рельсы движется по их шейке ребрами своих колес. По мере продвижения забоя выдвижные рельсы выдвигают и временно раскрепляют. Когда рельсы будут выдвинуты на полную длину, укладывают в нормальное положение и прикрепляют к шпалам.

§ 27. Монорельсовый транспорт

Вследствие возросшей концентрации горных работ и большой нагрузки на лавы угольных шахт транспорт угля по выемочным штрекам в вагонетках не обеспечивает необходимую производительность. Поэтому штреки оборудуют конвейерами, которые иногда устанавливают в выработке в период ее проведения с последующим использованием их при очистной добыче. Использование в этих случаях при проведении выработок вагонеток также нецелесообразно, так как настилать рельсовый путь только на время проведения выработки, а потом снимать его и устанавливать конвейер нерационально. В этих условиях наиболее целесообразно применение подвесной монорельсовой дороги, так как она может быть использована для доставки материалов в выработку и транспортирования породы.

На рис. 61, а показана схема монорельсовой дороги для доставки материалов. Дорога работает по принципу одноконцевого транспорта и состоит из монорельса 1, выполненного из секций двутавровых балок длиной по 3 м. Монорельс подвешивается к крепи выработки посредством зажимных устройств, растяжек и клещевых захватов (рис. 61, б). По монорельсу при помощи тягового каната 2 и приводной лебедки 3 перемещается контейнер 4, к которому стропами от подъемной лебедки 5 подвешивается пакет 6 транспортируемого материала.

Приводная лебедка 3 подвешивается к монорельсу на катках, что исключает загромождение выработки. Лебедка оборудована канатоукладчиком для навивки тягового каната на барабан. Транспортирование контейнеров с материалами к забою осуществляется приводной лебедкой, а возврат контейнера — вручную путем его подталкивания. Техническая характеристика монорельсовой дороги ДМ-1: дальность транспортирования до 400 м, грузоподъемность 400 кг, средняя скорость движения контейнера 0,6 м/с, мощность привода лебедки 1,4 кВт, масса оборудования дороги 5,5 т.

Для доставки материалов и оборудования в выработках, искривленных по горизонтали, и наклонных (до 15°) применяется канатная подвесная дорога 4ДМ-1. Техническая характеристика дороги 4ДМ-1: грузоподъемность 6000 кг, максимальное расстояние транспортирования 1500 м, скорость движения тележки 1,85 м/с, диаметр каната 15 мм, количество грузовых тележек 4, максимальное тяговое усилие 3,5 тс, мощность электродвигателя 45 кВт.

Схема использования монорельсовой дороги для транспортирования породы из забоя и подачи материалов показана на рис. 61, в. Порода из забоя доставляется скрепером 1 через разгрузочную платформу 2 в вагонетки 3 монорельсовой дороги. Состав порожних вагонеток отцепляется от ходовой тележки монорельсовой дороги и по перекидной стрелке переводится на порожняковую ветвь. Далее вагонетки по одной подаются под погрузку. Нагруженный состав вагонеток 3 прицепляется к ходовой тележке и перемещается ею к разгрузочному пункту. Монорельсовая канатная дорога с успехом была использована при проведении выработки сечением 16 м² на шахте «Верне» (ФРГ). При этом применялись вагонетки емкостью 1 м³ с донной разгрузкой. Загрузка одной вагонетки скрепером с учетом маневров продолжалась в среднем 1,2 мин. Состав из пяти вагонеток загружался за 6 мин. Средняя скорость перемещения состава вагонеток по монорельсовой дороге составляла 1,8 м/с. На разгрузочном пункте состав разгружался за 3 мин. Погрузка и транспортирование породы по выработке (на длину 250 м) при подвигании забоя за цикл на 2,4 м и объеме породы в разрыхленном состоянии 75 м³ осуществлялись в течение 2 ч. На этих работах было занято пять человек в смену.

§ 28. Водоотводные канавки и дренажи

Одновременно с производством основных буровзрывных работ в забое выработки в ее почве у боковой стенки закладывают вспомога-

Рис. 61. Схемы монорельсовых дорог

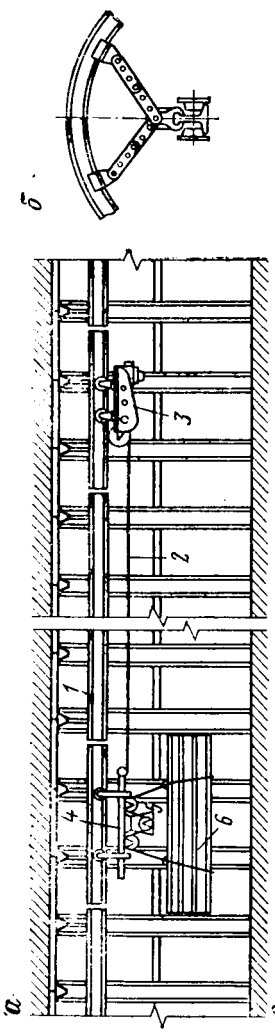
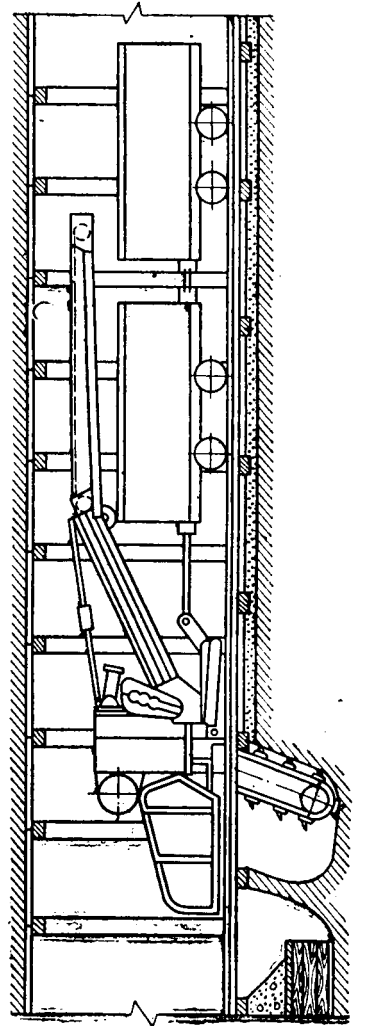
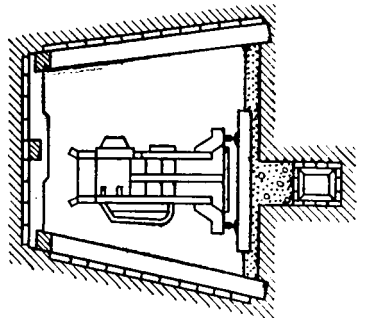
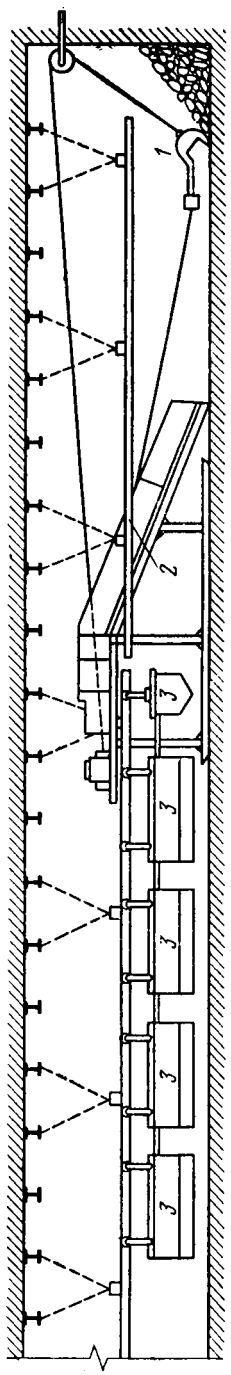


Рис. 62. Схема устройства дренажной канавки при помощи дренажной машины



тельные шуры для устройства водоотводной канавки. В слабых породах водоотводные канавки (дренажи) обычно располагают в центральной части выработки между путями.

Размеры канавок и конструкция их крепи принимаются в зависимости от величины притока воды и крепости пересекаемых пород.

При сложной гипсометрии угольного пласта (в условиях Подмосковского бассейна) водоотводные канавки (дренажи) могут иметь значительную глубину (до 1,3 м и более) и их устройство весьма затруднительно. Для механизации этих работ создана дренажная машина ДМ-2, при помощи которой разрабатывается канавка между рельсами под шпалами в выработках, закрепленных неполной крепежной рамой. Схема работы машины показана на рис. 62. Бар машины углубляется в пространство между шпалами, и машина медленно подается вперед до тех пор, пока не будет выбрана вся порода между шпалами. При подходе бара к следующей шпале его выводят из канавки. Порода баром перегружается на транспортер и далее поступает в вагонетки. По мере разработки канавки ее закрепляют и производят зачистку выработки. Машина ДМ-2 имеет следующую техническую характеристику: производительность 15—20 м/смену, форма сечения канавки — прямоугольная, ширина канавки 450—480 мм, глубина канавки до 1300 мм, мощность электродвигателей машины 27 кВт, размеры машины — длина 8100 мм, высота 1500 мм, ширина 1340 мм, масса машины 4600 кг.

Производительность машины достигала 50 м в смену, производительность труда рабочего при этом составила 5—6,5 м готовой канавки в смену.

§ 29. Прокладка в выработке трубопроводов и кабелей

Трубопроводы и кабели следует располагать в выработках так, чтобы сошедшие с рельсов вагонетки не могли их повредить. В большинстве случаев трубопроводы располагают со стороны людского прохода.

На рис. 63 представлено несколько конструкций крепления трубопроводов в выработках, закрепленных монолитной бетонной, сборной, металлической и деревянной крепью. В горизонтальных выработках трубопроводы монтируют из труб длиной 4—6 м. До места монтажа трубы доставляют на платформе. Монтаж трубопроводов включает подъем труб и соединение их в плетъ. Подъем труб обычно осуществляется стоечным трубоподъемником, представляющим собой распорную металлическую стойку, на которой смонтирована рычажная лебедка грузоподъемностью до 1 т.

Кабели подвешивают на боковой стороне выработок на высоте не менее 1,5—1,8 м. Силовые кабели прокладывают по одной стороне выработки, а контрольные, осветительные, сигнальные и телефонные — по другой. При наличии в выработке трубопроводов силовые кабели располагают на противоположной стороне, а все другие — выше трубопроводов на расстоянии не менее 300 мм.

Конструкции подвесок для кабелей показаны на рис. 64. Расстояние между подвесками принимается не более 3 м, а между кабелями — не менее 50 см. Доставка кабельных барабанов на место монтажа производится на специальных платформах.

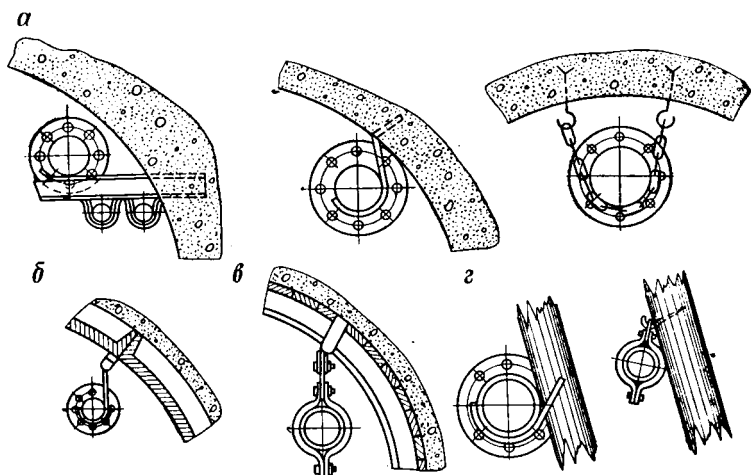


Рис. 63. Конструкция крепления трубопроводов к крепи выработки:

а — монолитной бетонной; *б* — сборной *в* — металлической; *г* — деревянной

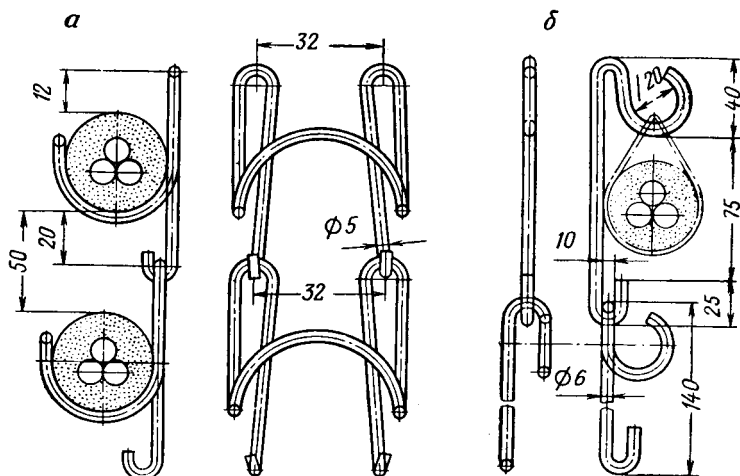


Рис. 64. Конструкции подвесок для кабелей:

а — жесткая; *б* — гибкая

§ 30. Освещение

Для обеспечения безопасной и производительной работы по проведению выработок важное значение имеет интенсивное и вместе с тем равномерное освещение забоя и прилегающей к нему части выработки.

ботки, где производятся маневровые операции и возведение крепи.

Забой выработки целесообразно освещать прожекторами, снабженными рефлекторами, для чего достаточно иметь один или два прожектора. Ближайший к забою участок выработки должен освещаться электрическими светильниками РП-100 и РП-200 на напряжении тока не выше 127 В. Кроме того, каждый рабочий должен иметь светильник индивидуального пользования.

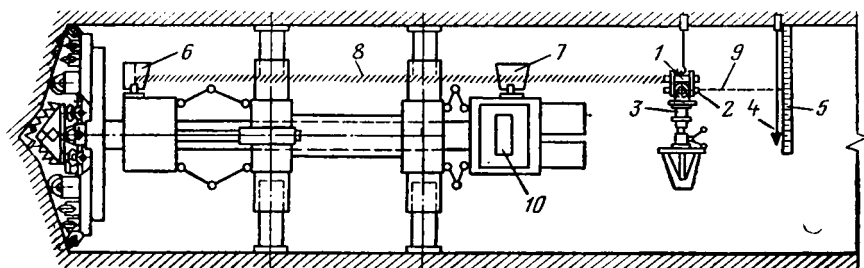


Рис. 65. Схема установки лазерного указателя направления:

1 — лазер, 2 — геодезит-нивелир, 3 — кронштейн крепления, 4 — отвес, 5 — нивелировочная рейка, 6 — передняя мишень, 7 — задняя мишень, 8 — луч лазера, 9 — обратное визирование, 10 — пульт управления.

§ 31. Маркшейдерское обслуживание

В процессе сооружения выработки правильность ее направления контролируется маркшейдерской службой строящегося предприятия.

Направление выработкам в горизонтальной плоскости задается теодолитом и фиксируется не менее чем тремя отвесами, закрепленными на расстоянии 1—3 м, один от другого, или при помощи светового указателя направления УНС-2. Задание проектного профиля выработкам производится нивелиром, теодолитом или специальным шаблонном, снабженным уровнем.

Увеличение скорости подвигания выработок, особенно в результате применения проходческих комбайнов, когда забой обрабатывается сразу на полное сечение, обычные маркшейдерские методы задания направления выработки недостаточны. Для получения постоянного указания проектного направления движения комбайна может быть использована лазерная установка. Лазерный генератор может давать абсолютно параллельное направление излучения высокой интенсивности в виде узкого пучка. ВНИМИ разработан лазерный указатель направления ЛУН-3, в котором использован оптический квантовый генератор ЛГ-56.

Представление о лазерной системе управления проходческим комбайном дает схема, показанная на рис. 65.

На проходческом комбайне устанавливают две мишени. Задняя мишень, расположенная ближе к лазеру, имеет в центре отверстие

диаметром 13—19 мм, а на передней мишени нанесены две пересекающиеся визирные линии. Луч лазера, проходя через отверстия двух промежуточных мишеней, установленных в выработке, и через отверстие в задней мишени комбайна, поступает на переднюю мишень и создает световое пятно на ее поверхности. Когда луч попадает точно на пересечение визирных линий передней мишени, направление комбайна соответствует заданному.

В зависимости от отклонения луча от точки пересечения визирных линий оператор получает данные для корректировки направления движения комбайна. По мере подвигания забоя лазерный указатель переносится через каждые 150—200 м.

Глава VI

ВОЗВЕДЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ КРЕПИ

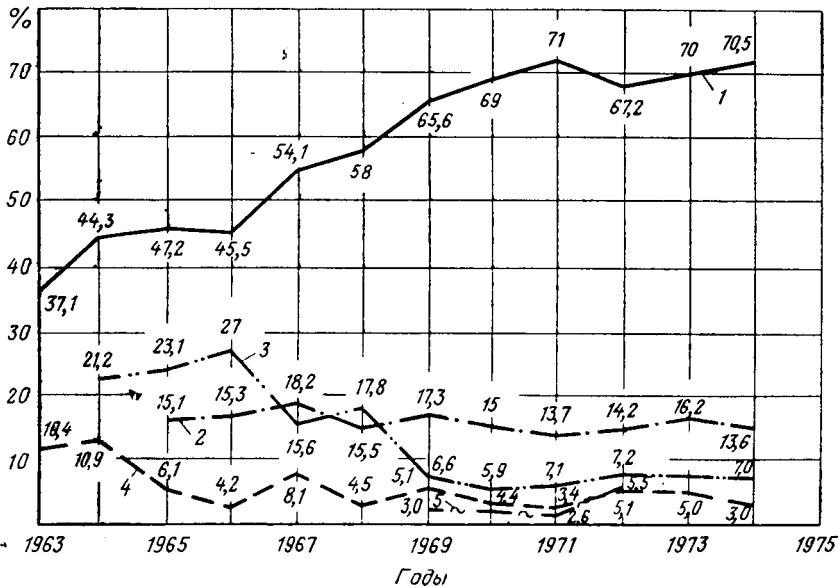
Проведение капитальных горизонтальных выработок ограниченного сечения завершается работами по возведению постоянной крепи. Эти работы являются одними из наиболее ответственных и трудоемких при проведении выработок. От качества возведения крепи в значительной степени зависят способность ее надежно воспринимать давление со стороны горных пород, безопасность работ при эксплуатации выработок и расходы по их поддержанию в рабочем состоянии. Трудоемкость работ по возведению крепи и их организационная сложность часто вызывают необходимость крепления выработки последовательно с другими операциями по их проведению, что значительно уменьшает скорость выполнения работ. Комплекс вопросов, связанных с выбором конструкции крепи, надежностью ее работы и грузонесущей способностью, является предметом изучения в ряде специальных дисциплин. В данном курсе рассматривается только производство работ по возведению крепи различных конструкций.

Постоянная крепь горизонтальных капитальных выработок может быть металлической, монолитной бетонной, сборной железобетонной, металлобетонной, штанговой и в отдельных случаях железобетонной и деревянной.

На рис. 66 приведены графики, иллюстрирующие применение основных видов крепи при проведении капитальных выработок на угольных шахтах-новостройках и в горнорудной промышленности. В угольной промышленности наблюдается весьма значительное применение металлической арочной крепи, почти постоянное с некоторой тенденцией к снижению применения монолитной бетонной крепи, снижение применения сборной железобетонной и деревянной крепи, некоторое увеличение применения металлобетонной крепи.

Разнообразие конструкций крепи капитальных выработок в угольной промышленности обуславливается различием горно-геологических условий и, следовательно, величиной и направлением горного

а



б

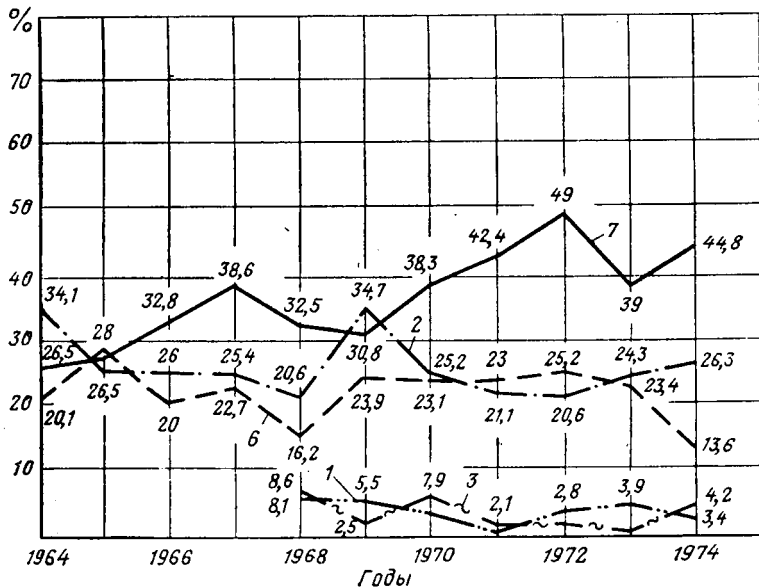


Рис. 66. Применение различных конструкций постоянной крепи выработок по годам в угольной промышленности (а), в горнорудной промышленности (б):

1 — металлическая; 2 — монолитная бетонная; 3 — деревянная; 4 — сборная железобетонная; 5 — металлобетонная; 6 — штанговая; 7 — набрызгбетонная

давления, формой и размерами сечения выработок, сроком их службы назначением и рядом других факторов. Большое значение при выборе крепи имеют трудоемкость ее возведения и уровень механизации работ.

В горнорудной промышленности, где более благоприятные геологические условия, применяется в основном крепь трех видов из набрызг- и торкрет-бетона, штанговая и из монолитного бетона.

Работы по возведению постоянной крепи капитальных выработок являются весьма трудоемкими. Уровень механизации этих работ значительно ниже, чем остальных горнопроходческих работ. В результате этого относительные затраты времени на крепление выработок составляют более одной трети общей продолжительности основных операций проходческого цикла, достигая 36%.

Частичные успехи в области механизации работ по креплению в настоящее время достигнуты лишь при возведении крепи из монолитного бетона и набрызгбетона.

§ 32. Возведение металлической крепи

Для крепления протяженных капитальных выработок в основном применяют арочные податливые крепи из желобчатого спецпрофиля.

Арочная податливая крепь из спецпрофиля. Крепь изготавливается из балок специального взаимозаменяемого профиля (СВП) массой 122 и 27 кг/м. Крепь представляет собой отдельные арки, устанавливаемые на расстоянии 0,5—1,25 м одна от другой. Арки могут быть собранными из трех звеньев (крепь АКП-3) при податливости (смещении кровли выработки) до 100 мм и арки из пяти звеньев (крепь АКП-5) при податливости более 300 мм. Наибольшее распространение получили трехзвенные арки.

Звенья арки соединяют при помощи скоб с планками. Для придания крепи продольной устойчивости арки скрепляют между собой межарочными продольными стяжками. Для предохранения стоек арки от вдавливания в породу почвы их снабжают опорными балками.

В последнее время намечается применение секционной арочной крепи (крепь КСМ), состоящей из двух податливых арок из спецпрофиля, скрепленных продольными стяжками, и межарочного ограждения из металлической сетки. Одна секция закрепляет 1,6 выработки.

В зависимости от площади сечения выработки ДонУГИ рекомендует применять: профиль массой 17 кг/м — в выработках площадью сечения до 7 м² в свету, профиль массой 22 кг/м — в выработках площадью сечения 7—10 м² и профиль массой 27 кг/м — в выработках площадью сечения более 10 м².

Установка арочной крепи начинается с боковых элементов арки, которые скрепляют при помощи межарочных стяжек с ранее установленными арками. После проверки вертикальности боковых элементов устанавливают верхнюю часть арки путем накладывания ее концов на боковые элементы арки и сжатия их в местах соединения скоб.

тами. При накладке верхнего элемента арки на боковые величина напуска должна быть до 40 см. Стяжные скобы необходимо располагать на расстоянии 10 см от концов элемента арки.

При установке арки стяжные скобы полностью не затягивают, окончательная затяжка производится после того как арка воспримет нагрузку со стороны горных пород. Межарочное ограждение выработки выполняется установкой затяжки.

Затяжки могут быть изготовлены из дерева, железобетонных плит различной формы, металлических решеток, стеклопластиков и др.

В настоящее время наибольшее распространение (около 80% по протяженности выработок) имеют затяжки из дерева (досок и облод). Однако малый срок службы, незначительная несущая способность и значительная трудоемкость установки деревянных затяжек (до 30—36% трудоемкости крепления выработки) не позволяют рекомендовать их для крепления капитальных горных выработок.

Железобетонные затяжки по своей форме разработаны нескольких видов. В табл. 23 приведены формы и размеры некоторых видов железобетонных затяжек. Большая масса железобетонных затяжек, невысокая прочность, что затрудняет при наличии значительно горного давления уменьшать расстояние между арками, и большая

трудоемкость их установки (до 40—52% общей трудоемкости крепления выработки) не позволяют признать их достаточно совершенными. В связи с этим ЦНИИПодземмаш разработал металлические решетчатые затяжки (рис. 67), представляющие собой решетку размерами 1,0 × 1,0 м, 1,5 × 1,0 м, сваренную из проволоки. Решетка выполняется из пяти продольных прутков проволоки диаметром 5—6 мм и 15—20 поперечных прутков диаметром 3—4 мм, размеры ячеек 60 × 200 мм. На концах продольных прутков заварены петли, в которые вставляются стержни диаметром 8—10 мм и длиной 1,1 м, соединяющие смежные затяжки по длине выработки. В поперечном направлении затяжки соединяются путем совмещения продольных прутков и отгиба нескольких поперечных прутков. Масса затяжки с соединительным стержнем при ее размере 1,0 × 1,0 м составляет 2,4 кг/м², а при размере 1,5 × 1,0 м — 3,5 кг/м². Несущая способность затяжки 8,5 тс/м². Применение металлических решетчатых затяжек на ряде шахт Донбасса подтвердило их работоспособность и достаточную несущую способность. К недостаткам

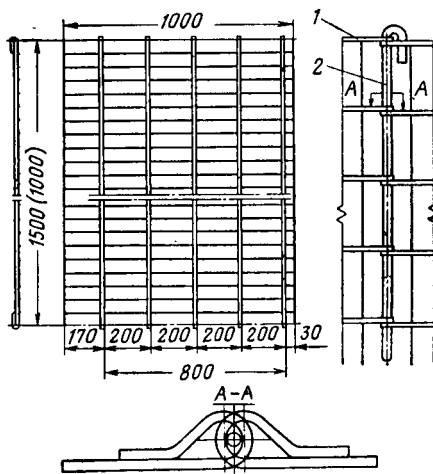
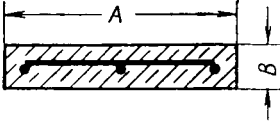
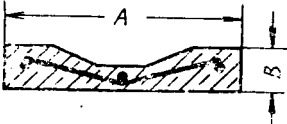
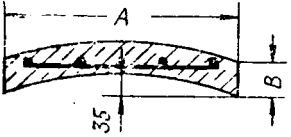
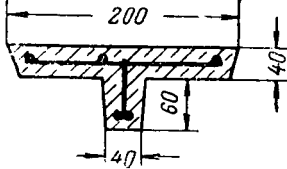


Рис. 67. Решетчатая металлическая затяжка:

1 — затяжка; 2 — соединительный стержень

Таблица

Сечение железобетонной затяжки	Размеры, см			Масса, кг	Несущая способ- ность, тс/м ²	Расход на одну затяжку	
	А	В*	В			стали, кг	бетон л
Плоское 	100 120 150 140	20 20 20 20	5 5 5 5	25 30 38 35	3—4 3—4 4—5 4—5	1,27 1,52 2,95 2,85	10 12 15 14
Кессонное 	100	20	5	20,8	3—3,5	0,64	8,3
Круговое 	100	20	4	19	—	1,2	8,0
Тавровое 	—	—	—	18	—	0,760	17

* Ширина затяжки.

таких затяжек надо отнести их коррозию под влиянием различных агрессивных воздействий (влажность воздуха, вода и др.). В связи с этим возникает необходимость антикоррозийных покрытий затяжки. За рубежом применяют сварные решетчатые затяжки с продольными прутками диаметром 8 мм и поперечными диаметром 4,6 мм. Размер ячеек 100 × 100 мм. Ширина затяжки принята 0,5 а длина равна шагу арочной крепи. Масса одной затяжки 3—4,4 кг

Операции	Затраты труда на 1 м выработки (чел-ч) при площади сечения, м ²	
	7,9	12,6
Оборка кровли и боков с частичным окон- туриванием выработки	0,92 (11,9)	1,61 (10,3)
Долбление лунок	0,73 (9,5)	1,05 (6,7)
Установка арок	3,05 (39,7)	8,01 (51,0)
Затяжка боков и кровли	3,0 (38,9)	5,03 (32,0)
	7,7 (100)	15,7 (100)

Опыт применения металлических затяжек позволяет считать их перспективными.

На шахтах Карагандинского угольного бассейна нашли известное применение затяжки из стеклоткани. Их изготовляют из вязально-прошивной стеклоткани типа ВП с покрытием из огнестойкого состава на основе смолы МФ-17. Длина затяжки 5 м, ширина 0,7 м. Испытания затяжек выявили полную их работоспособность и значительное снижение трудоемкости при их установке по сравнению с деревянными затяжками.

За рубежом в качестве затяжки находит применение набрызг-бетон, который наносят на металлическую сетку. Такая оболочка хорошо предохраняет породы от выветривания и обеспечивает равномерное распределение опорных усилий по периметру арок.

По мере установки металлических арок и затяжек пространство за ними должно быть тщательно забучено породой. Только при этом условии можно добиться равномерной передачи опорной нагрузки на арки. Поэтому необходимо применять контурное взрывание шпуров и механизированные способы забутовки крепящего пространства. Затраты труда на крепление выработок податливой арочной крепью в основном зависят от величины сечения выработки (табл. 24). Из данных табл. 24 видно, что при возведении арочной крепи наиболее трудоемкими операциями являются установка арок и затяжка боков и кровли выработок.

§ 33. Возведение сборной железобетонной крепи

Сборная железобетонная крепь имеет много различных конструкций, из которых наибольшее применение при проведении подготовительных выработок нашла смешанная крепь трапециевидной формы. Эта крепь имеет две железобетонные пустотелые стойки круглого или прямоугольного сечения и металлический верхняк из двутавровых балок или профилей типа СВП.

Таблица 2

Показатели	Тип крепеукладчика		
	УТ-1М	К-1000	ГС-0,3-1
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	10—16	6—14	7—14
Грузоподъемность, кг	600	1000	600
Основные размеры, мм:			
высота	2150	1500	1600
длина	3400	5200	5500
ширина	1350	1950	1170
Масса, кг	4170	7000	6500

При проведении капитальных выработок наибольшее распространение получили крепи из железобетонных тубингов. Железобетонные тубинги по конструкции могут быть подразделены на две группы: крупноразмерные ребристые тубинги КТАМ и гладкостенные тубинги ГТК и КТАГ.

Ребристые тубинги КТАМ и гладкостенные КТАГ разработаны ВНИИОМШСом. Они имеют следующие размеры: длина 1400—1600 мм, ширина 1000 мм, толщина ребра 200 мм, толщина плиты 60 мм; масса тубинга 430—470 кг. Несущая способность тубингов для однопутных выработок 30 тс/м², для двухпутных 40 тс/м².

Гладкостенные тубинги ГТК разработаны КузНИИшахтостроем. Размеры тубингов: длина 1700—2135 мм, ширина 750 мм, толщина ребра 200 мм, толщина плиты 80 мм; масса 412—530 кг, несущая способность 20 и 30 тс/м². Тубинги ГТК изготавливаются девяти типоразмеров, что позволяет применять их для выработок площади сечения в свету 6—26 м². Крепь из тубингов ГТК имеет незамкнутую круговую форму с постоянным радиусом кривизны. В продольном направлении крепь состоит как бы из ряда арок.

Крепление железобетонными тубингами осуществляют следующим образом. Предварительно осматривается забой и обирается порода с боков и кровли. Подготавливается котлован и выравнивается почва в нем под нижние тубинги. Доставляются тубинги на открытых платформах, на каждую из которых укладывается то число тубингов, которое необходимо для возведения одной арки крепи. Монтаж тубингов осуществляется при помощи самоходных крепеукладчиков. Техническая характеристика ряда конструкций крепеукладчиков приведена в табл. 25. При помощи крепеукладчиков можно осуществлять погрузку и разгрузку тубингов, их захват подъем и установку в проектное положение в выработке. Первые две — три арки устанавливаются при помощи шаблона, изготовленного в виде металлической арки из спецпрофиля СВП-17 с размерами, соответствующими внутреннему радиусу устанавливаемой тубинговой крепи. За установленный шаблон заводят первые тубинги с обоих боков выработки. После установки двух — трех арок

крепи шаблон демонтируют и последующий монтаж тубингов производят без него. Тубинги в арке крепят соединяют между собой по плоским опорным поверхностям, направленным по радиусу выработки. Тубинги смежных арок устанавливают с перевязкой горизонтальных швов полутубингами, которые располагают в одной арке слева, а в смежной справа. Соединение тубингов между собой осуществляется через специальные металлические проушины, привариваемые в процессе изготовления арматурных каркасов, болтами диаметром 16 мм и длиной 130 мм. В местах стыкования тубингов швы между ними тщательно расклинивают деревянными клиньями. Расклинка швов производится одновременно с обеих сторон арки от почвы в направлении к своду. Монтаж арки крепи завершается установкой последнего тубинга в замковой части арки. После установки 10—15 арок из тубингов крепь у почвы выработки замоноличивают бетоном.

Для обеспечения совместной работы крепи с окружающими породами закрепное пространство должно быть тщательно и равномерно по всему периметру выработки забучено породой. Обычно заполнение пустот в закрепном пространстве выполняется вручную, при этом

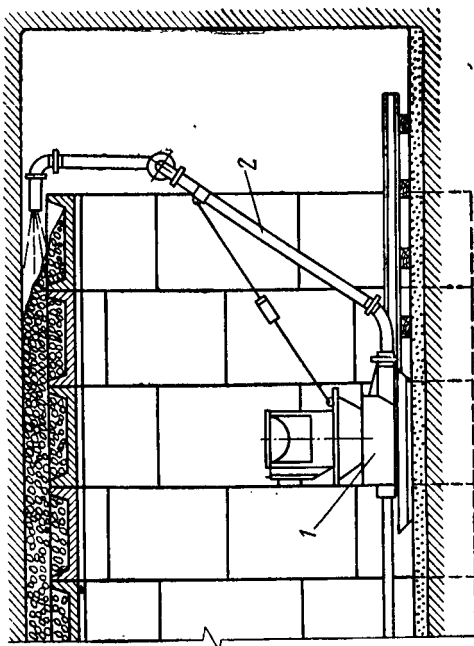
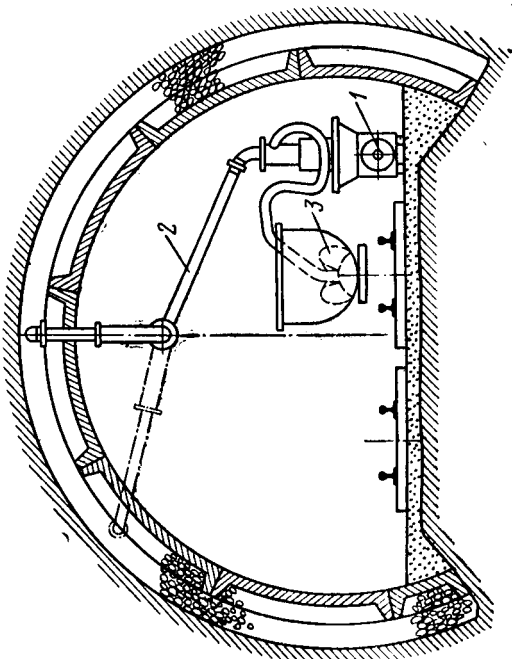


Рис. 68. Схема механизации забутовочных работ с применением комплекса ЗК-1

качество работ в большинстве случаев является недостаточно высоким, кроме того, затраты труда на ручную забутовку составляют 35—40% общей трудоемкости крепления.

Для механизации забутовочных работ ВНИИОМШСом сконструирован забутовочный комплекс ЗК-1 (рис. 68). Он имеет рабочий орган в виде струйного забутовочного аппарата, установленного на салазках 1. Струйный аппарат по трубопроводу 2 диаметром 100 мм подает забутовочный материал максимальной крупности 50 мм. Материал подается в горизонтальном направлении на 10—30 м и в вертикальном направлении на 5—7 м. Забутовочный материал подается в вагонетках, а далее при помощи грейферного загрузочного устройства 3 перегружается в приемную воронку струйного аппарата.

Техническая характеристика струйного забутовочного комплекса ЗК-1 следующая: производительность 5—7 м³/ч, расход сжатого воздуха 18—22 м³/мин, удельный расход воздуха 200—250 м³ на 1 м³ забутовочного материала.

Для заполнения закрепного пространства за рубежом находят применение в качестве заполнителя природный ангидрит. Ангидрит в размолотом состоянии поступает к месту работ от дробильной установки по закладочному пневмопроводу диаметром 100 мм. В выработке, в зоне крепления производится смачивание ангидрита вспыскиванием активатора. Из закладочного трубопровода активированный ангидрит поступает за крепь. Трудоемкость по заполнению закрепного пространства выработки ангидритом в количестве 2—2,2 м³ на 1 м длины выработки составляет около 150 чел-мин. Средняя прочность ангидрита не уступает прочности набрызгбетона. Для снижения объема закрепного пространства необходимо обязательное применение контурного взрывания.

Переходя к оценке тюбингов КТАМ (ребристых) и ГТК (гладкостенных), надо отдать предпочтение последним, так как они при прочих равных условиях обладают значительно меньшим коэффициентом аэродинамического сопротивления (в 4—5 раз меньше по сравнению с ребристыми тюбингами), что весьма важно для угольных шахт при тяжелом газовом режиме.

Процесс возведения сборных железобетонных крепей весьма трудоемкий. Например, при проведении полевого штрека сечением в свету 16,2 м² на шахте «Распадская» (Кузбасс) на установку одной арки из тюбингов ГТК расходовалось 650 чел-мин, или 880 чел-мин на 1 м выработки. Также необходимо отметить, что степень механизации крепления выработки тюбингами невысока. По существу механизированы лишь подъем и установка тюбингов, удельный вес которых в общем балансе затрат труда по креплению составляет около 38%, а на ручные операции приходится 60%, из них на сблочкивание тюбингов 34% и на забутовку 17%.

Сборная железобетонная крепь из тюбингов нашла применение в Кузбассе, где ею закрепляется около 10—15% общей протяженности выработок, и на шахтах Печоршахтостроя — около 20% протяженности выработок. Совершенствование работ по забутовке

пространства за крепью и возможное сокращение их в результате применения контурного взрывания, а также механизация работ по сболчиванию тубингов позволят расширить применение этого вида крепи при проведении капитальных выработок.

§ 34. Возведение блочной бетонной крепи

Для крепления капитальных выработок на шахтах большой глубины и в сложных горно-геологических условиях возможно применение блочной бетонной крепи.

Блоки имеют клиновидную форму и изготавливаются из бетона марки 300—500. Толщина блоки 300—400 мм (обычно 300 мм); по периметру крепи блоки имеют размер в среднем 600 мм и по длине выработки 500 мм, масса блока 280 кг. За рубежом (Бельгия) бетонные блоки применяются меньших размеров (толщина блока 500 мм и масса до 130 кг) и изготавливаются из высокопрочного бетона (800—1000 кгс/см²).

Грузонесущая способность блочной крепи порядка 50—80 тс/м². Для придания блочной крепи податливости между блоками размещают деревянные прокладки толщиной в своде 30 мм, в стенах 40 мм. Прокладки должны быть многослойны с расположением волокон одного слоя перпендикулярно к волокнам другого слоя. Наилучшими являются прокладки из синтетических материалов и, в частности, прокладки, изготовленные на основе полистироля.

Для сборки блоков они снабжаются монтажными петлями или монтажными отверстиями с лицевой стороны блока для заводки подъемного крюка. Для возведения блочной крепи применяется крепеукладчик МШ конструкции НИИОГР (рис. 69). Он представляет собой два спаренных шаблона 1, жестко соединенных между собой связями 2 и укрепленных на тележке 3. Подъем и опускание верхней части шаблона производится двумя винтовыми домкратами 4. На замковой части шаблона с одной стороны расположен направляющий блочек 5, а с другой — съемный рольганг 6 с цилиндрическими роликами, по которым перемещаются блоки в процессе укладки их в кольцо крепи. Такие же ролики 7 установлены по периметру сводчатой части шаблона. Крепеукладчик передвигается по двум балкам 8. От опрокидывания при возведении крепи крепеукладчик удерживается винтовыми упорами 9 и стопорным устройством 10. Подъем блоков на крепеукладчик производится лебедкой, установленной на платформе в выработке, которая перемещается по рельсовому пути. Укладка блоков начинается с обратного свода крепи выработки. Блоки подаются к месту укладки при помощи консольно-выдвижной балки 11 с подвешенным к ней съемным блочком. Вначале укладывается центральный блок, а далее весь ряд блоков. Обычно в обратном своде сразу укладывается 5—6 колец (рис. 70, а). После укладки блоков обратного свода и проверки их по маркшейдерским реперам приступают к креплению стен и верхнего свода (рис. 70, б). Затем крепеукладчик передвигается на новую заходку, канат от лебедки с петлей на конце пропускается через

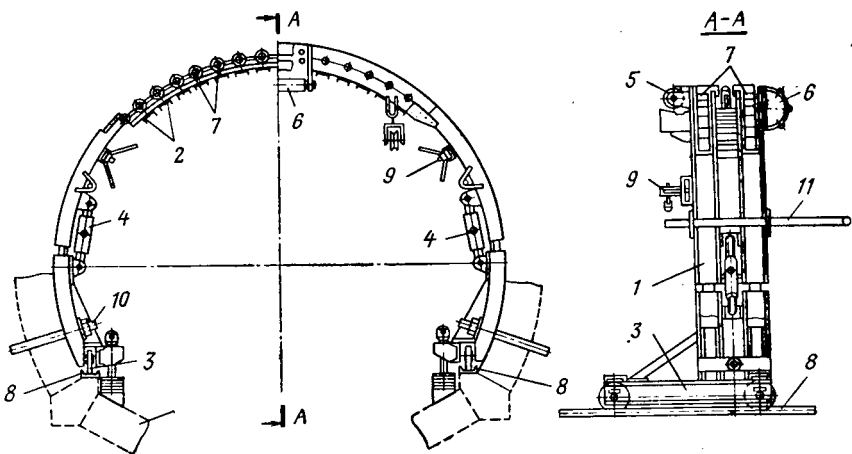


Рис. 69. Крепеукладчик блочной крепи МШ

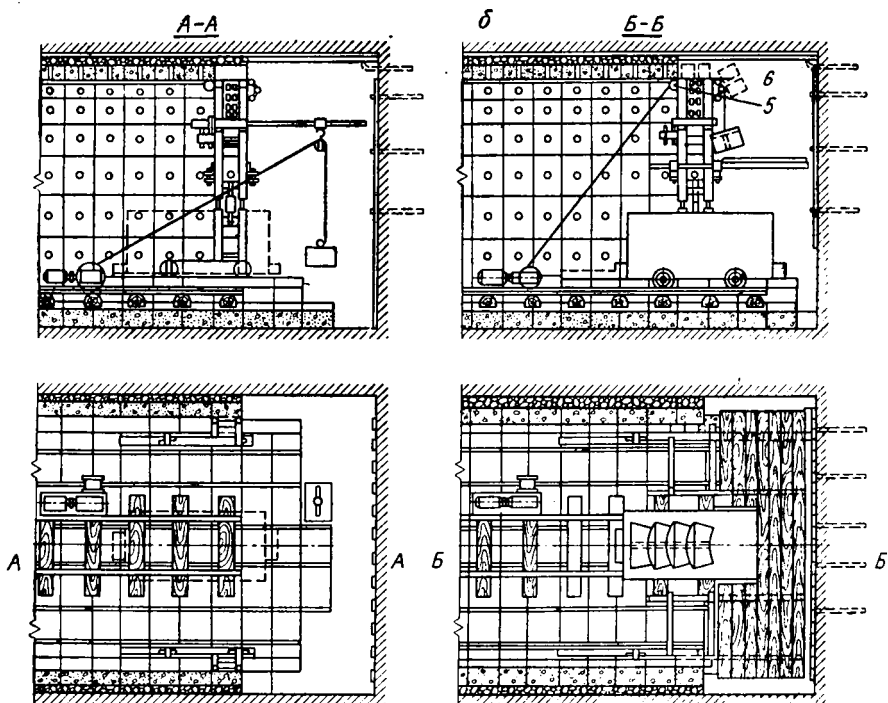


Рис. 70. Схема возведения блочной крепи

правляющий блочек 5 и рольганг 6 и закрепляется ломиком на кр. Блоки поднимаются по рольгангу в замковую часть крепежника и по роликам перемещаются попеременно в правую или левую часть выработки. При движении по образующей шаблона крепежника блоки должны удерживаться тормозом лебедки и осторожно направляться рабочими при помощи ломиков. После установки очередного блока канат освобождается, блок выравнивается, а закрепное пространство тщательно забучивается породой. Одновременно с укладкой блоков устанавливаются податливые укладки. Замковый блок задвигается по рольгангу последним. Затем крепежник передвигается для укладки блоков следующего ряда.

Блочная крепь была применена при проведении полевого штрека площадью сечения $12,2 \text{ м}^2$ на шахте № 1 «Кузлярская» (Челябинск-обл.). В кольце укладывалось 20 блоков (7 блоков в обратном своде и 13 в верхнем своде). На крепление было занято 6 рабочих. За смену укладывалось в среднем 80 блоков, или 4 кольца. На возведение временной и постоянной крепи затрачивалось 2710 чел-миг, что составляет около 59% общей трудоемкости работ по проведению река.

При испытании блочной крепи на шахте «Октябрьский рудник» (Ленбасс) в квершлагах на глубине 740 м в неустойчивых породах и при нагрузке 44 тс/м^2 в течение четырех лет находилась в удовлетворительном состоянии.

Блочная крепь получила большое распространение в Бельгии, где в Кампинском угольном бассейне закреплено ею более 350 км литальных выработок и ежегодно крепится 10—15 км. В выработках на глубине 700—1040 м при длительном сроке службы (с 50-х годов) крепь находится в удовлетворительном состоянии.

В практике гидротехнического строительства при сооружении горных деривационных тоннелей находит применение сборная крепь в виде колец-блоков. Так, при сооружении гидротехнического тоннеля ГЭС «Глокнер-Капрун» (Австрия) была принята крепь в виде кольца диаметром в свету 3,25 м, собранного из шести железобетонных блоков с предварительным напряжением при помощи витков стальной проволоки.

При сооружении гидротехнического тоннеля Алмаатинской ГЭС-2 применялись кольца-блоки с внутренним диаметром 2 м при толщине стенки 10 см и длине кольца 2,5 м.

Кольцо-блок крепи и тележка для его перевозки и установки показаны на рис. 71.

Схема транспортирования и установки кольца-блока крепи приведена на рис. 72, где показаны следующие этапы производства работ:

I — блок на тележке в транспортном положении электровозом перемещается по тоннелю;

II — заводка вспомогательных скатов тележки в ранее установленный блок;

III — подъем передней каретки;

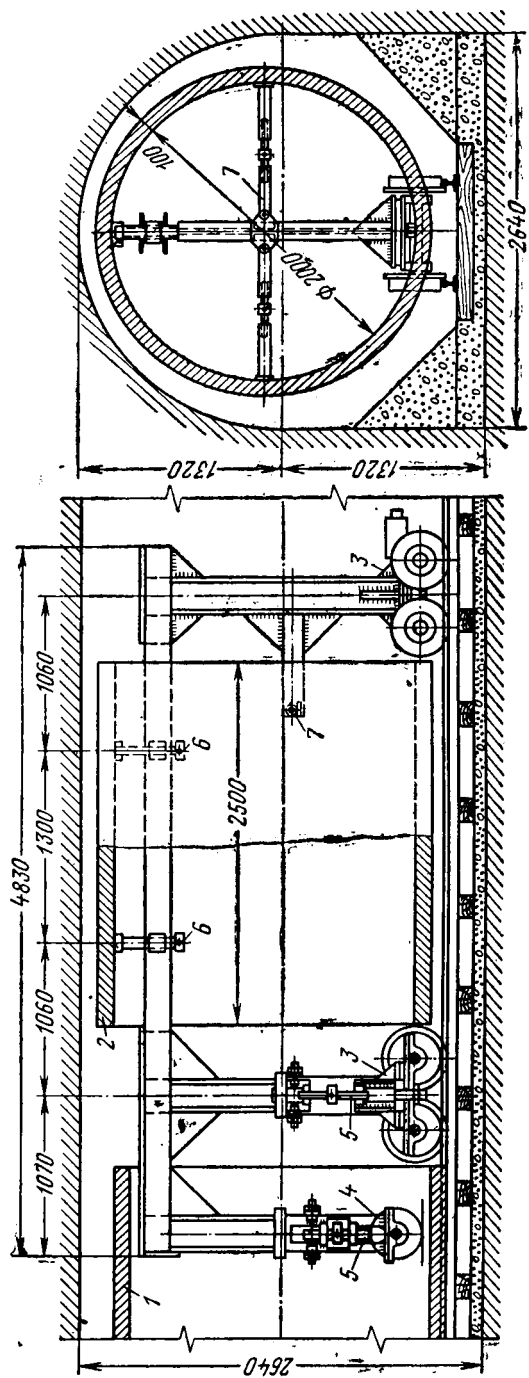


Рис. 71. Кольцо-блок крепи и тележка для его перевозки:

1 — установленный в проектное положение блок крепи; 2 — транспортируемый блок; 3 — двухосные каретки; 4 — вспомогательные скаты; 5 — домкраты подъема блока и вспомогательного ската; 6 — вертикальные домкраты подъема блока; 7 — горизонтальные; распорные домкраты

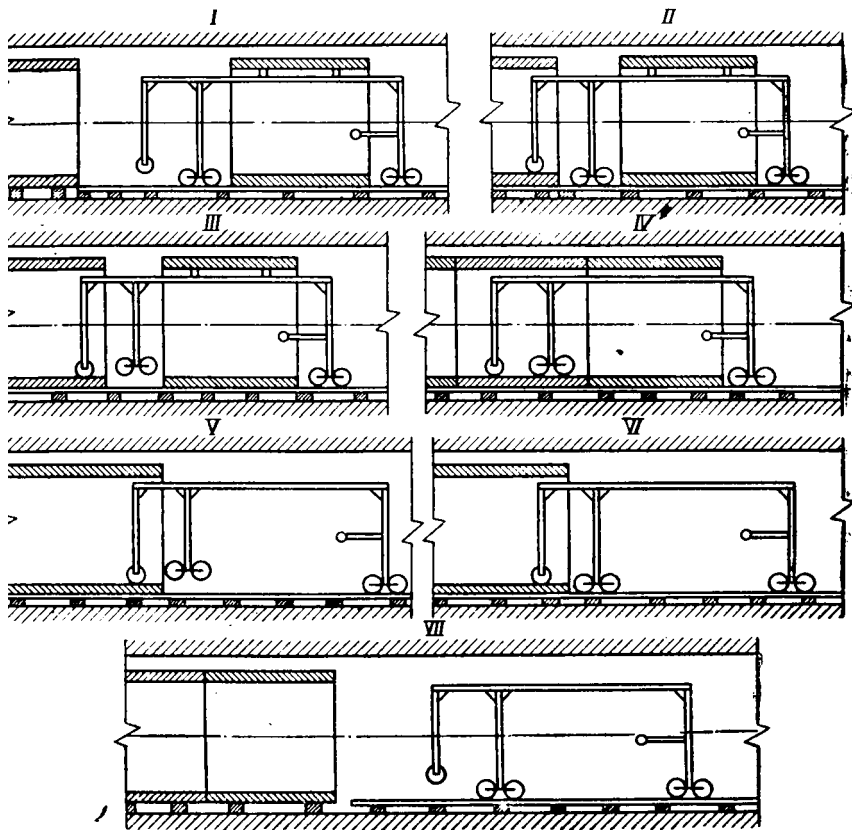
IV — установка блока в проектное положение на уложенные по шпале тоннеля прокладки;

V — вывод из блока передней каретки;

VI — опускание передней каретки;

VII — движение тележки за следующим блоком.

После установки восьми колец-блоков на отрезке тоннеля длиной 1 м закрепное пространство заполняется гравием при помощи



ис. 72. Схема установки кольца-блока крени

оноукладчика, а швы между кольцами-блоками тампонируются гравийным раствором. При такой организации работ бригадой рабочих из 4 человек за смену устанавливалось 8 колец-блоков (20 м).

35. Возведение штанговой крепи

Штанговая крепь с каждым годом находит в горной промышленности подземном строительстве все большее применение. Достаточно сказать, что применение штанговой крепи при креплении выработок угольных шахт увеличилось с 200 км в 1970 г. до 650 км в 1973 г.

В горнорудной промышленности штанговой крепью крепится свыше 25% общей протяженности закрепляемых выработок. При разботке калийных солей (комбинат Белорускалий) ежегодно устанавливается до 300 тыс. штанг. За рубежом (США), по данным 1973 в угольной промышленности ежегодно устанавливается свыше 90 млн. штанг.

По конструкции и принципу работы все виды штанг можно условно разделить на две группы:

штанги, закрепление которых в горной породе происходит в замковой конструкции. К этой группе относятся металлические штанги, имеющие наибольшее распространение на практике;

штанги, скрепляющие породу по всей их длине (беззамковые).

Из металлических штанг наибольшее распространение получили штанги клинощелевого типа (рис. 73, а), распорного типа конструкции ДонУГИ с замком из двух взаимозаменяемых клиньев АД (рис. 73, б) и распорные с разрезной муфтой ШК-1м (рис. 73, в).

В порядке дальнейшего развития конструкций металлических штанг созданы самозаклинивающиеся штанги АК-8 (рис. 73, г) и самозаклинивающиеся штанги с пружиной ШК-3 (рис. 73, д). Штанги АК-8 и ШК-3 возводятся без применения установочной трубы.

В угольной промышленности разработан параметрический ряд металлических штанг. Длина штанг принята от 1000 до 2400 мм и кратна 200 мм, диаметр 20 мм, длина нарезной части 120 и 150 мм, резьба метрическая М-20М.

Практика применения металлических штанг позволяет сделать следующие выводы:

максимальной сопротивляемостью при одинаковой величине сечения нижнего конца стержня обладают штанги конструкции ДонУГИ;

прочность, наличие трещин в породах и их обводненность снижают сопротивляемость штанг вытягиванию;

штанги самозаклинивающиеся АК-8 имеют повышенную сопротивляемость вытягиванию.

Металлические штанги по принципу их работы как бы подвешивают непосредственную кровлю выработки к более прочному слою породы, расположенному над выработкой на расстоянии 2—2,5 м. Это обстоятельство ограничивает их применение, так как при отсутствии над выработкой прочного слоя породы закреплять замковую металлическую штангу нельзя.

Как указывалось выше, ко второй группе штанг относят беззамковые штанги, при работе которых происходит главным образом как бы упрочнение непосредственной кровли пород над выработкой. К этой группе относятся железобетонные, полимерные и винтовые штанги.

Железобетонные штанги имеют большое разнообразие конструкций. На рис. 74, а представлена конструкция железобетонной штанги, широко применяемой в Кривбассе. В качестве арматуры принимается стержень периодического профиля

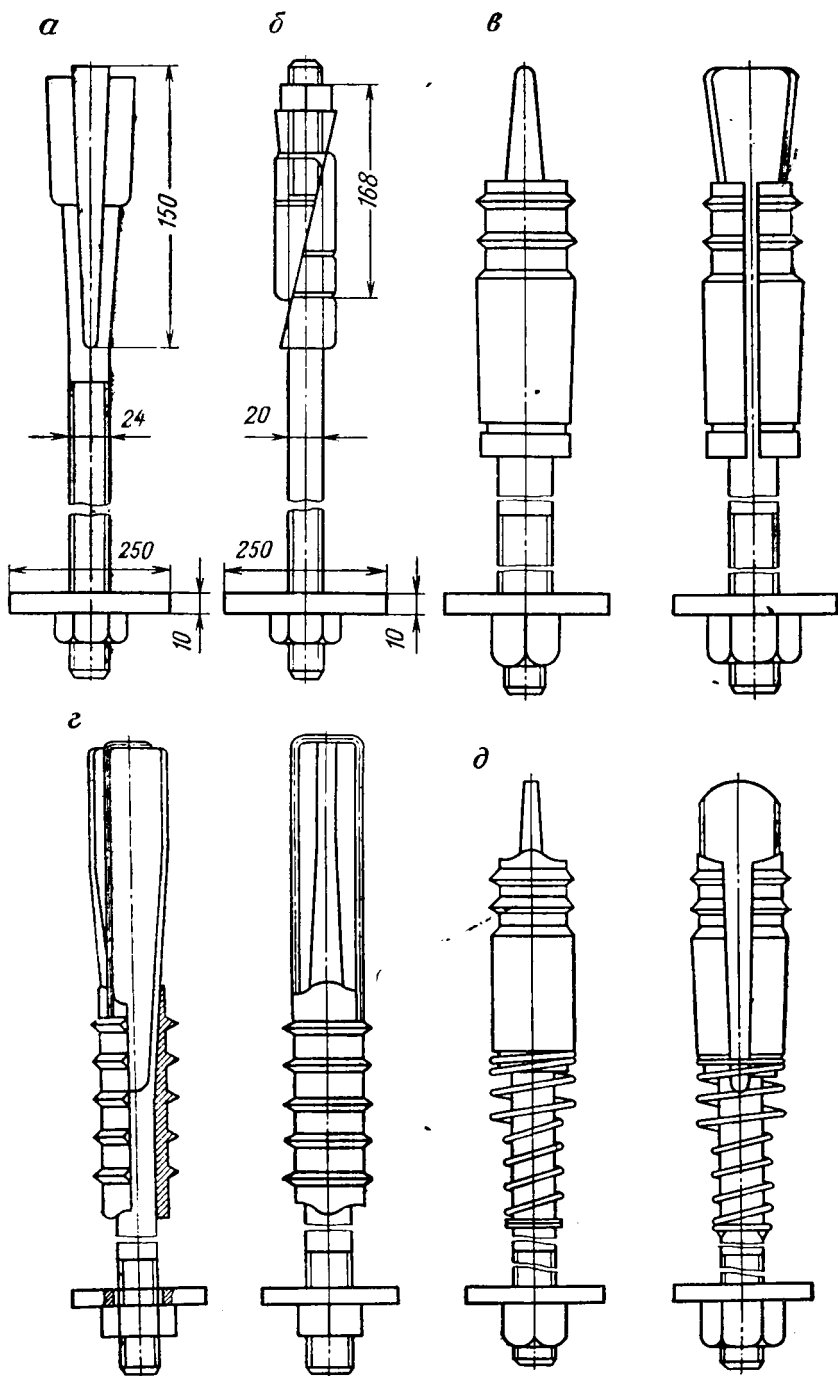


Рис. 73. Конструкции металлических штанг

№ 16—18, один конец которого заделан на конус для более легкого внедрения в раствор, а другой — либо имеет резьбу для соединения с гайкой опорной плиты, либо непосредственно соединен с опорной плитой. Состав раствора принимается из цемента марки 400—470 и песка при зерновом составе в основном класса 0,3—0,6 мм и влажности 0,15—0,2%. Соотношение цемент : песок принимается 1 или 1 : 2 при $B : Ц = 0,4 \div 0,6$. Железобетонные штанги обычно

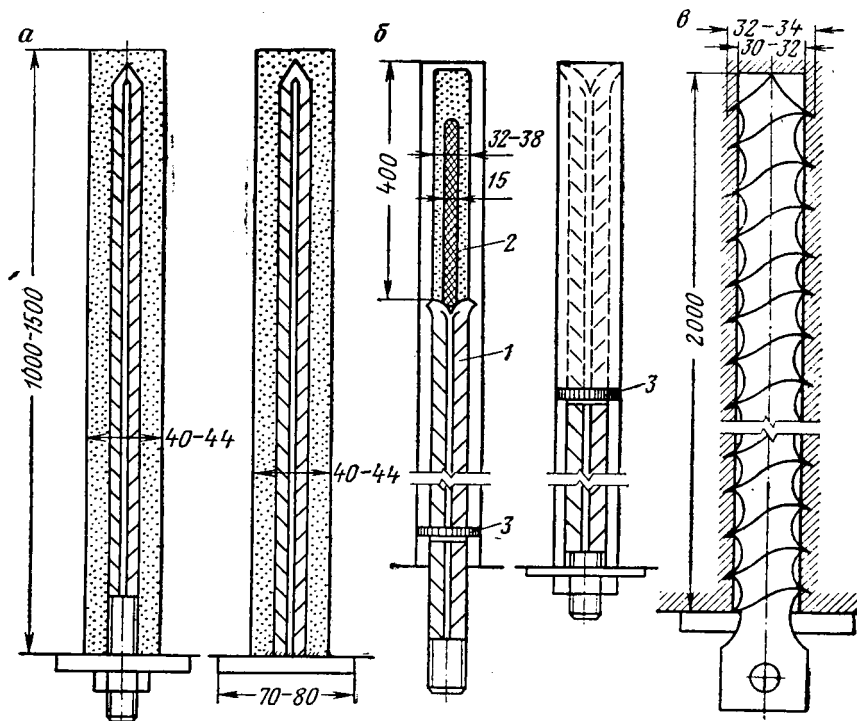


Рис. 74. Беззамковые штанги

имеют длину 1—1,5 м. Несущая способность железобетонных штанг со стержнями периодического профиля и при указанных составе раствора изменяется в зависимости от длины заделки, достигая у при длине 30—50 см 8—10 тс. По мере нарастания прочности раствора несущая способность штанг увеличивается и с течением времени не уменьшается.

Полимерные штанги, АКХ (рис. 74, б) состоят из арматурного стержня, закрепляемого в скважине с помощью быстротвердеющего состава на основе синтетических смол. Арматурный стержень 1 обычно имеет периодический профиль; химический крепеж имеет состав, включающий: эпоксидные смолы 100 вес. частей, кварцевый песок 300 вес. частей и полиэтиленполиамин 25—30 вес. частей. Химический крепеж помещается в полиэтиленовый

ый пакет, где самостоятельно размещаются ампулы со смолой песком и отвердителем 2.

Длина пакета 400 мм, диаметр наружной ампулы со смолой 32—3 мм и внутренней ампулы с отвердителем 15 мм, масса готовой ампулы 400 г.

При разрыве пакета в скважине вращающимся арматурнымержнем содержимое его перемешивается и состав затвердевает. Для исключения вытекания смолы до момента ее затвердения наержень надевается уплотнительное кольцо 3. Производственныепытания полимерных штанг выявили следующие их положительные качества: прочность закрепления штанг через сутки составляет не менее 10—12 тс, расслоение пород кровли незначительное, с повышением температуры пород и воздуха полимеризация ускоряется, во влажных скважинах вяжущие свойства снижаются, поэтому скважины необходимо бурить без промывки.

В настоящее время полимерные штанги дороже штанг с распорными гильзами и штанг железобетонных, однако растущее производство химических реагентов и снижение их стоимости обеспечат дальнейшим более широкое их применение.

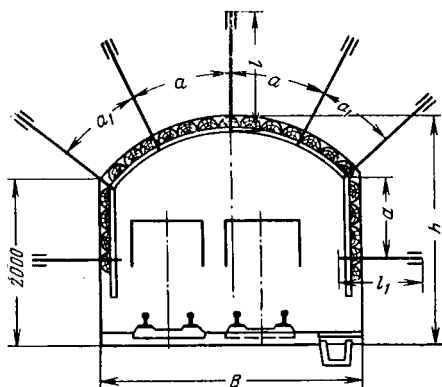
Винтовые штанги (рис. 74, в) представляют собой штангу с резьбой специального профиля; наружный диаметр резьбы больше, чем диаметр пробуренной скважины, в которую ввинчивается штанга. Опытными работами было установлено, что разница диаметре скважины и резьбы винтовой штанги должна быть 4—6 мм, а шаг резьбы 20 мм. Диаметр штанг 30—32 мм, длина 1,5—6 м.

При винтовых штангах отсутствует расслоение внутри заштангованной толщи, что улучшает состояние кровли.

Проводятся исследования по созданию штанговой крепи, закрепление которой в породах должно осуществляться на основе отверждения цемента и жидкой фазы в виде жидкого стекла.

Рассмотренные типы и конструкции железобетонных и полимерных штанг имеют следующие достоинства: низкая стоимость (железобетонных штанг), простая технология установки, прочное скрепление пород по всей длине скважины, возможное упрочнение трещиноватых пород в зоне штанговой крепи за счет проникновения раствора трещины, исключается потеря прочности закрепления при железобетонных штангах из-за коррозии металла.

Возведение штанговой крепи. Работы по возведению штанговой крепи начинают с бурения скважин для установки штанг. Перед началом бурения скважин необходимо произвести оборуку кровли. Скважины необходимо располагать в соответствии с принятыми параметрами паспорта крепления выработки. Южгипрошахтом для работок сводчатой формы в породах с $f = 4 \div 6$ разработаны новые параметры металлической штанговой крепи, приведенные в табл. 26. Очевидно, при конкретном решении задачи определения новых параметров крепи необходимо учитывать характеристику массива пород, в которых проводится выработка, размеры сечения выработки, а также режим ее работы при эксплуатации.



Т а б л и ц а 26

Параметры выработки и крепи	Площадь сечения выработки, м ²		
	8,6 * 7,5	10,6—13 * 9,3—11,5	13,7—14,5 * 12,3—13
Размеры выработки в проходке, м:			
ширина B	3,3	3,5—4,3	4,6—4,9
высота h	2,9	3,4	3,4
Расстояние между штангами, м:			
a	1,3	1,1—1,2	1,2
a_1	1,23	1,0—1,25	1,0
Длина штанг, м:			
l	2,2	2,2	2,2
l_1	1,2	1,2	1,2
Число штанг:			
в кровле	4	5	6
в боках	2	2	2

* В числителе — площадь сечения выработки в проходке, в знаменателе — в свету.

Бурение скважин для установки штанг осуществляется различными бурильными машинами в зависимости от прочности пород. В породах слабых ($f \leq 3$) бурение производится ручными электро-сверлами, в породах средней крепости и крепких ($f \geq 3$) — колонковыми электросверлами и бурильными телескопными машинами. Буровое оборудование укрепляется на переносных колонках, бурильных станках, на погрузочных машинах и т. п.

ЦНИИПодземмашем разработана самоходная бурильная установка БУА-3 для укрепления штанг в выработках площадью сечения в свету 6 м² и более. Установка оборудована бурильной машиной БУ-1. Установка имеет размеры — длину 6,95 м, ширину 1,1 м высоту 1,35 м и масса 5,23 т.

ЦНИИПодземмаш создал также передвижную бурильную машину для штанг МАП-1 (рис. 75, а). Она состоит из электродвигателя

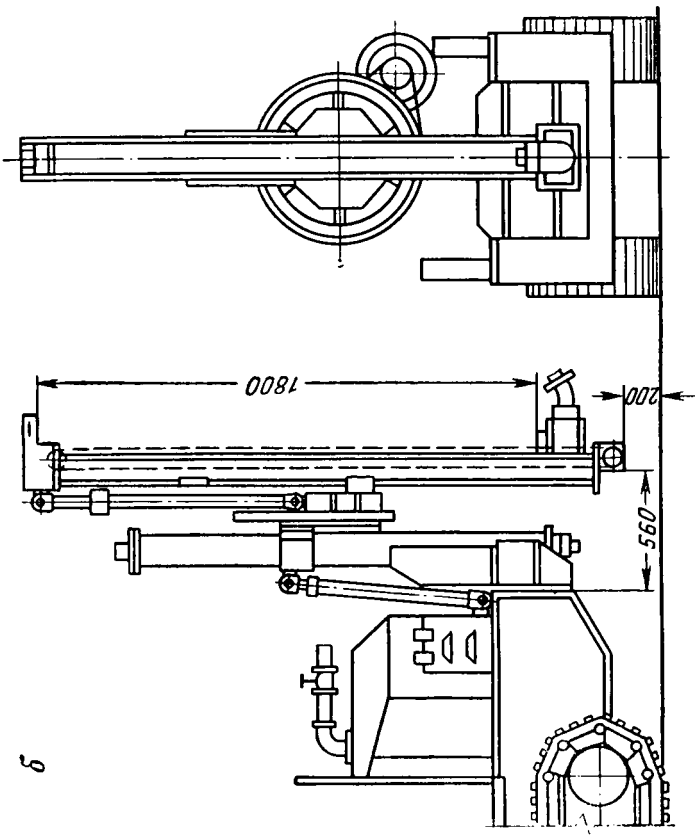
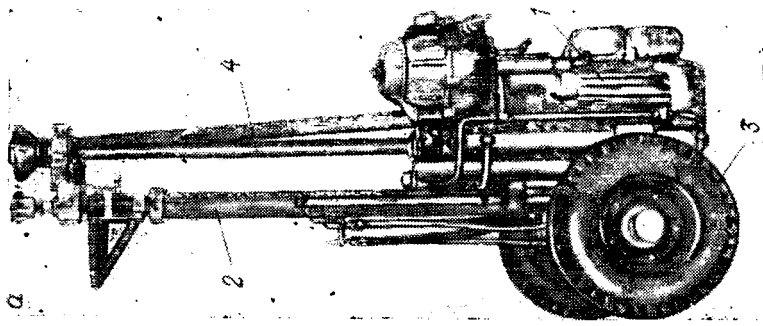


Рис. 75 Вурильные машины для штанг

теля сверла 1, распорной стойки 2, ходовой части 3 и бурового инструмента 4. Техническая характеристика установки: мощность электродвигателя 3,5 кВт, глубина бурения 1,8 м, усилие распор 2000 кгс, размеры в транспортном положении — ширина 660 и высота 720 мм, длина 1820 мм, масса 250 кг.

Промышленные испытания машины МАП-1 на шахтах Донбасса показали ее достаточную работоспособность. По породам с $f = 10$ была достигнута производительность 68 м/смену, а по породам с $f = 11$ производительность 30 м/смену.

На рис. 75, б показана схема бурильной установки, смонтированной на погрузочной машине. Установка укрепляется на заднюю часть погрузочной машины и распирается в кровлю и почву выработки. Буровой лафет машины может быть повернут на 360° и этим обеспечивается бурение скважин в кровле, почве и боках выработки. Диаметр скважины 32 мм, ход подачи 1800 мм. Цилиндр подачи и двигатель вращения бура получают питание от погрузочной машины. Подобная установка может быть смонтирована также на проходческом комбайне (см. § 54).

При бурении необходимо применять пылеотсасывающие устройства. Бурение скважин с промывкой не рекомендуется, особенно в сланцевых породах, так как вода снижает коэффициент трения между замком штанги и породой. Глубина скважин должна соответствовать размерам штанг, для чего она контролируется при помощи колец-ограничителей, привариваемых к буровой штанге. Глубина скважины принимается на 5—7 см меньше длины штанги с опорными плитками.

После установки штанг клинощелевого типа необходимо забить штангу для закрепления замка и затянуть гайку для натяжения штанги. Забивку штанг наиболее удобно производить пневматическим инструментом. Для предохранения резьбы на нижнем конце штанг применяют различного вида насадки. Штангу забивают до тех пор, пока прекратится ее поступательное движение. Убедившись, что штанга хорошо раскреплена, надевают опорную плиту и навинчивают гайку. Опорные плиты (шайбы) принимаются размерами 100×100 , 150×150 и 200×200 мм, толщина плиты 8—10 мм. Натяжная гайка М-20М.

Гайки наиболее целесообразно затягивать механическим способом — гайковертом. Гайковерт СГЭ-2 имеет мощность двигателя 1,4 кВт, момент затяжки штанг до 25 кгс·м и массу 18,5 кг. Время на затяжку гайки штанги составляет в среднем 30 с.

При отсутствии механических гайковертов применяют ручные гаечные ключи с рукояткой длиной 70—80 см, что обеспечивает предварительное натяжение штанг 4—6 тс. Контроль за натяжением штанг производится с помощью динамометрических ключей КД и др. или специальных пружинных шайб.

Установка распорных штанг типа ШК, АР-1 и АК-8 производится следующим образом: соединенные пружинящей скобой полумуфты надевают на клиновую головку штанги и вместе с ней вводят в скважину на заданную глубину. Для закрепления штанги достаточно

ного вытянуть ее, при этом полумуфты удерживаются на месте жинящей скобой и клиновой головкой штанг распираются генки скважины.

После установки распорных штанг предварительное натяжение ечение первых суток несколько падает вследствие разрушения оды на контурах нагружаемых муфт, поэтому необходимо произить последующее подтягивание гаек штанг.

a

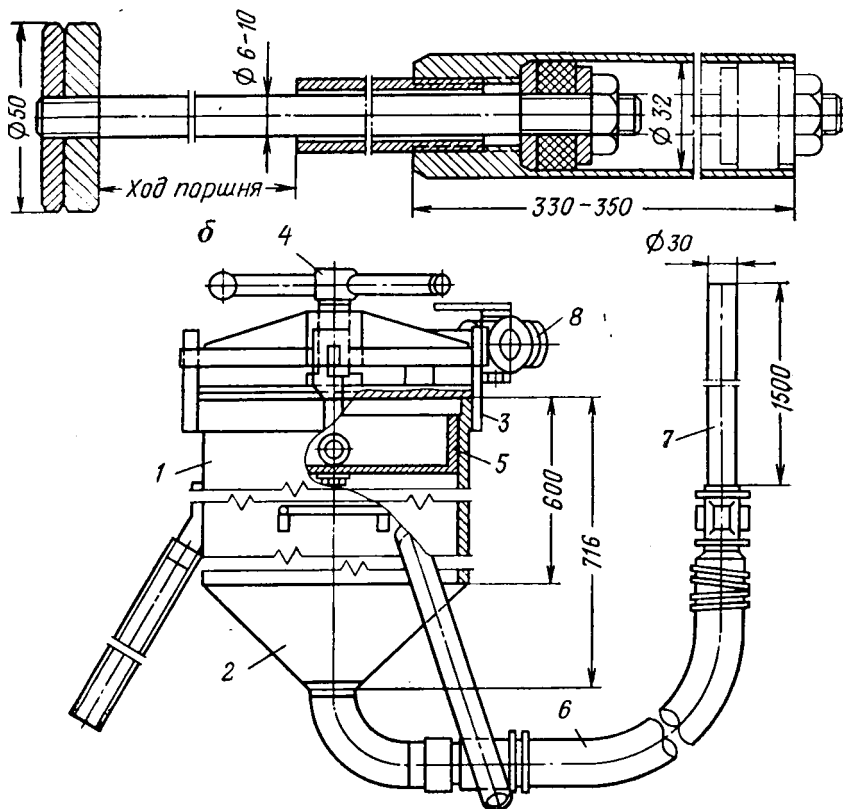


Рис. 76. Шприц и питатель для заполнения скважин бетонным раствором

Установка железобетонных штанг включает две основные опера- и отсутствие сжатого воздуха приготовленный раствор можно дить в скважину ручным шприцем (рис. 76, *a*). Шприц состоит открытого сверху цилиндра высотой 350—500 мм, поршня и ока. Заполненный раствором шприц вводят в скважину. Эта рация повторяется несколько раз, пока скважина не будет за- пнена раствором. При наличии сжатого воздуха может быть при- зен питатель (рис. 76, *b*), который представляет собой цилиндр 1,

нижняя часть которого имеет конусной формы дно 2, а верхняя часть плотно закрыта крышкой 3 с резиновой прокладкой, прижимемой к цилиндру траверсой 4. Раствор из питателя подается портом 5 через резиновый шланг 6 в нагнетательную трубу 7, диаметр которой меньше диаметра скважины, а длина равна длине скважины. Объем подаваемого раствора регулируется краном 8, к которому подключен шланг, подающий сжатый воздух в питатель. Под давлением сжатого воздуха раствор заполняет скважину, вытесняя из нее нагнетательную трубу 7. Объем питателя рассчитан на закрепление 15 скважин длиной по 1,5 м.

После заполнения скважины раствором в нее вводят вручную или при помощи отбойного молотка или бурильной машины арматурный стержень с надетой опорной плитой и навинченной гайкой. Затягивание гайки при растворе из портландцемента производится через 2—3 сут, а из глиноземистого цемента — через 12 ч.

При наличии слабых трещиноватых пород штанги устанавливаются в комбинации с подхватами или с затяжкой кровли металлической сеткой, а при значительном сроке службы выработки с покрытием кровли набрызгбетоном. Подхваты изготовляют в виде гибкой полосы из стали шириной 100—200 мм толщиной 5—10 мм а также из металлических балок: швеллерных № 12—14, спецфиля СВП-17 и сварных из круглых стержней диаметром 8—15 мм. В зависимости от строения поддерживаемых штангами пород подхваты устанавливаются поперек или вдоль выработки.

Общее время на бурение скважины и установку одной металлической штанги изменяется от 10 до 26 мин в зависимости от производительности бурения скважин, крепости пород и длины штанги.

§ 36. Возведение монолитной бетонной крепи

Монолитная бетонная крепь достаточно широко применяется в капитальных выработках, особенно при креплении выработок и камер околоствольных дворов и гидротехнических тоннелей различного назначения.

Наиболее благоприятными условиями применения монолитной бетонной крепи будут те, при которых зона неупругих деформаций в сфере пород, окружающих выработку, не возникает, т. е. когда смещение пород на контуре выработки будет незначительно. В тех случаях, когда смещение пород на контуре выработки ожидается значительным, возникает необходимость длительной выдержки выработки на временной крепи (см. § 23).

Состав бетона. Основным минеральным вяжущим веществом при приготовлении бетонной смеси для крепи выработок обычно является портландцемент. Крупный заполнитель бетонной смеси должен быть чистым, без примесей глинистых частиц и содержания непрочно склеиваемых пород. Крупность заполнителя принимается не более 40 мм. Форма зерен крупного заполнителя должна способствовать удобной укладываемости бетонной смеси и уменьшению пустотности. Лучш

мой зерен крупного заполнителя можно считать близкую к кубической. Прочность заполнителя должна превышать прочность бетона. Мелкий заполнитель — это чистые мытые кварцевые и кварцево-веошпатовые пески с содержанием глины, ила и мелких пылевых фракций не более 3% и модулем крупности от 1,5 до 4.

При ручной укладке принимается жесткий бетон с $V : Ц = 0,65$ расходе цемента до 350 кг/м^3 . При машинной укладке чаще применяются пластифицированные бетоны с $V : Ц = 0,5 \div 0,7$ и следующих составов:

Состав смеси (Ц : П : Ш)	Осадка конуса, см
1 : 1,28 : 3,16—1 : 1,64 : 4,08	2—10
1 : 1,48 : 2,83—1 : 2,4 : 3,5	4—8
1 : 1,5 : 3,5—1 : 2,5 : 3,5	5—9

Для ускорения твердения бетонной смеси в нее вводят добавки (хлористый кальций, хлористый натрий и др.), а для увеличения ее подвижности и пластичности — пластификаторы (сульфатно-спиртовой барда, асидол и др.).

Укладка бетонной смеси вручную. Ручная укладка бетонной смеси может быть применена только при малом объеме работ (заполнение какой-либо ограниченных размеров одиночной выработки и камеры). При больших объемах бетонных работ укладка бетонной смеси за опалубку вручную не может быть рекомендована, так как эта работа весьма трудоемка, снижает скорость проведения работки и не обеспечивает высокого качества крепи.

Возведение монолитной бетонной крепи вручную осуществляется следующим образом. В выработке устанавливают кружала и опалубку (рис. 77). Кружала изготовляют из досок толщиной 4—6 см. Соединение досок по толщине производится в перевязку при помощи челей. Опалубку выполняют из чистых досок толщиной 2,5—3 см, расстояние между кружальными ребрами принимается 1,2—2 м в зависимости от сечения выработки. Бетонная смесь готовится на поверхности или в выработках вблизи от места работ (в последнем случае в одной из камер околотвольного двора временно устанавливается передвижная бетономешалка). Бетонная смесь доставляется к месту работ в вагонетках и разгружается на поддон. Укладка бетонной смеси начинается после установки от почвы выработки трех—четырех досок опалубки, за которые вручную забрасывается бетонная смесь и разравнивается по длине выработки с обеих сторон на длину 10—12 м. Укладываемая бетонная смесь уплотняется вибраторами, толщину слоя принимают 10—15 см. Возведение свода начинается одновременно от пят в направлении замку. Слои бетонной смеси укладываются перпендикулярно направлению свода (давления). Кружала свода снимают через 10—15 суток после укладки бетонной смеси.

Механизированная укладка бетонной смеси. Высокая трудоемкость ручной укладки бетонной смеси при больших объемах работ при креплении выработок вызвала необходимость разработки средств механизации этих работ. Для механизации работ по укладке бетон-

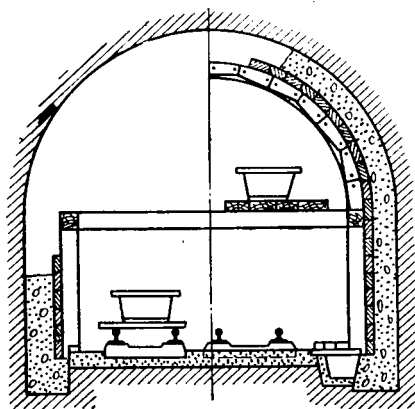


Рис. 77. Схема возведения бетон крещи вручную

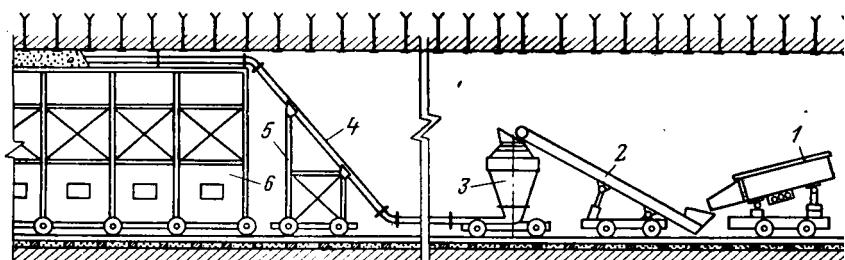


Рис. 78. Схема механизированной укладки бетонной смеси за опалубку

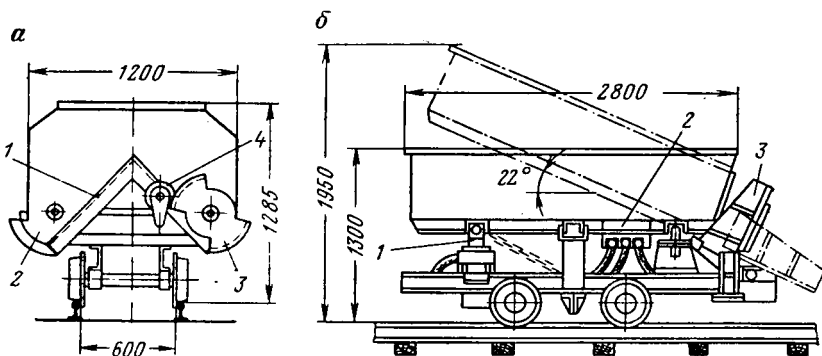


Рис. 79. Бетоновозки

смеси при проведении горизонтальных выработок ограниченных речных сечений применяется набор специального оборудования (рис. 78), включающий: бетоновозки 1 для доставки готовой смеси, перегрузочное устройство 2 для загрузки смеси бетоноукладочную машину, бетоноукладочную машину 3 для подачи бетонной смеси за опалубку, бетоновод 4 для транспортирования в опалубку от бетоноукладочной машины, платформу 5 для подкормки бетоновода и опалубку 6. Рассмотрим кратко перечисленное оборудование.

Бетоновозки применяются для более ускоренной подачи бетонной смеси к месту работ и быстрой разгрузки ее. На рис. 79, а изображена бетоновозная вагонетка емкостью $1,5 \text{ м}^3$ с двухскатным цем 1 и с разгрузкой бетонной смеси через два боковых желоба 2, открываемых секторными затворами 3. Затворы открываются помощи рукоятки 4 посредством зубчатой передачи. Продолжительность разгрузки бетоновозки 1—2 мин. ВНИИОМШСом разработана бетоновозка емкостью 0,75 и $1,5 \text{ м}^3$ (рис. 79, б). Кузов бетоновозки с помощью пневмоподъемника 1 может занимать наклонное положение под углом 22° . При этом бетонная смесь под влиянием гравитации 2, укрепленного в днище, через лоток 3 выгружается бетоновозки.

Погрузочные устройства. Для выгрузки бетонной смеси из бетоновозки в бетоноукладочную машину могут применяться погрузочные устройства в виде транспортера-эстакады и ковшового подъемника.

Транспортер-эстакада (рис. 80, а) состоит из ленточного конвейера 1 и разгрузочной эстакады 2, на которую въезжает бетоновозка 3. Горизонтальная и наклонная части конвейера и эстакада едины в одно целое и при помощи платформы 4 перемещаются по рельсовому пути. С целью ускорения разгрузки бетоновозок по обеим сторонам эстакады прикрепляются наклонные металлические ступени.

Ковшовый подъемник (рис. 80, б) состоит из загрузочного ковша 1, направляющей рамы ковша 2, подъемного механизма 3 и его привода 4. Ковшовый подъемник с пневмобетоноукладчиком 5 размещается на раме, смонтированной на платформе 6. Для размещения загрузочного ковша в почве выработки устраивают углубление.

Сопоставляя погрузочные устройства, можно отметить, что перегрузочные транспортеры имеют меньшие габаритные размеры по высоте и, следовательно, более удобны для возведения крепи в выработках ограниченного сечения.

Бетоноукладочные машины. Для механической укладки бетонной смеси применяются пневмобетоноукладчики и бетононасосы.

Пневмобетоноукладчик типа ПБУ (рис. 81) представляет собой агрегат 1, в верхней части которой имеется горловина 2 для подачи бетонной смеси в укладчик. Горловина перекрывается крышкой 3 пневматическим зажимом 4. Крышка снабжается резиновой прокладкой. Сжатый воздух поступает через воздухораспределительную коробку 5 и распределяется внутри камеры через четыре сопла-обдува. Выход-

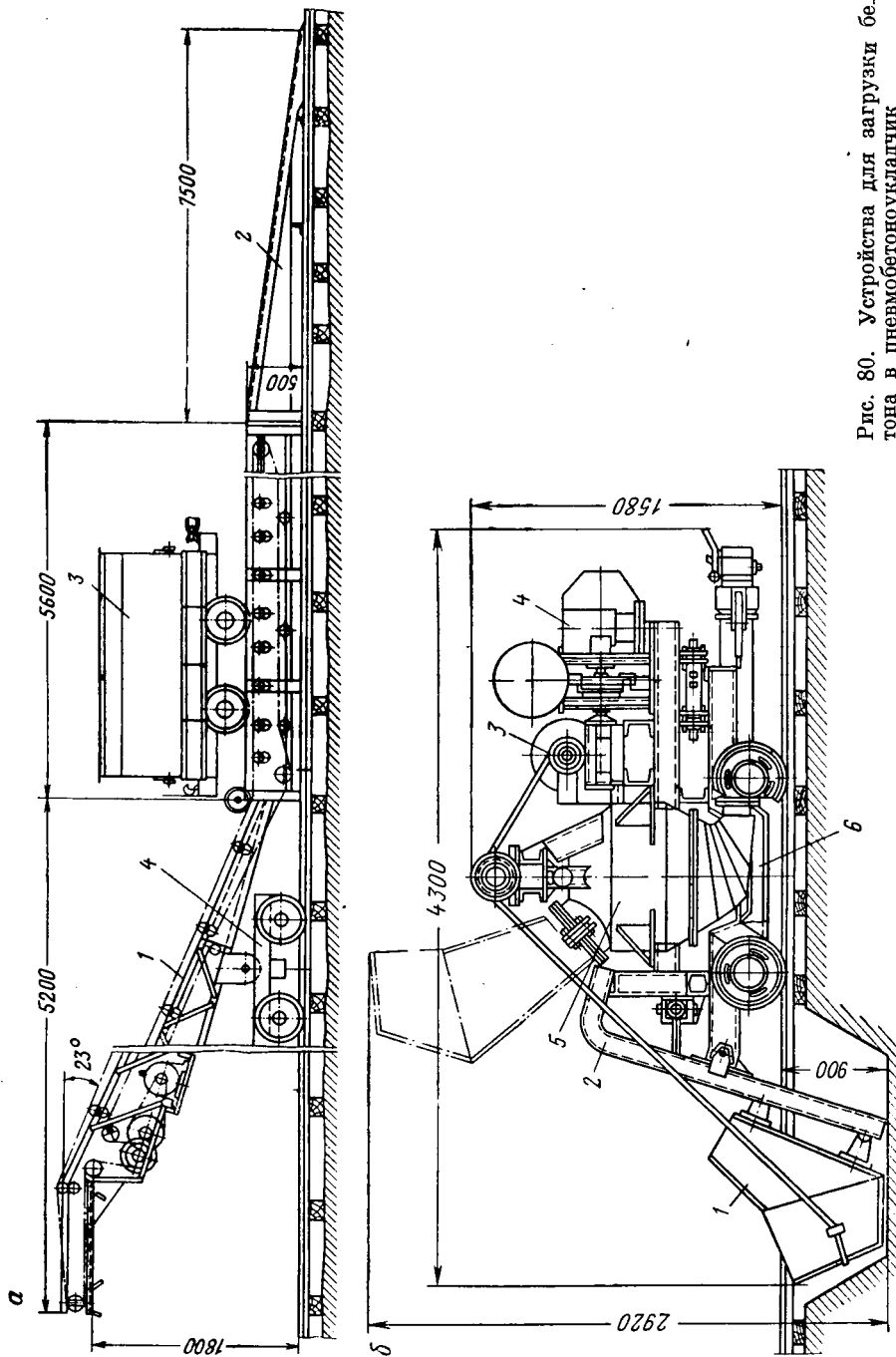


Рис. 80. Устройство для загрузки бетона в пневмобетоноукладчик

я часть центральной камеры 6 имеет вид усеченного конуса. В выдвинутой камере смонтирован штуцер поддува 7 для облегчения задачи бетонной смеси через выходной патрубков 8 в бетоновод 9. пневмобетоноукладчик крепится на опорах 10.

Техническая характеристика пневмобетоноукладчиков приведена табл. 27.

Пневмобетоноукладчики надежны в эксплуатации независимо от качества бетонной смеси. Расход сжатого воздуха при работе бетоноукладчиков можно принимать от 80 до 100 м³ на 1 м³ бетонной смеси. Применение бетоноукладчиков целесообразно при возведении железобетонной крепи, при наличии густоармированных конструкций.

Бетононасосы имеют более высокую производительность, чем пневмоукладчики, и применяются при возведении крепи в выработках больших сечений.

Бетоноводы. Для подачи бетонной смеси к месту укладки применяются трубы обычно с внутренним диаметром 150 мм и толщиной стенки 4,5—7 мм. Бетоновод для

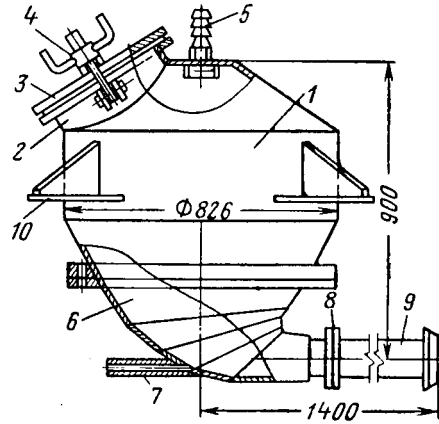


Рис. 81. Пневмобетоноукладчик

Таблица 27

Показатели	Тип пневмобетоноукладчика					
	ПБУ-1	ПБУ-2	ПБУ-3	ПБУ-5	ПБУ Донуги	ПБУ ВНИИОМШСА
производительность, м ³ /ч	8	8	8	15	16	5
наибольшее рабочее давление, кгс/см ²	6	7	8	8	5—8	—
емкость рабочей камеры, л	250	300	350	750	650	500
наибольшая крупность заполнителя, мм	45	45	45	80	50	50
основные размеры, мм:						
длина	3240	4320	1100	1810	2400	2800
ширина	960	900	900	1240	920	1100
высота от головки рельса	1520	1580	1200	2020	1575	2500
высота с поднятым ковшом	1780	2020	—	—	—	—
масса, кг	1340	1850	530	1640	600	500
дальность транспортирования, м:						
по горизонтали	200	300	300	200	50—100	300
по вертикали	20	30	30	20	40	30

удобства производства работ собирают из отдельных звеньев длиной по 3—6 м. Соединение звеньев бетоновода должно быть строразъемным и плотным. Конец бетоновода выполняется в виде гибкого рукава, армированного металлом. Если скорость выхода бетонной смеси из бетоновода составляет 5—20 м/с, то конец бетоновода снабжается гасителем скорости в виде расширяющегося отвода.

Опалубка. При механизированной укладке бетонной смеси целесообразно применение инвентарных или передвижных опалубок.

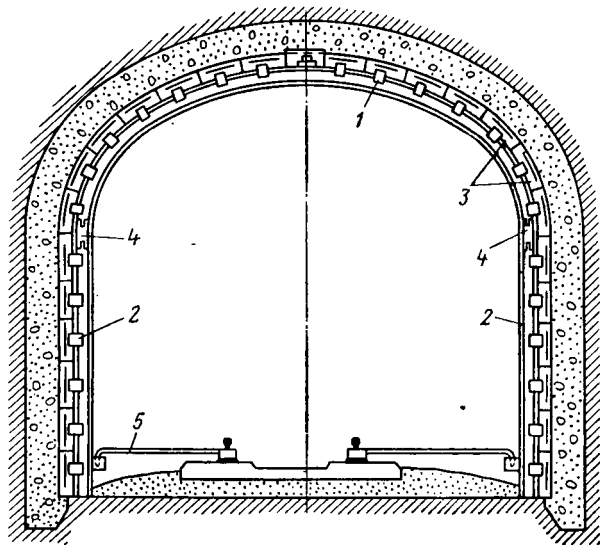


Рис. 82. Инвентарная металлическая опалубка:

1 — сводовое кружало; 2 — боковые стойки; 3 — опалубочные щиты; 4 — соединительные накладки; 5 — распорка

Инвентарная металлическая опалубка состоит из двух основных элементов: кружала и опалубочных щитов. По конструкции опалубка может иметь нераздвижные кружала (наиболее распространенный тип) и кружала, раздвигающиеся по ширине и высоте. Кружала обычно изготовляют из двутавровых балок № 10—12 и в зависимости от площади сечения выработки состоят они или из двух полукруж (в выработках площадью сечения 9—12 м²), или из трех элементов: верхнего сводового кружала и двух боковых стоек (в выработках площадью сечения более 12 м²). Инвентарная опалубка, кружала которой состоят из трех элементов, показана на рис. 82.

Кружала в зависимости от крепости пород устанавливают на расстоянии 0,7—1,2 м одно от другого. Опалубочные щиты изготовляют из листовой стали толщиной 2,5—3 мм, размеры щита: длина 2 м, ширина 0,25—0,4 м.

При укладке бетонной смеси механизированным способом с целью сокращения времени на перестановку опалубки применяют передвижные металлические опалубки.

Передвижная опалубка состоит из отдельных панелей различной длины в зависимости от конструкции и принятых условий их перестановки. Опалубка может быть односекционная непереносная и многопанельная переносная.

Односекционная непереносная опалубка представляет собой мегалитическую пространственную конструкцию в виде секции, собранной из отдельных панелей. Длина секции обычно 4—6 м. После окончания бетонирования и набора бетоном распалубочной прочности опалубку отрывают от бетона и целиком всей секцией без разборки передвигают на следующую заходку бетонирования. Применение односекционной опалубки вызывает необходимость последовательного выполнения операций цикла бетонирования, т. е. укладку бетонной смеси за опалубку и выдержку ее в опалубке. Очевидно с целью увеличения скорости бетонирования необходимо стремиться снижать сроки твердения бетона и увеличивать длину секции опалубки.

Односекционная опалубка применяется в основном при креплении прямолинейных и протяженных выработок. Она отличается простой конструкции, ограниченным количеством шарниров и приспособлений для сокращения ее периметра при отрыве от бетона и обеспечивает наиболее высокое качество бетонной крепи, особенно в части шероховатости ее, что имеет весьма важное значение при сооружении гидротехнических тоннелей.

Многопанельная переносная опалубка собирается из отдельных панелей длиной 1,0—1,5 м в комплект опалубки общей длиной 10—15 м. Передвижение опалубки на новую заходку осуществляется отдельными панелями, которые последовательно, по мере набора прочности бетона перемещаются внутри установленной секции опалубки на новую позицию. Конструкция многопанельной переносной опалубки отличается большей сложностью по сравнению с односекционной опалубкой, для перемещения ее отдельных панелей требуются дополнительные устройства в виде монорельсов или транспортных мостов. Этот тип опалубки более распространен при креплении выработок, имеющих замкнутую форму сечения и криволинейное положение в плане.

Многопанельная переносная опалубка позволяет параллельно выполнять работы по основным операциям бетонирования, т. е. выдержку бетона в опалубке и собственно бетонирование. В данном случае количество панелей опалубки принимается с учетом продолжительности выдержки бетона и условий обеспечения заданной скорости бетонирования.

Рассмотрим некоторые конструкции передвижных опалубок.

На рис. 83 показана передвижная односекционная опалубка для возведения бетонной крепи в двухпутной выработке. На правой части рисунка представлена опалубка в момент укладки бетонной смеси, а на левой — опалубка, подготовленная к перестановке. Опалубка состоит из 8—10 панелей длиной по 1,5 м. Каждая панель имеет жесткий каркас 1. Опалубка 2 выполнена из листовой стали толщиной 3 мм и состоит из трех элементов с двумя разъемами скольжения 3. Верхняя кромка разъема опалубки имеет напуск, что обес-

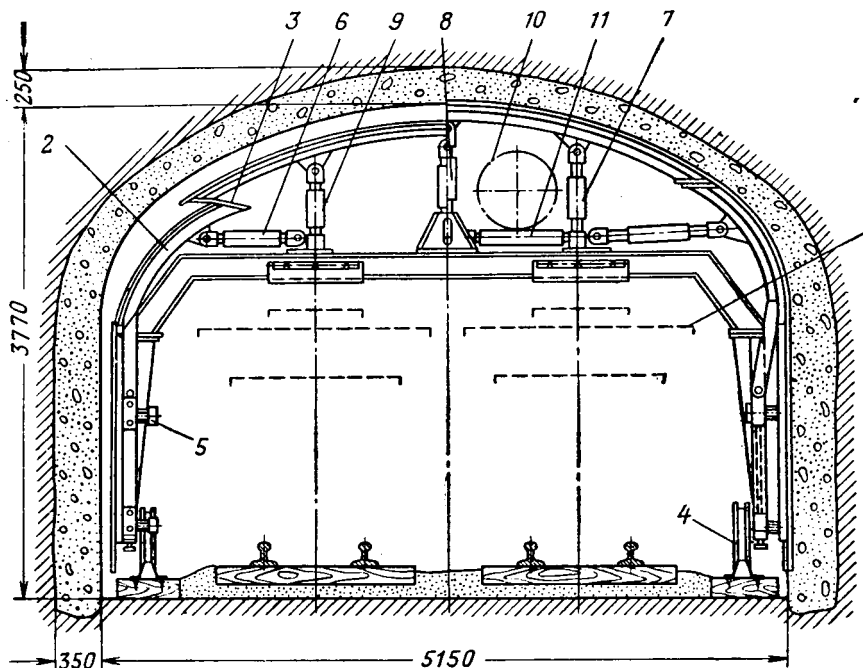


Рис. 83. Передвижная односекционная опалубка

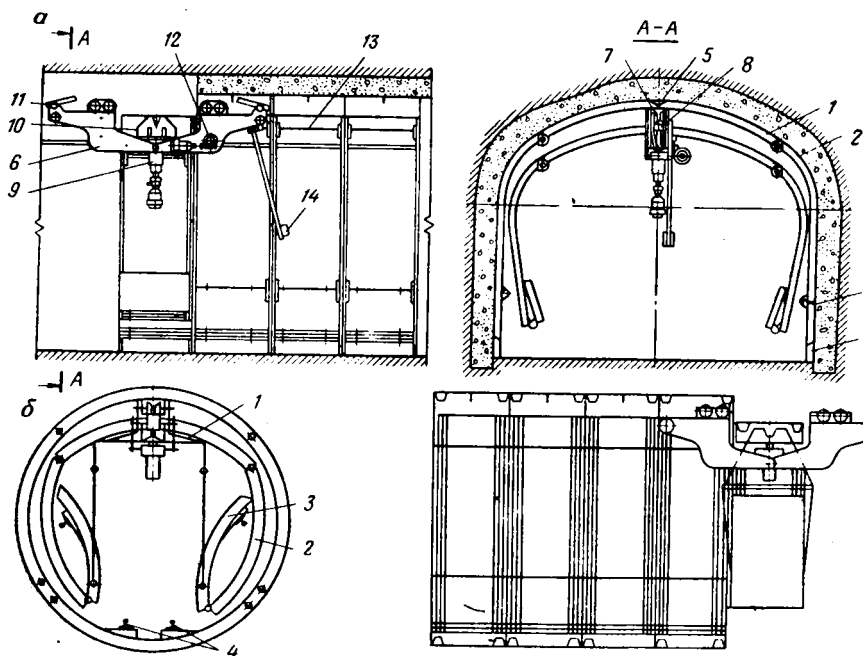


Рис. 84. Многопанельная односекционная опалубка

печивает плотность соединения во время укладки бетонной смеси. Боковые элементы каркаса опалубки в нижней части опираются на катучие опоры 4, где консольно размещены двухребордные колеса. Боковые части опалубки благодаря винтовым опорам 5, а в верхней части с помощью укрепленных на каркасе фаркопов 6 могут перемещаться внутрь выработки по оси катучей опоры. Таким образом, винтовые опоры и фаркопы обеспечивают фиксацию опалубки в рабочем положении при бетонировании и ее отрыв при перемещении на новую позицию. Фаркопы 7, 8 и 9, размещенные на верхней раме каркаса, обеспечивают перемещение сводчатой части опалубки. Вентиляционная труба 10 во время перемещения панелей опалубки перекачивается по роликам 11.

Многопанельная передвижная опалубка КУЗНИИШахтостроя (рис. 84, а) включает 15 панелей длиной по 1 м. Панели сварены из листовой стали с ребрами жесткости и состоят из пяти элементов, соединенных между собой шарнирами: сводчатой части 1, двух боковых 2, двух откидных 3 и двух приставных фундаментных подставок 4. К сводчатой части опалубки приварен отрезок двутавровой балки 5 длиной, равной длине панели. При собранных панелях двутавровые балки образуют монорельсовый путь, по которому в процессе перестановки панели перемещается самоходная тележка, состоящая из двух консольных кареток 6. Основой консольной каретки являются две обоймы, в которые вмонтированы верхние 7 и нижние 8 опорные катки. Каретки между собой соединяются шарнирно, что позволяет тележке проходить на закруглениях. На тележке смонтирован домкрат 9 с подъемной площадкой 10. Для предотвращения самопроизвольного схода тележки с монорельса она оборудована упорами 11. Тележка перемещается по монорельсу лебедкой 12 с тросом 13, который крепится в сводчатой части выработки. Управление тележкой осуществляется через пульт 14. Перестановка панелей опалубки производится следующим образом. Тележка переключается под демонтируемую панель. Панель отсоединяется от соседней панели. Площадка домкрата выдвигается до упоров в двутавровую балку. Боковые и откидные элементы опалубки поворачиваются на шарнирах в транспортное положение. Для поворота элементов опалубки необходимо усилие порядка 50 кгс. Далее панель опускается на тележку и перемещается к месту ее монтажа, фундаментные подставки переносятся и устанавливаются заранее. На месте установки панель поднимается домкратом в рабочее положение, выверяется и закрепляется, а тележка перемещается за следующей панелью.

На рис. 84, б показана многопанельная опалубка для выработки круглой формы. Она состоит из сводчатой части 1, боковых элементов 2 и откидных элементов 3. На откидных элементах смонтированы временные рельсовые пути 4. Эта опалубка находит применение при проведении выработок площадью сечения 7—25 м². Средняя продолжительность всех работ по перестановке одной панели составляет 50 мин. При этом наиболее трудоемким оказалось сболчивание панелей; на эту операцию уходит до 60% всего времени, необходимого для перестановки панели.

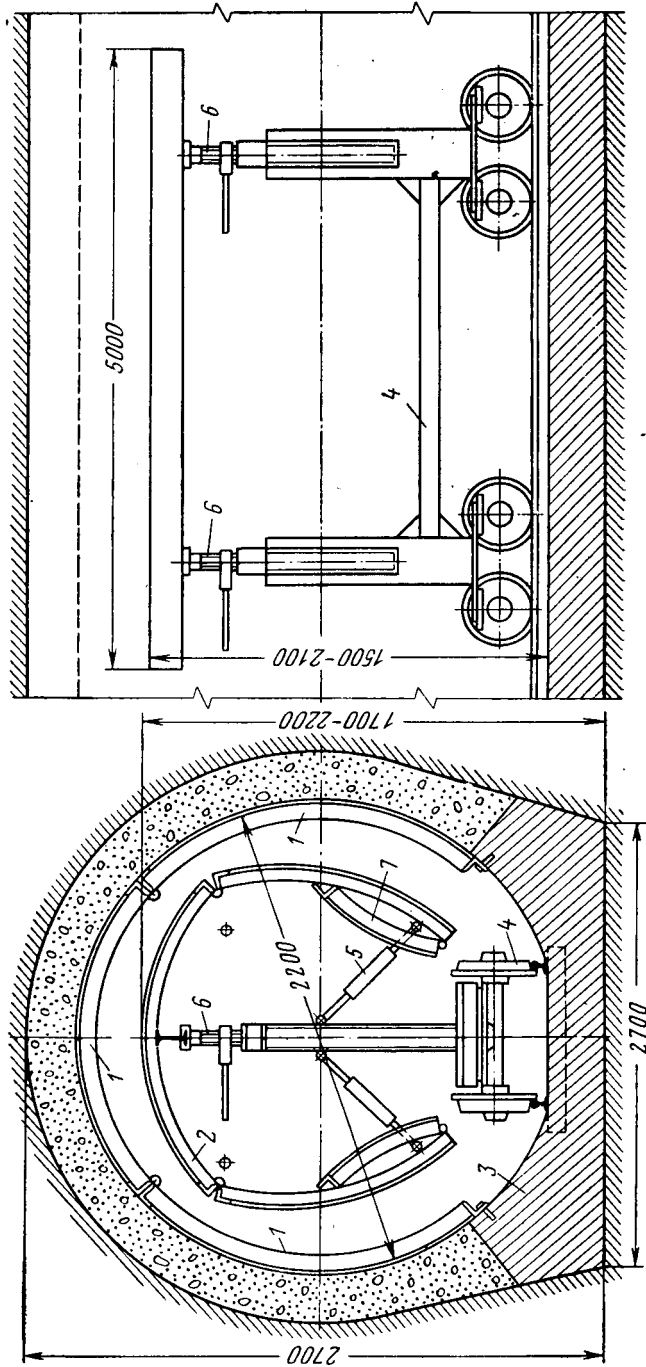


Рис. 85. Передвижная многосекционная опалубка

На рис. 85 показана конструкция многосекционной опалубки для выработки круглого сечения диаметром в свету 2,2 м. Комплект опалубки включает шесть секций длиной по 5 м, каждая секция состоит из трех частей 1, шарнирно соединенных между собой. Основными несущими элементами каркаса опалубки являются восемь одольных ребер жесткости и шесть поперечных кружальных ребер 2 из листа толщиной 10 мм. Опалубку обшивают стальным листом толщиной 3 мм.

При использовании опалубки данной конструкции в выработке первую очередь возводится бетонная крепь 3 в обратном своде укладывается рельсовый путь, а далее возводится собственно крепь. Для перемещения опалубки применяется четырехосная тележка 4. На стойках тележки закреплены четыре боковых домкрата 5 и два вертикальных 6. Опалубка снимается следующим образом: сначала и помощи боковых домкратов отделяются от бетона боковые секции, затем вертикальными домкратами вся опалубка опускается в транспортное положение. Для того чтобы полностью сложить боковые створки опалубки, против колес тележки на шарнирах предусмотрены открылки 7.

При сооружении деривационного тоннеля Алмаатинской ГЭС-2 использованием рассматриваемой опалубки была достигнута скорость бетонирования 20 м/сут. В отдельные месяцы скорость достигала 24,5 м/сут. Бригада по креплению состояла из пяти рабочих: двух рабочих на транспортной эстакаде по приемке бетонной смеси разгрузке ее на транспортер, оператора пневмобетонуюкладчика, брандорщика и резервного рабочего для выполнения различных вспомогательных работ. Производительность труда на укладке бетонной смеси составила 5,3 м³/чел-смену.

Для контроля за плотностью укладки бетонной смеси иногда по периметру опалубки устраивают окна (в каждой панели по два окна). По мере повышения уровня бетонной смеси окна закрываются. Для повышения плотности бетона применяют вибраторы. Бетон постоянно располагается в замке свода выработки, откуда бетонная смесь равномерно растекается по периметру опалубки. По мере окончания заопалубочного пространства бетонной смесью бетоновод задвигается назад, но так, чтобы его концевой рукав всегда оставался погруженным в бетонную смесь. Во избежание расслоения бетона в связи с этим потери прочности его расстояние подачи бетонной смеси должно быть ограничено до 30—50 м. Перед завершением бетонирования секции опалубки для исключения вытекания бетонной смеси устраивается торцовая перегородка. В нижней части перегородки иногда делается отверстие для стока воды. Для обеспечения плотности соединения холодных стыков (швов) в перегородке делается выступ. Выдержка бетона в опалубке обычно принимается 2 сут. В зарубежной практике при добавке ускорителей твердения бетон в опалубке обычно находится 12—24 ч.

Переходя к общей организации работ по возведению монолитной бетонной крепи, необходимо отметить, что так как в большинстве случаев размеры сечения выработок ограничены, то возникают

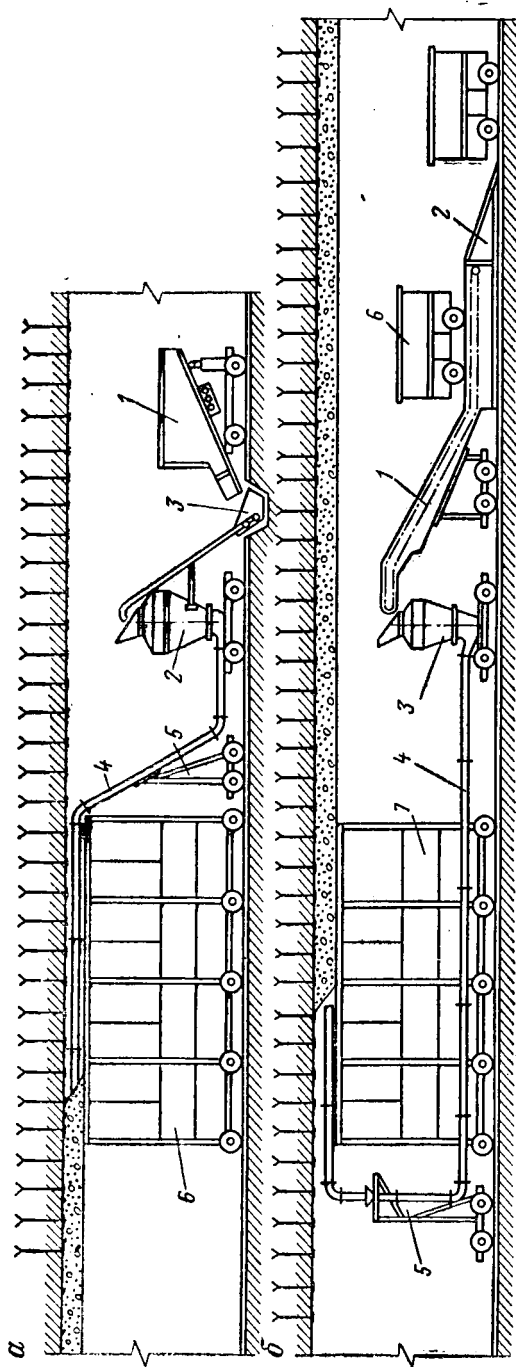
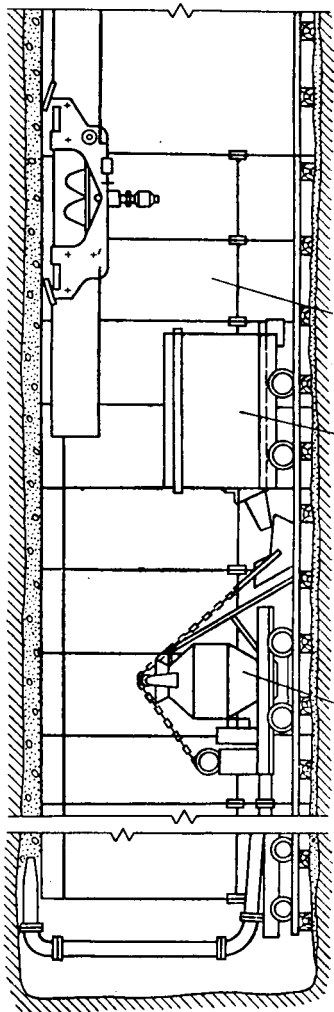


Рис. 86. Схемы бетонирования

Рис. 87. Схема бетонирования с применением многопанельной опалубки:
 1 — панель; 2 — бетоноукладчик;
 3 — бетоноводка



атруднения в размещении в них горнопроходческих машин и оборудования для механизированного возведения бетонной крепи. Это вызывает необходимость последовательного ведения работ по выемке породы и креплению, т. е. первоначально осуществляется на определенном участке выемка породы с поддержанием выработки временной крепью, далее выемка прекращается, а пройденный участок укрепляется постоянной бетонной крепью. Величина участка последовательного ведения работ принимается в зависимости от горно-геологических условий.

Процесс бетонирования (укладка бетонной смеси за опалубку) может быть организован по двум основным схемам: «на себя» или «от себя».

Укладка бетонной смеси по схеме «на себя» (рис. 86, а) начинается с дальнего участка секции опалубки. По мере заполнения заопалубочного пространства бетонной смесью производится или постепенная разборка бетоновода, или перемещение бетоноукладочного комплекса.

После набора бетоном соответствующей прочности переносятся или отдельные панели, или вся секция опалубки. Бетоноукладочный комплекс, показанный на рис. 86, а, включает: бетоновозку 1, пневмобетоноукладчик 2, загрузочный ковш 3, бетоновод 4, платформу 5 для поддержания бетоновода, передвижную секционную опалубку 6. Подобная схема работ нашла широкое применение при сооружении деривационных тоннелей.

Укладка бетонной смеси по схеме «от себя» (рис. 86, б) начинается с ближайшей от бетоноукладчика панели секции опалубки, бетоновод перемещается в сторону забоя. Бетоноукладочный комплекс при данной схеме включает: перегрузочный транспортер 1, въездную рампу 2, пневмобетоноукладчик 3, бетоновод 4, платформу 5 для поддержания бетоновода, бетоновозку 6, передвижную секционную опалубку 7.

Из сопоставления рассмотренных схем бетонирования видно, что схема бетонирования «на себя» позволяет иметь более короткий бетоновод и меньшее число его изгибов.

Как указывалось в § 23, в Кузбассе возведение постоянной крепи в выработках осуществляется вслед за продвижением забоя. В этих условиях обычно при бетонировании применяется инвентарная металлическая опалубка или переносная опалубка конструкции ГУЗНИИШахтостроя (см. § 35) и пневмобетоноукладчик. Схема работ по возведению крепи показана на рис. 87. Постоянная крепь отступает от забоя максимально на 3 м. Наличие металлической ладкостенной опалубки предохраняет свежесложенный бетон от разрушения при взрывных работах. Следует отметить, что расположение опалубки у забоя создает большие затруднения в правильном расположении оконтуривающих шпуров, что может привести к значительному увеличению коэффициента излишка площади сечения выработки.

§ 37. Возведение крепи из набрызгбетона

Набрызгбетон получает широкое распространение в практике сошения горных выработок различных назначений, формы и разме площади сечения*.

Нанесенный способом набрызга слой бетона обладает высо прочностью и хорошим сцеплением с породой. Бетон защиц поверхность горных пород в выработке от воздействия различ атмосферных агентов и снижает благодаря уменьшению шерох тости стен аэродинамическое сопротивление выработки, позвол лучше использовать площадь сечения выработки, так как кр в этом случае может быть принята меньшей толщины, чем при дру видах (дерево, металл). Затвердевший набрызгбетон составляет еди целое с породами, окружающими выработку, и этим снижает и возможность их сдвижения, заполняет разрывы и трещины в пор(ослабляющие массив, сглаживает неровности, которые могут б причиной опасных концентраций напряжений. Набрызгбетон вышает безопасность работ, так как крепление можно производ непосредственно вслед за проведением выработки. Крепь из брызгбетона можно возводить с учетом изменяющихся горно-гес гических условий путем увеличения толщины слоя бетона или и менения усиливающих элементов (штанговой крепи, арматур сетки и т. п.).

Набрызгбетон обеспечивает полную механизацию работ по и ведению крепи.

Таким образом, набрызгбетон имеет ряд весьма существенн преимуществ и может быть применен в качестве временной и стоянной крепи. Учитывая жесткость крепи из набрызгбето применение ее может быть рекомендовано для крепления выработ находящихся вне зоны влияния очистных работ.

С о с т а в н а б р ы з г б е т о н а. Набрызгбетон приг вляется из тех же материалов, что и монолитный бетон, т. е. вя щего (цемента), мелкого и крупного заполнителей и воды для за рения. Для приготовления набрызгбетона используются портла цемент или шлакопортландцемент высоких марок, обычно ма бетона принимается 400—500. Цемент не должен отличаться бс шой усадкой. При определении расхода цемента необходимо учи вать отскок, в котором будет содержаться меньше цемента и бол щегия и песка, а следовательно в исходной смеси будет больше мента. Расход цемента принимают 350—400 кг на 1 м³ сухой сме

Заполнитель — гравий и песок не должны иметь влажно более 3—5%. Соотношение цемента и заполнителя обычно при мается 1 : 3, при содержании крупного заполнителя (гравий) 1,0— и мелкого заполнителя (песок) 2,1—2,2.

Вода для затворения должна иметь температуру 15—18° С, с жение температуры замедляет окончание схватывания бетона.

* Подробнее см. Мостков В. М., Веллер И. Л. Применение набрызгбет при проведении горных выработок. М., «Недра», 1968.

Крупный заполнитель должен иметь размеры, не превышающие проектной толщины слоя набрызгбетона (максимальный размер до 5 мм). Форма частиц инертных материалов должна быть шарообразной или кубической.

Учитывая, что применение крупного заполнителя увеличивает потери материала в результате отскока до 70%, высказывается предложение о целесообразности применения двухкомпонентной смеси из цемента и песка с крупностью зерен до 5 мм или смеси песка и гравия при максимальном размере зерен до 10 мм.

Водоцементное отношение (В : Ц) равно 0,35—45. При такой величине В : Ц обеспечивается более высокая прочность набрызгбетона на сжатие и сокращается величина отскока.

Для ускорения схватывания набрызгбетона и нарастания его прочности применяются специальные добавки-ускорители, которые, кроме того, повышают адгезионную способность и уменьшают отскок. Добавки-ускорители могут быть подразделены на вводимые в воду затвердения (жидкие) и вводимые в сухую смесь (сухие). К жидким добавкам, нашедшим широкое распространение, относятся добавки в виде хлористого кальция, жидкого стекла, алюмината натрия и др., к сухим — спек ОЭС, фтористый натрий и др. Количество добавок принимается обычно в зависимости от цемента; так, хлористый кальций добавляется в количестве 2—3% от массы цемента, фтористый натрий — 1—2%, спек (ОЭС) — до 2—4%.

Для повышения водонепроницаемости крепи, а также для заделки течей при набрызге на мокрые и фильтрующие поверхности применяются алюминат натрия 2—3-процентной концентрации.

Оборудование для нанесения набрызгбетона. Нанесение набрызгбетона на поверхность выработки осуществляется специальными машинами, которые с помощью сжатого воздуха подают сухую смесь по трубопроводу к месту ее укладки. Для подачи сухой смеси применяются машины со шлюзовым аппаратом БМ-68 и БМ-70.

Основу машины БМ-68 (рис. 88) составляет вращающийся ротор-дозатор 1, который зажат между верхним 2 и нижним 3 резиновыми уплотняющими дисками. Нижний диск имеет два разгрузочных окна — одно (на рисунке не показано) для выдачи сухой смеси через патрубок в шланг 4, а другое 5 для выхлопа сжатого воздуха и выноса остатка смеси в лоток 6. Верхний диск закреплен на крышке 7 дозатора и имеет одно продолговатое загрузочное отверстие и систему продувочных щелей. Крышка дозатора стяжными болтами крепится к основанию 8, чтобы создать необходимое уплотнение между торцами ротора 1 и дисками 2 и 3. На крышке 7 установлена загрузочная воронка 9 с сеткой 10, внутри которой вращается побудитель 11. Сжатый воздух из магистрали подводится к входному штуцеру 12 и затем разводится в крышку дозатора, к щелям для разгрузки и продувки ячеек 13 ротора и через гибкий шланг к выходному патрубку для направления сухой бетонной смеси в материалный шланг 4. Машина приводится в действие электродвигателем 14.

Схема работы машины БМ-68 следующая: сухая бетонная смесь непрерывно подается через сетку 10 в загрузочную воронку 9, где

вращающийся побудитель *11* препятствует зависанию смеси в воронке. Через загрузочные проемы в крышке *7* дозатора и верхнем уплотняющем диске *2* смесь под тяжестью собственного веса заполняет ячейки *13* ротора, которые при вращении последнего подводятся к разгрузочному устройству, где сжатый воздух выдувает из них смесь в выходной патрубок. Далее смесь подхватывается и направляется в материальные шланги.

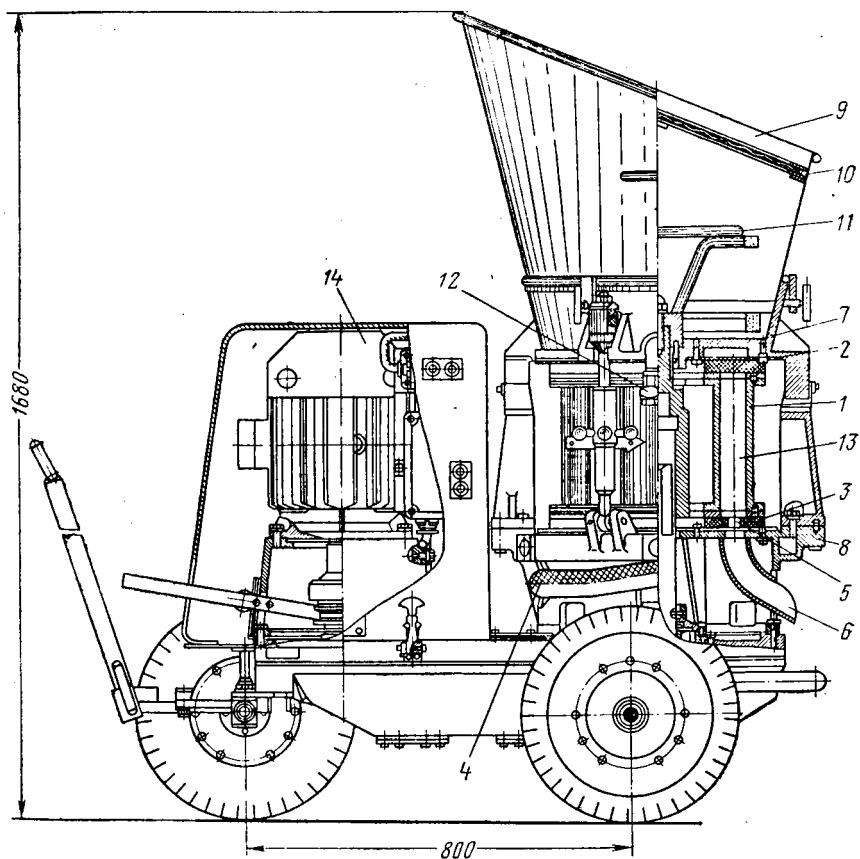


Рис. 88. Машина БМ-68

Машина БМ-70 является дальнейшим развитием машины БМ-68. Она перемещается по рельсовому пути и снабжена двухчелюстным загрузочным грейфером емкостью 60 л, который может захватывать сухую бетонную смесь из вагонетки и подавать ее в бункер машины.

Машины БМ-68 и БМ-70 могут быть использованы и для укладки бетонной смеси за опалубку.

**Техническая характеристика машин для нанесения
набрызгбетона**

	БМ-68*	БМ-70*
Производительность по сухой смеси, м ³ /ч . . .	$\frac{5-6}{10-14}$	$\frac{5-6}{10-12}$
Минимальный размер частиц-заполнителей, мм	$\frac{25}{40}$	$\frac{30}{40}$
Дальность подачи сухой смеси, м:		
по горизонтали	$\frac{250}{300}$	$\frac{150}{200}$
по вертикали	$\frac{100}{100}$	$\frac{50}{40}$
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	$\frac{9}{14}$	$\frac{9}{15}$
Мощность двигателя, кВт	4,7	15
Основные размеры, мм:		
длина	1450	3400
ширина	850	1100
высота	1650	1630
Масса, кг	1210	4500

* В числителе указаны данные при нанесении набрызгбетона, в знаменателе — при укладке бетонной смеси за опалубку.

Машины БМ-68 и БМ-70 являются достаточно совершенными. Они обеспечивают большую производительность и непрерывность процесса подачи сухой смеси, т. е. непрерывность возведения крепи. Для подачи сухой смеси принимается материальный шланг диаметром 50—90 мм, на конце которого устанавливается сопло, где происходит затворение смеси водой, подаваемой по водяному шлангу. С целью повышения качества затворения сухой смеси водой камеру смешения целесообразно отдалять от сопла на 5—6 м. Давление воды у сопла должно превышать давление воздуха в камере затворения на 1—1,5 кгс/см².

О р г а н и з а ц и я р а б о т. Нанесение набрызгбетона может осуществляться вслед за проведением забоя выработки, когда он выполняет роль временной крепи, или с отставанием от забоя, когда набрызгбетон выполняет назначение постоянной крепи. Очевидно, что для успешного крепления выработок набрызгбетоном необходимо при их проведении буровзрывным способом обязательно применять контурное взрывание.

Схема размещения оборудования при креплении выработки набрызгбетоном показана на рис. 89. Сухая бетонная смесь доставляется в выработку в контейнерах 1 по рельсовым путям, разгружается в лоток транспорта 2 и далее поступает в воронку бетономешалки 3. Из бетономешалки смесь по шлангу 4 поступает к соплу 5, при помощи которого наносится на стенку выработки. Вода для затворения бетонной смеси подается по шлангу 6 в напорный бачок 7 и далее по шлангу 8 в сопло 5.

Набрызгбетон, как постоянная крепь, наносится по мере продвижения забоя заходками длиной 6—10 м.

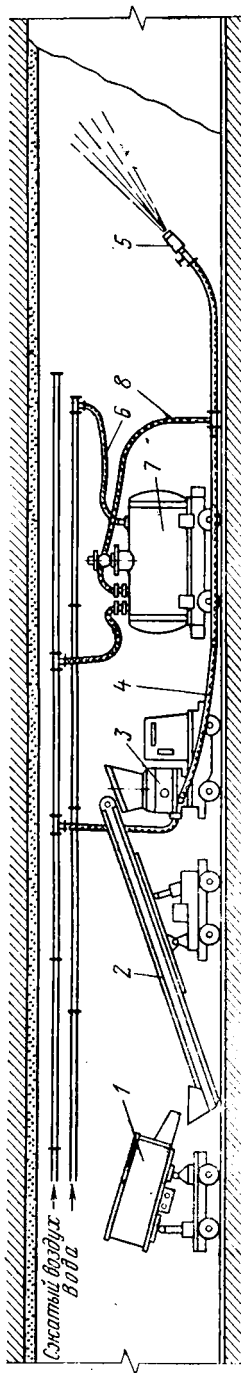


Рис. 89. Схема крепления выработки набрызгбетоном

При производстве работ по возведению крепи из набрызгбетона необходимо выполнение ряда мероприятий. Набрызгбетон должен наноситься как можно быстрее после обнажения пород, чтобы деформация их в результате изменения напряженного состояния была минимальной. Перед нанесением набрызгбетона необходимо произвести тщательную обorkу поверхности выработки, затем, промыв ее водой, очистить от пыли, глины и грязи. Наносить набрызгбетон следует в направлении снизу вверх на увлажненную поверхность, так как иначе происходит впитывание воды поверхностным слоем породы и снижение $B : Ц$, что резко снижает прочность набрызгбетона. При проведении выработок по водоносным породам необходимо увеличить содержание ускоряющих схватывание добавок, кроме того возможно, будет необходимо иметь наружный дренаж. Качество набрызгбетона в значительной степени зависит от квалификации сопловщика, так как он определяет направление движения струи набрызгбетона, управляя соплом, регулирует величину подачи воды и устанавливает расстояние от сопла до забоя.

Проведенные исследования по технологии возведения крепи из набрызгбетона позволяют сделать следующие рекомендации: бетонную смесь необходимо наносить равномерно слоями при кругообразном движении сопла;

струя материала должна быть перпендикулярна к покрываемой поверхности;

расстояние от сопла до покрываемой поверхности должно быть около 1 м;

верхняя граница водоцементного отношения $B : Ц = 0,4$;

толщина слоя набрызгбетона, наносимого за один прием, может быть принята для вертикальной поверхности 5—7 см.

В процессе нанесения бетонной смеси неизбежны потери в результате отскока ее от покрываемой поверхности. Величина отскока инертных заполнителей в среднем составляет 20—25%, цемента 10—15%. Наибольший отскок наблюдается при толщине набрызгиваемого слоя 3—5 см, с уве

личением толщины слоя отскок резко уменьшается. Уменьшению отскока способствует перпендикулярное расположение сопла к бетонируемой поверхности, повышение адгезионных качеств бетонной смеси и постоянство принятого водоцементного отношения.

При нанесении набрызгбетона на металлическую сетку размеры ее ячеек должны быть больше размеров крупного заполнителя (не менее 10×10 см). Для снижения отскока в этих условиях необходимо увеличить водоцементное отношение, а неровную поверхность выработки выравнить набрызгбетоном до навешивания сетки, после чего наносить рабочий слой проектной толщины. Толщина защитного слоя набрызгбетона над арматурными стержнями должна быть не менее 2 см.

Во избежание резкого высыхания покрытия из набрызгбетона целесообразно его регулярно поливать водой — не реже двух раз в сутки в течение трех дней после набрызга.

Как указывалось выше, крепь из набрызгбетона применяется как в чистом виде, так и в комбинации с металлической сеткой и штанговой крепью. Набрызгбетонная крепь в чистом виде применяется в породах достаточно устойчивых и однородных при незначительной их трещиноватости. Комбинированная крепь из набрызгбетона с металлической сеткой и штангами имеет большее распространение.

На рис. 90 показана комбинированная крепь из набрызгбетона и стальной сетки, которая в виде каркаса прикрепляется к стенкам выработки при помощи дюбелей. Каркас заполняется набрызгбетоном. Кроме того, из набрызгбетона наносятся утолщенные полосы, выполняющие роль арочной крепи.

При возведении крепи из набрызгбетона бригада рабочих обычно состоит из четырех — пяти человек. Производительность рабочего составляет $40—45$ м² поверхности выработки в смену при толщине покрытия 6—8 см. На нанесение 1 м³ сухой смеси затрачивается в среднем около 30 мин. Сопоставляя затраты по креплению однопутной выработки набрызгбетоном (толщиной 3 см) в комбинации со штанговой крепью (3 штанги на 1 м выработки) с креплением выработки монолитным бетоном (толщиной 25 см), можно установить, что при крепи из набрызгбетона затраты труда снижаются

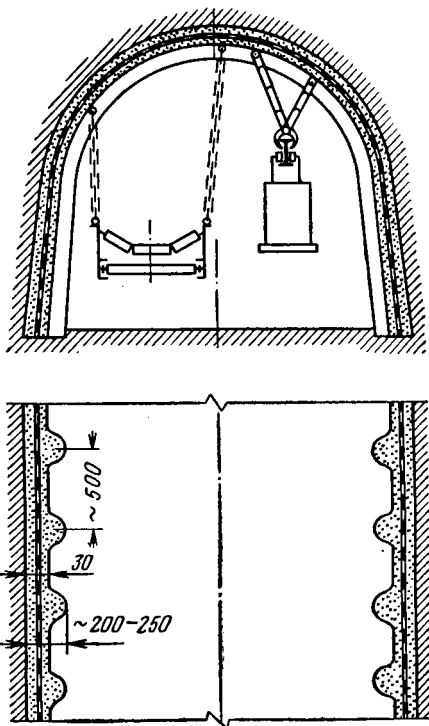


Рис. 90. Комбинированная крепь

примерно в 5 раз, стоимость крепления 1 м выработки уменьшается примерно на 57 руб., а объем вынимаемой породы на 1 м выработки до 2 м³.

§ 38. Возведение металлобетонной крепи

При креплении капитальных выработок глубоких шахт находит применение металлобетонная крепь из двутавровых балок или балок из спецпрофиля с бетонным заполнением. Несущими элементами этих крепей являются металлические арки и затяжки и в меньшей степени заполнение из бетона.

Технологически этот вид крепи можно рассматривать как крепь, возводимую в две стадии. В первой стадии устанавливаются у забоя металлические арки с затяжкой, которые в известной степени можно рассматривать как временную крепь, а далее с отставанием от забоя на 30—60 м производится замоноличивание металлических арок бетоном с толщиной слоя 20—35 см.

На практике в основном применяют металлобетонные крепи, в которых каркасом являются арки из двутавровых балок № 20^а—24, устанавливаемые из расчета 1,5 арки на 1 м выработки.

Статистические данные о состоянии металлобетонной крепи в капитальных выработках глубоких шахт Донбасса показывают, что деформации крепи достигают значительной величины. Наиболее существенные недостатки этого вида крепи следующие: а) каркасы устанавливаются непосредственно под породу, причем растянутая зона бетона в крепи не армирована, что приводит к нарушению целостности бетонного заполнения; б) каркасы разрезают бетонное заполнение на отдельные элементы, что при недостаточном сцеплении бетона с металлом не обеспечивает совместности их работы; в) холодное гнутье двутавровых балок малыми радиусами приводит к значительным затруднениям и возможным перенапряжениям в структуре металла.

Очевидно, основной задачей бетонного заполнения в этом случае является не образование несущих элементов крепи, а скорее получение надежных распорок между каркасами, а также заполнение между ними пространства для предохранения окружающих выработку пород от расслоения под воздействием влаги, содержащейся в шахтной атмосфере, и уменьшения аэродинамического сопротивления выработки.

Отмеченные недостатки, хотя и в меньшей степени, также свойственны каркасам из спецпрофиля.

Рассмотрим возведение металлобетонной крепи с арками из спецпрофиля. В однопутных выработках шириной в свету до 3,5 м применяется спецпрофиль СВП-22, а свыше 3,5 м — СВП-27. Спецпрофиль располагается открытой частью в сторону выработки, что обеспечивает лучшие условия совместной работы арки с бетоном. Затяжка кровли принимается в виде металлической сетки с размером ячеек 5 × 6 см. Такая затяжка обеспечивает плотное заполнение бетоном всего пространства за крепью. Арки крепи в зависимости

горно-геологических условий и срока службы выработки принимаются замкнутые (рис. 91, а) или без обратного свода (рис. 91, б). Для обеспечения ограниченной податливости крепи к стойкам арки приваривается ограничитель (см. узел А). Расстояние от ограничителя податливости до замка арок принимается в зависимости от передаваемой величины смещения кровли выработки. Учитывая, что наибольший прирост смещения кровли наблюдается в первые один-

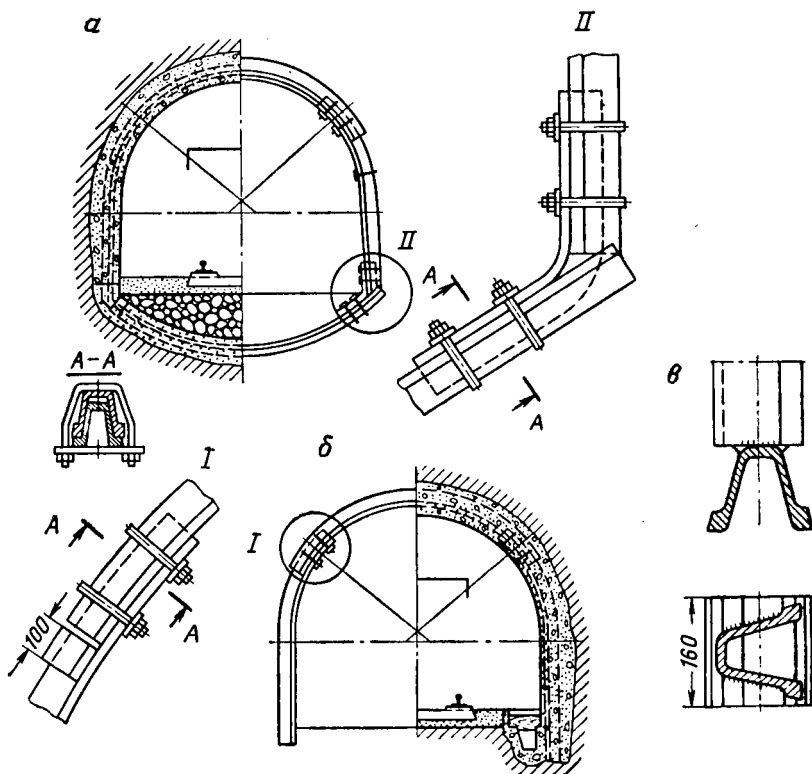
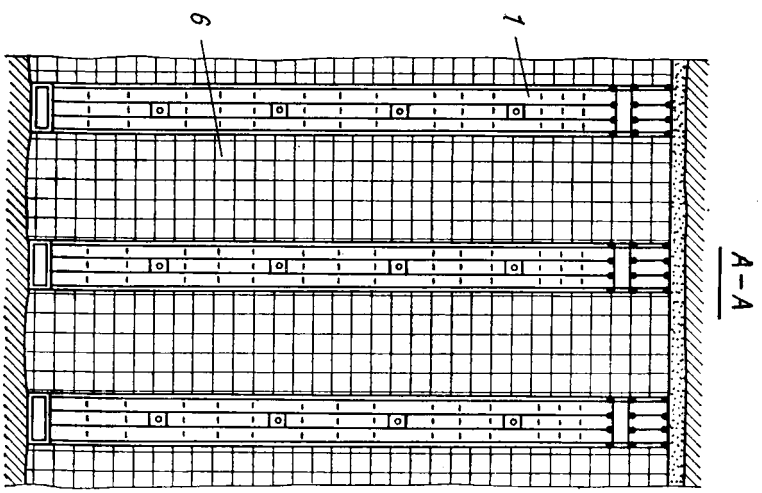
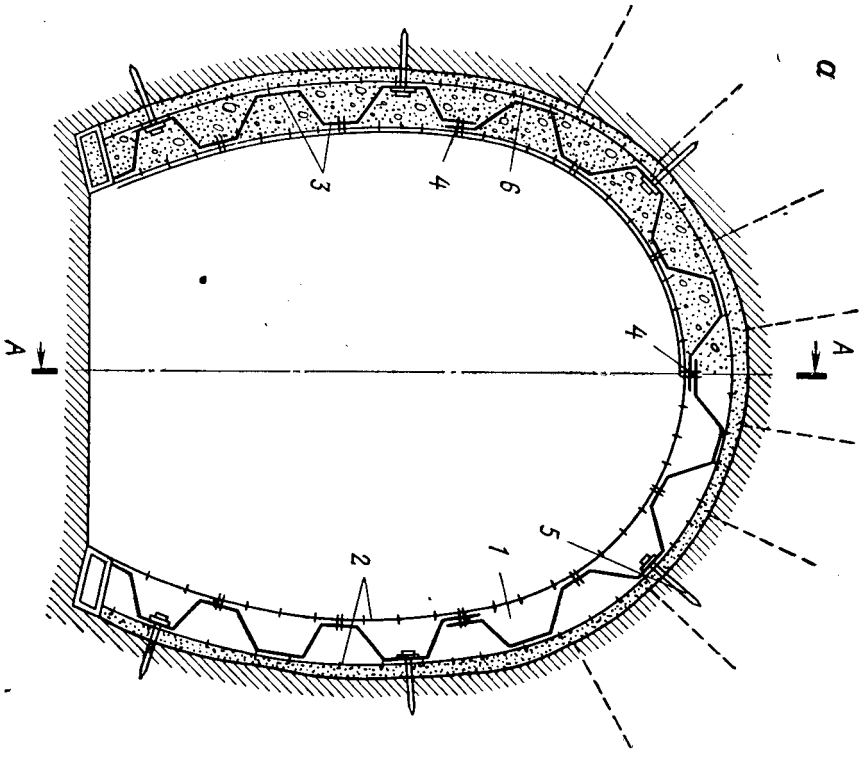


Рис. 91. Металлобетонная крепь

ва месяца после проведения выработки, в дальнейшем смещение оstepенно затихает и величина его в средних условиях составляет 30—120 мм. На этом расстоянии можно располагать ограничитель податливости. При наличии слабых пород к стойкам арок приваривают опорный башмак (рис. 91, в). При замкнутой форме арок соединение стоек с обратным сводом осуществляется с помощью угловых вензев и хомутов.

Бетонирование крепи производится с отставанием от забоя на 3—6 м, т. е. за зоной интенсивного смещения пород.

Учитывая отмеченные выше недостатки металлобетонных крепей, также их невысокую сопротивляемость, особенно в том случае,



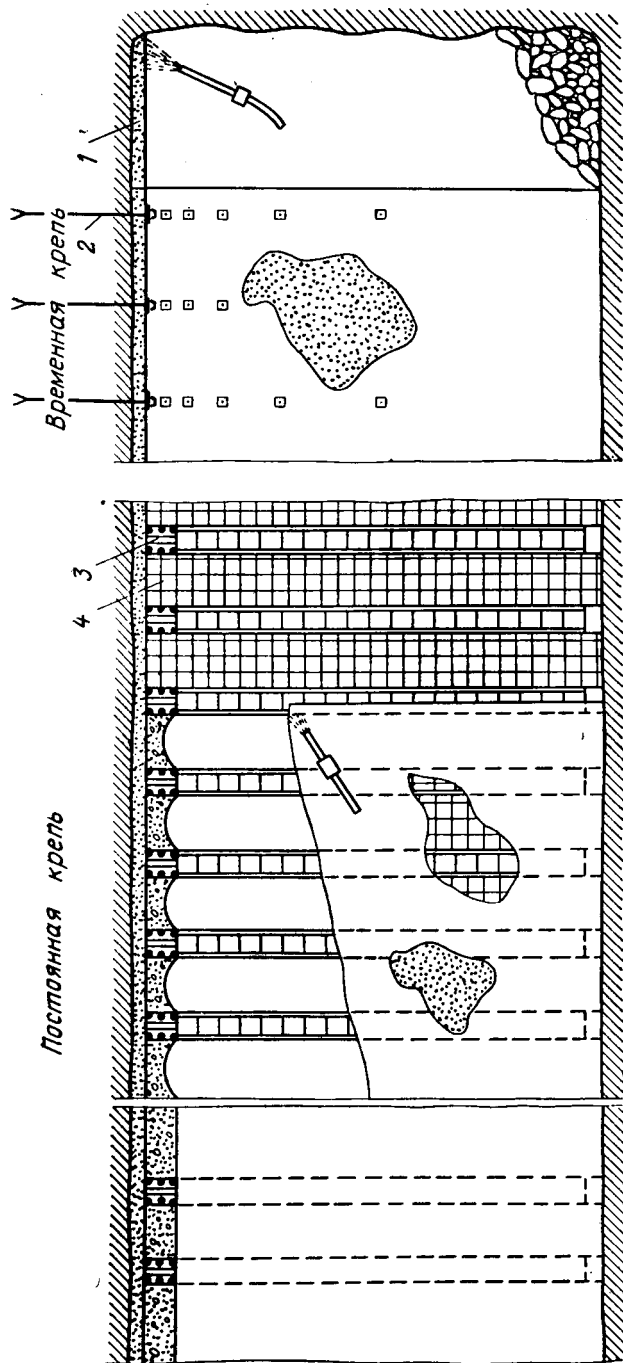


Рис. 92. Комбинированная решетчато-каркасная крепь

когда нагрузка вызывает эксцентриситет, целесообразно применение несущих каркасов из двух швеллерных балок, соединенных рёбрами. Такие каркасы позволяют значительно увеличить жесткость и сопротивление скручиванию, а также снизить момент сопротивления изгибу в плоскости каркаса. Применение каркасов из швеллерных балок № 10—14 не увеличит расхода металла по сравнению с каркасом из двутавровых балок, но обеспечит более надежное сцепление с бетоном.

За рубежом в капитальных выработках при большой глубине разработки в условиях весьма интенсивного горного давления в последнее время находят применение крепи, состоящая из балок в решетчатых каркасах, в комбинации с набрызгбетоном (системы Вебер, ФРГ).

Конструкция крепи (рис. 92, а) включает следующие элементы: решетчатые балки-каркасы 1, состоящие из двух арматурных секций (наружной и внутренней) 2, соединенных арматурой 3. Каркас собирается по форме в арку из отдельных элементов, скрепляется на месте установки сваркой или монтажной проволокой 4. А в процессе сборки закрепляется в боковых породах с помощью дюбелей 5. Между арками крепится сетка 6, служащая в качестве арматуры для набрызгбетона. Набрызгбетон в сочетании с замощенными в нем арками и арматурной сеткой обеспечивает прочную монолитную крепь.

Работы по возведению крепи (рис. 92, б) осуществляются следующим образом: после обделки породы в призабойном пространстве в первую очередь крепят сводчатую часть выработки набрызгбетоном 1 с толщиной слоя до 5 см. При этом в зоне, где возможно схождение пород кровли выработки, набрызгбетон усиливают штангами. Далее в выработке устанавливают решетчатые каркасы 3 постоянной крепи, натягивают арматурную сетку 4 и послойно наносят набрызгбетон до проектной толщины крепи порядка 20—25 см.

§ 39. Упрочнение горных пород при проведении выработок

При проведении выработок в породах с незначительной прочностью и слабым сцеплением по плоскостям контакта отдельных слоев, а также в породах, склонных к вспучиванию, оказывающих большое давление на крепь, для обеспечения большей устойчивости выработки необходимо производить тщательное заполнение пустот за крепью и упрочнение пород вокруг выработки. Эти работы обычно осуществляются путем нагнетания за крепь в породу цементно-песчаных растворов, а также различных синтетических материалов. У нагнетания растворов в породу по периметру выработки через пробуривают скважины глубиной 0,8—1,5 м. Скважины оборудуют (рис. 93) кондуктором 1 с пробковым краном 2, к которому присоединяют резиновый шланг 3. Зазор между стенкой скважины и кондуктором заделывают песчано-цементным раствором с добавкой ускорителя твердения. Для заполнения пустот и трещин в породе при

ается цементно-песчаный раствор состава от 1 : 4 : 1,5 до 1 : 6 : 1,75 (цемент : песок : вода) в зависимости от марки цемента.

Расстояние между скважинами изменяется в зависимости от структуры пород, а также от степени нарушения крепи. Например, в околоствольных выработках шахт Западного Донбасса это расстояние принималось по длине выработки от 5 до 15 м, а за рубежом (ФРГ) на одну скважину принимается площадь стенок выработки — 8 м². Давление при нагнетании раствора также изменяется в широких пределах — от 2 до 6 кгс/см², при сильно нарушенной крепи от 2 до 3 кгс/см². Расход тампонажного раствора на шахтах Западного Донбасса на 1 м² выработки изменялся от 0,2 до 0,3 м³, за рубежом до 2 т цемента на м выработки.

В последнее время за рубежом для заполнения трещин и пустот в породе используется вспенивающийся полиуретан, обладающий весьма высокой прочностью сцепления. Коэффициент вспенивания (увеличение объема) 1 : 7 при прочности на сжатие вспенивающегося полиуретана 100 кгс/см². Применение полиуретана осуществляется следующим образом. В скважину вводится полиуретановый патрон, в котором размещаются два компонента, вкладываемые в одну пластмассовую оболочку. При разрушении оболочек патронов компоненты мешиваются, вспениваются и плотно заполняют все пустоты и трещины, склеивая породы в массив.

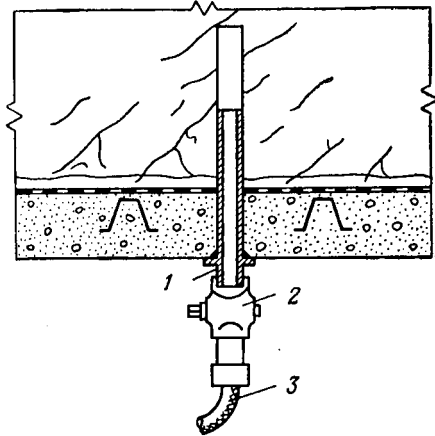


Рис. 93. Схема установки для упрочнения пород

Глава VII

ПРОВЕДЕНИЕ ВЫРАБОТОК ПОРОДОПРОХОДЧЕСКИМИ КОМБАЙНАМИ

Проведение выработок по породе в настоящее время осуществляется в основном с применением буровзрывных работ. Однако этот способ проведения выработок имеет ряд существенных недостатков: наличие большого количества последовательно осуществляемых операций проходческого цикла, что обычно сопровождается потерями времени, связанными с переходом от одной операции к другой; повышение опасности работ; наличие излишка породы, получаемой в результате взрывных работ, а отсюда увеличение расхода материалов на крепление выработок; нарушение сплошности окружающих выработку

пород, что снижает их устойчивость; большая численность рабочих в бригаде, что снижает производительность их труда.

Эти недостатки в значительной степени исключаются при педении выработок породопроходческими комбайнами. Вместе с широким применению комбайнов препятствует следующее: большая сложность конструкций комбайнов и значительные капиталы затраты на их приобретение; значительные расходы на инструмент (шарошки), применяемый в качестве бурового инструмента; изменение комбайнов целесообразно только в выработках значительной протяженности, так как в этом случае снижаются потери времени связанные с ремонтом комбайна при переводе его из одной выработки в другую; комбайны выбуривают выработку в основном круглого сечения, полезное использование сечения выработок такой формы меньше, чем выработок арочной формы; при работе комбайнов возникают значительные трудности в борьбе с пылью и в обеспечении охлаждения воздуха в выработке.

§ 40. Конструкции породопроходческих комбайнов

Комбайн для проведения выработок по крепкой породе был создан впервые в СССР по предложению Н. А. Чихачева в 1938 г. Разрушение породы комбайном осуществлялось резами, укрепленными четырёхлучевой крестовине диаметром 3 м. Испытание этого комбайна на шахте «Ново-Дружская» (Донбасс) в плотных песчанистых сланцах было неудачным (недостаточная мощность двигателя, малое напорное усилие, большой расход резов). В 1952 г. был разработан породопроходческий комбайн ППК-1 с шестилучевой крестовиной диаметром 3 м, армированной шарошками. Опытный образец комбайна ППК-1 испытывался при проведении квершлага на шахте № 3 «Красноармейская» (Донбасс). При этом был выявлен ряд существенных недостатков конструктивного и эксплуатационного характера.

В 1967 г. в СССР были начаты работы по разработке конструкций породопроходческих комбайнов для проведения выработок в породах с коэффициентом крепости $f = 6 \div 8$ и абразивностью до 30. В результате были созданы опытные образцы комбайнов ТО-1 и «Ясиноватец-1», а в дальнейшем, после их усовершенствования ТО-69 и «Ясиноватец-2».

В настоящее время Донгипромашем разработана модернизированная конструкция комбайна Тор-72 (рис. 94), а также новая конструкция проходческого комбайна — «Союз-19».

Техническая характеристика комбайнов Тор-72, «Союз-19» и «Ясиноватец-2» приведена в табл. 28.

За рубежом в последние годы создано значительное количество типов проходческих комбайнов (свыше 11 зарубежных фирм изготавливают такие комбайны).

На рис. 95 показан общий вид роторного комбайна типа «Вил (ФРГ), а на рис. 96 — схема расположения комбайна А и прицепной технологической платформы Б в забое выработки.

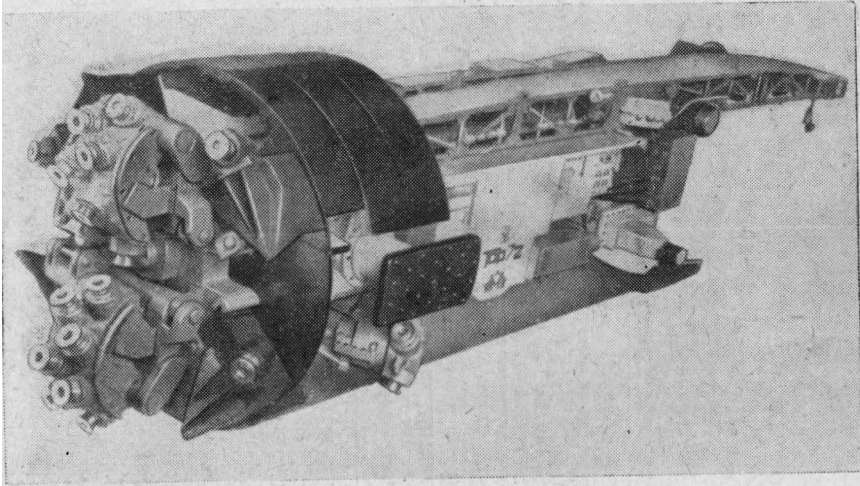


Рис. 94. Общий вид комбайна «Тор-72»

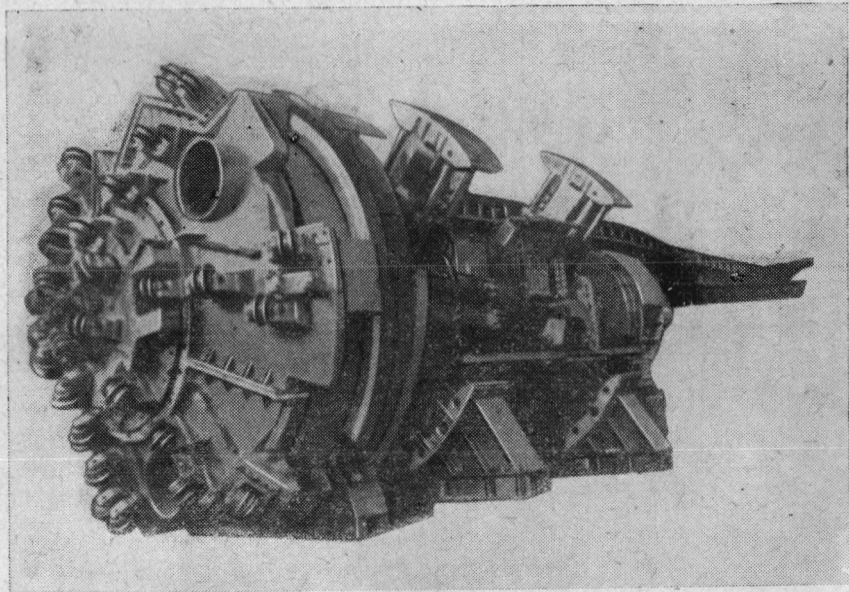


Рис. 95. Роторный комбайн «Вирт» (ФРГ)

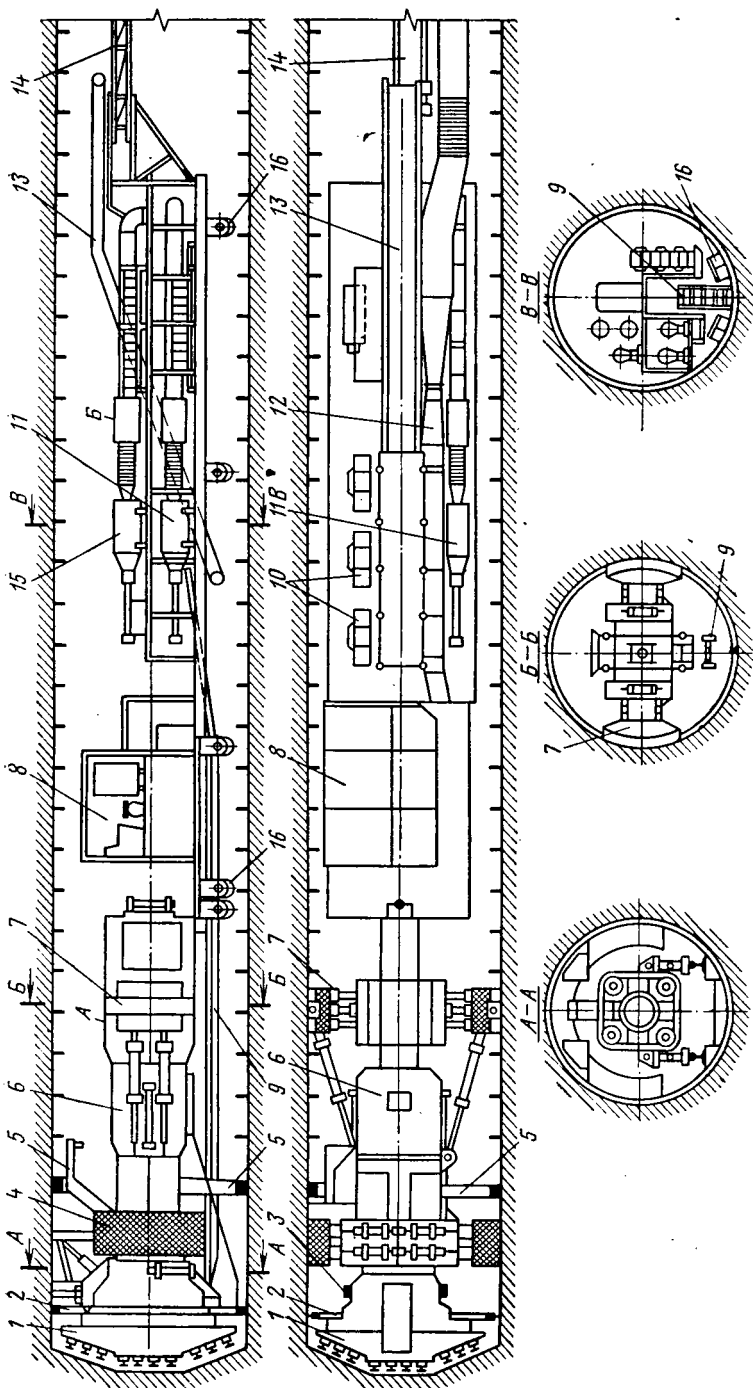


Рис. 96. Схема установки роторного комбайна в выработке

Показатели	Тип породопроходческого комбайна		
	«Ясинова-тец-2»	Тор-72	«Союз-19»
Диаметр выработки, м	3,6	3,6	18,6 м ²
Механизм передвижения комбайна	Шагающего типа		
Максимальный ход подачи, м	0,7	0,7	—
Максимальное усилие подачи, тс	120	160	640
Усилие распора, тс	210	250	910
Частота вращения бурового ротора, об/мин	6	11	—
Установленная мощность всех двигателей, кВт	259	362	850
Погрузочный орган	Ковшовый		
Длина комбайна, м	9,95	10,0	15,2
Масса комбайна, т	91,5	93	190

Комбайн включает: буровую роторную головку 1, пылезащитный щит 2, передние опорные цилиндры 3, переднюю распорную систему 4 вспомогательные устройства для возведения временной крепи 5, привод и подающее устройство 6, заднюю распорную систему 7, пульт управления 8 и нижний скребковый конвейер 9 для транспортирования породы от комбайна.

На прицепной технологической платформе комбайна смонтированы: трансформаторы 10, пылеулавливающая установка 11, кондиционер 12, промежуточный ленточный конвейер 13, передающий горную массу на конвейер 14, установка местного проветривания 15. Технологическая платформа смонтирована на четырех сдвоенных катках 16 и шарнирно соединяется с комбайном.

Материалы и запасные части доставляются к комбайну в вагонетках в зону погрузочного конвейера и далее перегружаются на монорельсовую дорогу и подаются к комбайну.

Рассмотрим основные элементы породопроходческих комбайнов.

Разрушающий орган. Применяются два основных типа разрушающего органа комбайна: а) орган обрабатывающий забой «в лоб», т. е. с фронта. Комбайны с таким органом называются фронтальными; б) орган, обрабатывающий забой с фланга. Комбайны с таким органом называются фланговыми.

В разрушающем органе фронтальных комбайнов большая часть породоразрушающего инструмента располагается перпендикулярно к поверхности забоя (рис. 97, а). По этому принципу работает большинство зарубежных комбайнов, например комбайны фирм «Д. Роббинс», «Алкирк», «Хьюдженс Тул» (США), «А. Г. Демаг», «А. Вирт» (ФРГ) и др. Эти комбайны имеют разрушающий орган в виде ротора с укрепленными на его поверхности шарошками различной конструкции.

Комбайн «Джарва Марк» (США) имеет разрушающий орган в виде тяжелого трехлучевого корпуса, оборудованного шарошкой (рис. 97, б). Разрушающий орган комбайна «Баде» (ФРГ) включает три зоны разрушения забоя (рис. 97, в) — две эксцентрично расположенные буровые коронки 1, которые вращаются вокруг собственных осей и одновременно вокруг оси комбайна, и две кольцевые планшайбы 2 и 3, предназначенные для обработки внешней и средней

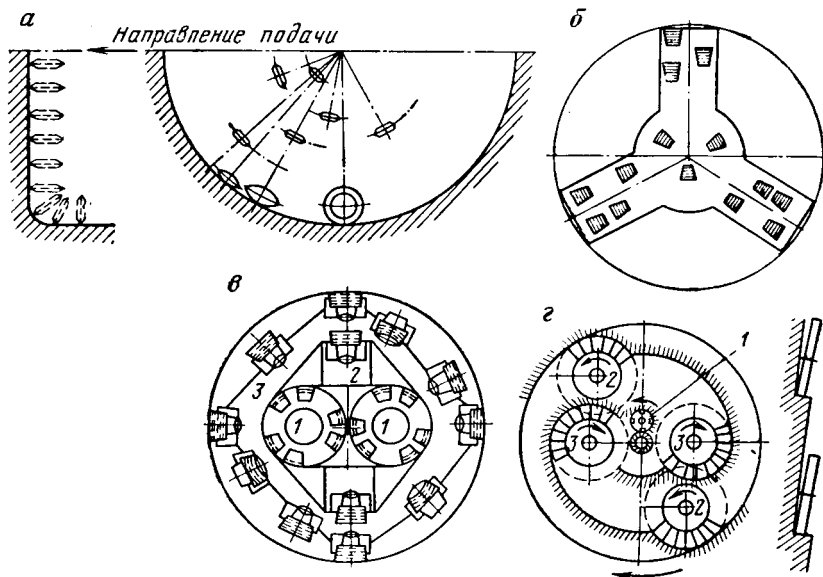


Рис. 97. Типы разрушающих органов роторных комбайнов

зон разрушения породы в забое. При работе фронтальных комбайнов порода разрушается главным образом от сжимающих усилий, поэтому для производительной работы комбайна необходимо создавать большие напорные усилия.

У фланговых комбайнов режущий инструмент прижимается к забою не в направлении оси выработки, а несколько наклонен к вертикали. Благодаря этому разрушающий орган комбайна снимает с поверхности забоя путем скола породы крупную стружку (рис. 97, г). Разрушающий орган таких комбайнов состоит из забуника 1, который, вращаясь эксцентрично и несколько наклонен по отношению к оси комбайна, выбуривает в плоскости забоя кривую и создает вруб. Кроме того, разрушающий орган оснащен двумя внешними 2 и двумя внутренними фрезами 3, которые вследствие своего расположения под углом к забою разбуривают его до полного диаметра выработки. При этом обе внешние фрезы и водил вращаются в противоположных направлениях, так же как и забуник, и внутренние фрезы. Благодаря этому возникающие крутящие моменты взаимно уравновешиваются. Такой способ разрушения породы в забое по сравнению с фронтальным требует значительно

еньших усилий подачи. К этой группе относятся комбайны фирм: А. Вольмейер» (Австрия), «Хабеггер» (Швейцария) и др.

Породоразрушающий инструмент. В породоразрушающих комбайнах обычно используется шарошечный инструмент. В зависимости от крепости породы и других геологических особенностей в основном применяются шарошки дисковые и армированные стержнями из твердого сплава.

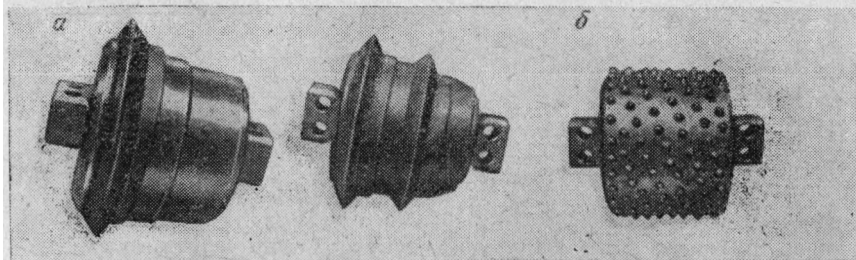


Рис. 98. Шарошки

На рис. 98, *a* показана дисковая шарошка конической формы одной и двумя рабочими кромками для пород средней крепости; на рис. 98, *б* — шарошка, армированная вставками из твердого сплава для пород высокой крепости.

Шарошки имеют диаметр 230—300 мм и вращаются в подшипниках качения. Количество шарошек изменяется в зависимости от диаметра выработки и свойств пересекаемых пород. Так, комбайн «Синоватец-1» при диаметре выработки 3,6 м имел 31 дисковую шарошку, комбайн типа «Роббинс» М-161 при диаметре выработки 9 м и породах с временным сопротивлением сжатию от 400 до 1000 кгс/см² имеет 50 шарошек, комбайн «Вирт» при диаметре выработки 3 м и породах с временным сопротивлением сжатию 100 кгс/см² — 16 шарошек со стержневыми вставками твердого сплава.

Усилие, приходящееся на одну шарошку, изменяется в зависимости от свойств породы от 8 до 14 тс.

Передвижение комбайна. Для передвижения комбайнов обычно принимается распорно-шагающая схема. На рис. 99, *a* показана схема передвижения комбайна типа «Вирт» (ФРГ). Положение *I* — комбайн начинает работу в забое выработки. Опорная система распирается в бока выработки. В процессе бурения ротор комбайна выдвигается распорными домкратами вперед по отношению к неподвижному корпусу (положение *II*). После выдвигения ротора величину хода подачи домкратов (до 1,5 м) процесс бурения прекращается, и опорная система сжимается. Комбайн в это время удерживается в устойчивом состоянии опорными планшайбами (положение *III*). Далее корпус комбайна при неподвижном состо-

янии ротора распорными домкратами перемещается на забой (положение IV), затем цикл работы комбайна повторяется (положение

Общее распорное усилие между стенками выработки и опор комбайна в зависимости от диаметра выработки изменяется от 50 тс при диаметре 2,4 м до 780 тс при диаметре 4,2 м. Усилие под составляет соответственно 250 и 400 тс.

Отметим, что усилие подачи в комбайнах флангового типа, в частности в комбайне «Хабеггер», при проведении выработки д

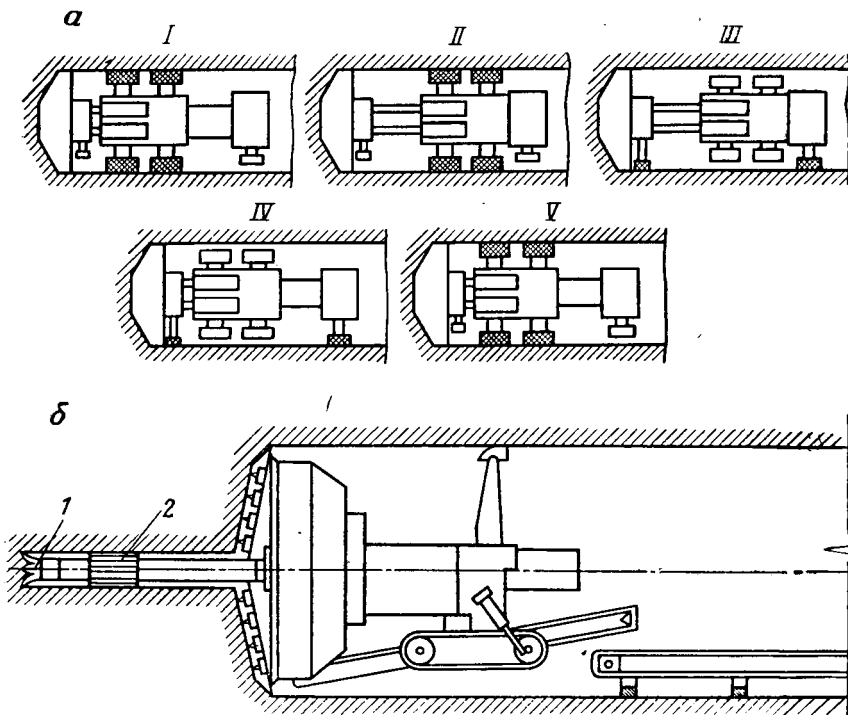


Рис. 99. Схемы передвижения комбайна

метром 3,4 м в породах с временным сопротивлением сжатию $180 \cdot 2400 \text{ кгс/см}^2$ составляет 20—30 тс.

На рис. 99, б показана схема подачи комбайна на забой пу подтягивания (комбайны «Алкир» и «Лоуренс», США). В цент роторной головки размещается штанга с забурником 1, котор в забое пробуривается передовая скважина диаметром 20—25 на глубину 1,5—2 м. После завершения бурения передовой скважи штанга с помощью резиновой манжеты 2 типа пакера распирает в скважине, и комбайн подтягивается к забою. Усилие вытягивае штанги при этом больше усилия подачи комбайна на забой и сос вляет около 600 тс. Величина одной заходки около 60 см. Испо зование этой схемы подачи комбайна на забой значительно уменьш размеры устройства для распора комбайна в стенки выработ

таким образом, снижает вес комбайна, а следовательно и его стоимость. Холостое перемещение комбайна по выработке осуществляется с помощью гусениц.

Удаление разрушенной породы от комбайна. Учитывая большие объемы разрушенной породы, получаемой при работе комбайна (до 60 м³ и более на 1 м подвигания забоя), необходимость тщательной зачистки почвы выработки, обычно удаление породы осуществляется при помощи ковшей, закрепленных во внешней окружности ротора. При вращении ротора ковши захватывают разрушенную породу с почвы выработки, поднимают ее верхнюю часть ротора и выгружают по наклонным решёткам на транспортер. Для зачистки породы с почвы выработки комбайн снабжается лыжей, имеющей острогранное плунжерное устройство, которое при передвижении комбайна сгребает породу и передает ее на транспортер. Транспортер применяется обычно цепной скребковый, он должен обладать повышенной прочностью.

Транспортирование породы от комбайна. Выбор схемы транспортирования породы обуславливается заданной скоростью проведения выработки, ее сечением и длиной. Транспортирование породы может быть осуществлено с применением различных технических средств, обеспечивающих высокую пропускную способность и исключающих задержки в работе комбайна. Необходимо, чтобы вся разрушаемая комбайном порода в течение цикла его работы была удалена из забоя без задержек. Обычно транспортера комбайна порода перегружается на промежуточный конвейер и далее на стационарный, наращиваемый по мере продвижения забоя.

Возможны и иные решения. На рис. 100, а показана схема, при которой транспортирование породы осуществляется следующим образом. Порода с транспортера комбайна 1 поступает на промежуточный конвейер 2, с которого перегружается в бункер 3 и далее на перегружатель 4. Под перегружатель подается состав вагонеток. Главная емкость вагонеток состава должна обеспечивать погрузку породы за цикл подвигания комбайна.

На рис. 100, б представлена схема транспортирования породы комбайна 1, оборудованного транспортером 2 длиной 16 м. Порода транспортера грузится в самоходный вагон 3 типа «Хегглюнд» емкостью 11 м³, который постоянно находится под погрузкой и служит бункером при отсутствии порожнего состава вагонов. Из этого вагона порода перегружается в поданный порожний вагон 4.

На рис. 100, в показана схема проведения тоннеля комбайном 1 применением пневматического транспорта породы. При помощи транспортера 2 порода передается в бункер питателя 3, скомпонованного с турбовоздуходувкой 4, которая подает породу в магистральный трубопровод 5 диаметром 350 мм, состоящий из отдельных звеньев длиной по 4 м. Все оборудование смонтировано на технологической платформе, соединенной с комбайном. Трубопровод имеет пескочасное звено 6 длиной 4 м. Турбовоздуходувка развивает давление 0,7 кгс/см²; максимальные размеры кусков породы 80 мм,

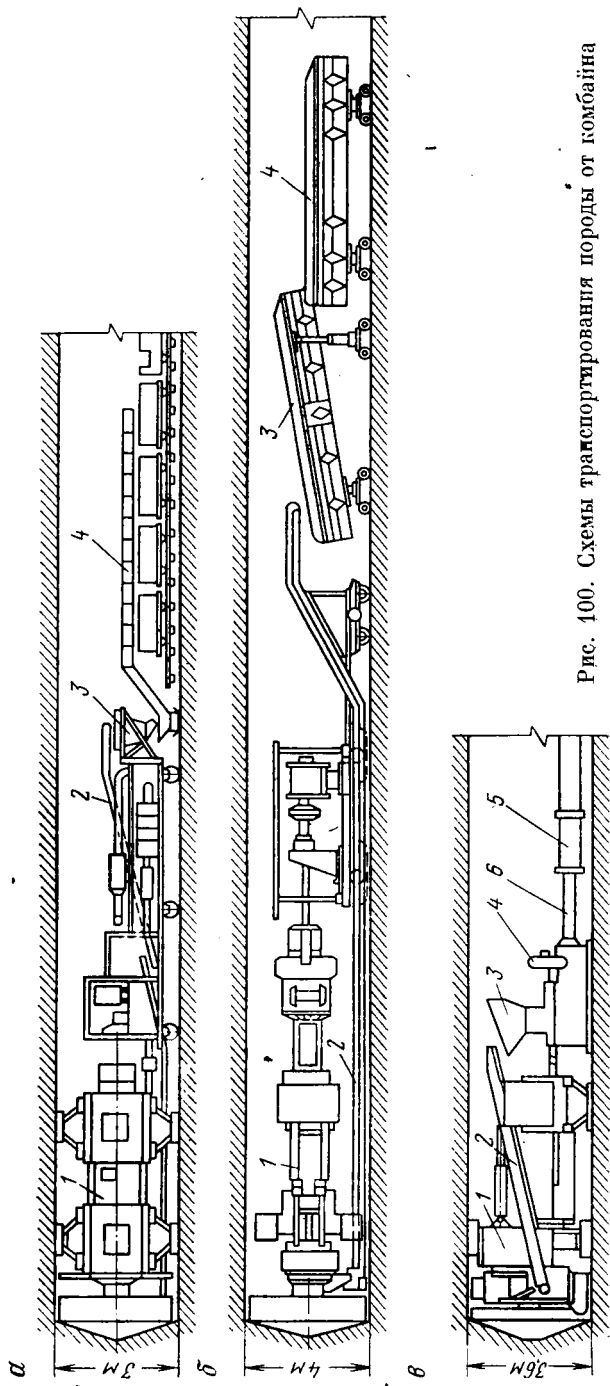


Рис. 100. Схемы транспортирования породы от комбайна

ичество фракций размером 76—80 мм не более 8% общего объема оды. К недостаткам системы пневматического транспорта необходимо отнести высокую энергоемкость и значительные затраты на ремонтные трубопроводы в связи с их износом. Разрабатывается схема работы комбайна с вакуумным отсосом рушаемой породы. Вакуумный насос отсасывает породу непосредственно от исполнительного органа комбайна. Порода поступает

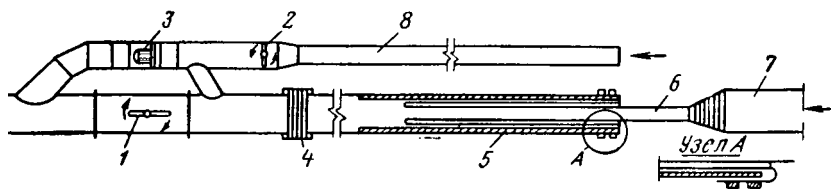


Рис. 101. Аккумулятор вентиляционного трубопровода

пневмопроводу к дробильной установке, расположенной в хвостовой части технологической платформы комбайна. В дробилке порода дробится до 25—50 мм и по пневмопроводу транспортируется погрузочного пункта, где, пройдя через циклон, попадает в транспортную систему. Производительность вакуумного насоса, смонтированного на комбайне в блоке с дробильной установкой, при крупности кусков угля 50 мм достигает около $85 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Проветривание забоя. Для обеспечения непрерывного проветривания забоя при работе комбайнов и исключения в этих целях ударных перерывов в их работе из-за необходимости наращивания вентиляционного трубопровода между комбайном и стационарным трубопроводом устанавливается аккумулятор вентиляционного трубопровода (рис. 101). Он имеет две заслонки 1 и 2, вспомогательный вентилятор 3, гибкое соединение 4, секцию аккумулирующей трубы 5, подающийся трубопровод 6, стационарный 7 и промежуточный 8 трубопроводы. Секций аккумулирующей трубы может быть несколько. Во время нормального проветривания вспомогательный вентилятор 3 выключен, заслонка 1 открыта, а заслонка 2 закрыта. В процессе подвигания забоя наращивание трубопровода производится сдвиганием складывающегося трубопровода 6 без нарушения системы проветривания. По исчерпанию длины складывающегося трубопровода (порядка 30 м) отсоединяется стационарный трубопровод и включается вспомогательный вентилятор 3, который обеспечивает проветривание забоя. Для этого заслонка 1 закрывается, заслонка 2 открывается. В аккумуляторе трубопровода создается разрежение воздуха, под действием которого складывающийся трубопровод снова вдвигается в аккумулирующую трубу. В это время промежуточный трубопровод подает воздух в забой. Количество воздуха, подаваемого в зону работы комбайна, изменяется в пределах $600—1200 \text{ м}^3/\text{мин}$. Диаметр стационарного трубопровода принимается $1000—1200 \text{ мм}$.

К он д и ц и о н и р о в а н и е в о з д у х а . Климатические условия в забое выработки при работе комбайна ухудшаются вследствие повышения температуры воздуха в результате работы электродвигателей, имеющих суммарную мощность до 1000—1200 кВт, а также из-за недостаточного охлаждения пород на участке выработки, непосредственно примыкающем к забою, при большой скорости его подвигания. Для поддержания температуры в зоне работы комбайна ниже 25—26° С устанавливается холодильная машина производительностью 250—350 тыс. ккал/ч.

Б о р ь б а с п ы л ь ю . При работе роторных комбайнов выделяется 200—500 мг пыли на 1 м³ воздуха в зависимости от скорости резания. Для предотвращения распространения пыли по всей выработке рабочий орган комбайна и призабойное пространство ограждаются от остальной части выработки пылезащитным щитом с равномерным уплотнением по его контуру. При подаче свежего воздуха в забой выработки часть его поступает в призабойное пространство между резиновым уплотнением и забоем выработки, где витающая буровая пыль смачивается водой и отсасывается пылеулавливающей установкой.

Свежий воздух подается в призабойное пространство в количестве 100—150 м³/мин, т. е. соотношение запыленного воздуха и свежего воздуха, поступающего в выработку, составляет от 2,5 : 1 до 5 : 1.

Для пылеподавления применяются различные конструкции орошающих установок — циклонного, эжекторного и других видов. Для связывания частиц пыли и одновременного охлаждения пород и орошения призабойного пространства применяют оросительную систему. Вода разбрызгивается через 20—30 форсунок. Удельный расход воды на очистку воздуха изменяется от 0,1 до 0,3 л/м³, достигая в целом 160—200 л/мин. В результате орошения призабойного пространства запыленность поступающего в пылеулавливающую установку воздуха снижается до 3—4 мг/м³.

К о н т р о л ь з а д а н н о г о н а п р а в л е н и я к о м б а й н а . Для контроля направления комбайна чаще всего используется газовый лазерный генератор на смеси гелия и неона. В процессе проведения выработок комбайном «Ясиноватец-1» применялась лазерная установка Автоматгормаша (см. § 31).

§ 41. Проведение выработок комбайнами

При проведении выработок комбайнами имеют место три фазы работ — подготовительные работы, собственно проведение выработки и демонтаж оборудования.

Подготовительные работы включают следующие процессы: сооружение монтажной камеры и стартовой выработки для заводки комбайна; доставку узлов и монтаж комбайна; опробование и заводку комбайна в стартовую выработку.

Монтажная камера служит для сборки комбайна. Размеры камеры зависят от диаметра выработки, проводимой комбайном, и ее конструкции. Опережающая стартовая выработка предназначается для

легчения забуривания комбайна и по своему диаметру и длине должна обеспечивать размещение комбайна в сборе.

Форма и размеры монтажной камеры и стартовой выработки для комбайна диаметром 5—6 м приведены на рис. 102. Камера закрепляется арочной металлической или штанговой крепью и оборудуется подъемной балкой на два крана грузоподъемностью по 15—20 т. При расположении монтажной камеры вблизи околоствольного

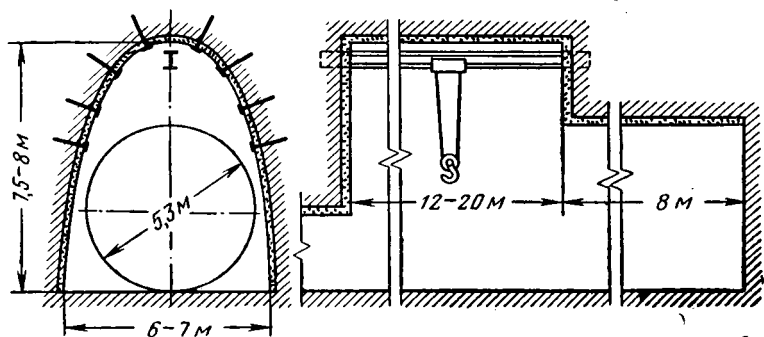


Рис. 102. Монтажная камера

ора она может быть в дальнейшем использована для механической откатки, склада и других целей.

Для транспортирования по стволу и выработкам комбайн должен быть демонтирован на транспортабельные узлы. Доставка узлов монтажную камеру может производиться рельсовым транспортом на специальных платформах, а также в большегрузных платформах автомобилей.

Продолжительность монтажных работ зависит от размеров и конструкции комбайна, а также от организации доставки отдельных узлов комбайна в камеру. На монтажные работы и испытания отдельных узлов комбайна затрачивается от 30 до 50 сут при общей трудоемкости работ 700—1400 чел-смен.

После окончания монтажа основного оборудования проверяют функционирование отдельных узлов комбайна, а затем заводят его в стартовую выработку и делают пробный пуск.

Собственно проведение выработки комбайном включает следующие процессы: разрушение породы, транспортирование и погрузку породы и возведение крепи. При разрушении породы комбайном необходимо особое внимание уделять регулярному контролю за износом инструментом, особенно за износом режущих кромок армированных стержней, за плотностью и смазкой подшипников шарошек и креплением держателей режущего инструмента. Поскольку оконтуривающие шарошки подвергаются наибольшему износу, необходимо своевременно их заменять. При замене изношенных шарошек новыми важно учитывать, что нагрузка на новую шарошку, тановленную рядом с изношенной, будет значительно выше. Поэтому важно располагать шарошки с одинаковой степенью износа

в одном ряду. Для сокращения вибрации шарошек при работе в св с возникновением люфта в подшипниках рекомендуется работ с максимальным усилием подачи. Особое внимание необход уделять состоянию центральных шарошек, так как они испытыв наиболее высокие нагрузки. При работе шарошек должно б обеспечено регулярное их охлаждение водой, разбрызгивае через форсунки. Износ режущего инструмента зависит от свой

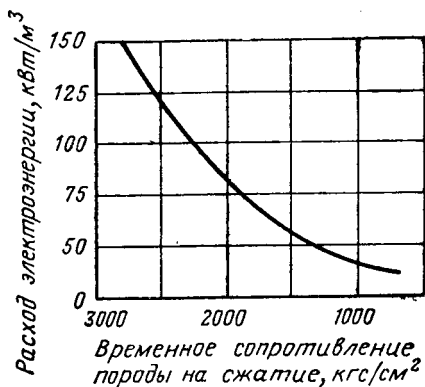


Рис. 103. График изменения расхода электроэнергии комбайном в зависимости от прочности породы

породы (содержания в породе разивных материалов, крупно зерен и силы сцепления их) также от скорости резания и з для прижатия инструмента к бою и др. По данным зарубеж практики, продолжительность боты шарошек в зависимости крепости породы изменяется 200 до 300 ч.

Расход электроэнергии при боте комбайна изменяется в за симости от крепости пор (рис. 103).

Крепление выработки при п ведении ее комбайном обы осуществляется параллельно с р рушением забоя, но с некотор отставанием от комбайна. При э

необходимо крепление выработки осуществлять со скоростью ниже скорости подвигания забоя, обеспечивать полное исклю ние каких-либо вывалов породы из кровли и не сдерживать боту транспорта.

Поскольку выработки, проводимые комбайном, имеют кругл форму сечения и в основном сооружаются в прочных породах, к пление можно осуществлять штанговой крепью (предпочтител с железобетонными или полимерными штангами). При пересече слабых трещиноватых пород применяется кольцевая металличе крепь. Установка крепи в этих условиях сдерживает работу к байна, так как может производить я при одновременной раб комбайна только за задней его распорной системой, т. е. на дл комбайна выработка будет незакрепленной. Для исключения об шения породы в этих условиях приходится останавливать раб комбайна и устанавливать крепь в зоне забоя. При примене в качестве крепи монолитного бетона, что типично для гидротех ческих тоннелей, возведение крепи должно осуществляться по с мам, рассмотренным в § 36.

Демонтаж комбайна после окончания работ по проведению 1 работки требует значительного расхода времени и больших затр труда. В средних условиях продолжительность демонтажа к байна составляет 30—40 сут, а трудоемкость работ 400—600 ч смен.

42. Производственные показатели работы комбайнов

Основными производственными показателями работы комбайна являются скорость проведения выработки, использование комбайна во времени, численность обслуживающего персонала и производительность труда. В табл. 29 приведены данные о скорости проведения работ комбайнами фронтального типа. Из анализа этих данных

видно, что скорость проведения меняется в больших пределах максимальной скоростью в сутки меньше от 10 до 120 м) и практически не зависит от диаметра выработки и от свойств пересекаемых пород. Это позволяет считать, что рабочий орган комбайна фронтального типа достаточно работоспособен и надежен, а колебание скорости проведения выработок в основном обуславливается организацией работ, применяемой системой транспорта горной массы от комбайна, способом поддержания выработки (типа и конструкции крепи), организационной увязкой выработки и работы комбайна, производством вспомогательных работ, эффективностью работы обслуживающего комбайн персонала и в зависимости от его квалификации.

Практика применения комбайнов типа «Вирт» и «Демаг» за последнее время в ФРГ позволяет установить некоторые средние показатели работы фронтальных комбайнов в зависимости от свойств пересекаемых пород (табл. 30).

Максимальная скорость проведения достигала по сланцу 35 м/сут, а по песчанику 26 м/сут и соответственно 420 и 300 м/мес. На рис. 104 приведены диаграммы использования комбайна во времени при проведении 7000 м полевых выработок и квершлагов главных наклонных диаметром 4,8 и 5,1 м на шахте «Министр Штейн» (ФРГ). На рис. 104, а указана продолжительность отдельных производственных процессов в процентах за 1 сут при проведении выработок в устойчивых сланцах и песчаниках, а на рис. 104, б — в тех же породах, но неустойчивых, склонных к обрушению.

Из приведенных данных видно, что использование комбайна в устойчивых сланцах и песчаниках примерно одинаково и составляет около 33—34%. Большие расхождения получаются при разном рассмотрении влияния простоев; так, при проведении выработки по сланцам имеют место большие простои из-за транспорта, что, очевидно, связано с большой скоростью подвигания забоя, а в песчаниках простои растут ввиду замены шарошек. При проведении

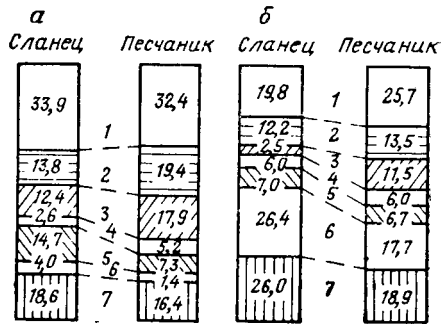


Рис. 104. Диаграммы продолжительности отдельных процессов при работе комбайна:

1 — чистое время работы комбайна; 2 — технический уход за комбайном; 3 — замена бурового инструмента; 4 — передвижение рабочих; 5 — смена составов вагонеток; 6 — крепление; 7 — простой

Т а б л и ц а

Шахта, выработка	Диаметр выработки, м	Длина выработки, км	Порода, коэффициент крепости	Скорость проведения выработки, м			
				м/месяц		м/сут	
				максимальная	средняя	максимальная	
К о м б а й н «Я си н о в а т е ц - 1»							
Им. Ю. Гагарина	3,6	—	$f = 4$	132	79	16	3
Им. Н. Изотова	3,6	—	$f = 4 \div 7$	125	86	17	3
Им. В. И. Ленина	3,6	—	$f = 4 \div 7$	86,6	76,3	5,7	2
К о м б а й н Т о р - 69							
№ 4/5 «Никитовка»	3,6	—	$f = 6$	206	156	16	-
К о м б а й н «Р о б б и н с»							
Гидротехнический тоннель, о. Тасмания	4,9	12,9	Крепкие песчаники и глинистые сланцы	—	—	40	15
Водоподводящий тоннель, Штутгартен (ФРГ)	3,0	9,0	Конгломерат, известняк	—	—	64	33
Тоннель «Бланко» (США)	3,2	12,55	Сланцы	2046	1046	114	41
Полевая выработка шахты «Министр Штейн» (ФРГ)	4,8—5,1	7,0	»	—	—	35,2	12
Тоннель ОСО (США)	3,2	10,5	»	2087	—	126	-
Тоннель «Азотеа» (США)	3,9	20,5	»	1600	762	73,6	45
К о м б а й н «Д е м а г» А Г							
Гидротехнический тоннель «Окер-Гране» (ФРГ)	3,15	7,35	Песчаник	—	164	45	-
Тоннель сточных вод, Стокгольм (Швеция)	2,3	0,52	Гранит	—	—	45	-
К о м б а й н «Д ж а в р а»							
Водоподающий тоннель «Лас-Вегас» (США)	3,6	6,1	Песчаник	—	—	84	32
Водоподающий тоннель «Сент-Луис» (США)	2,4	3,0	Известняк	—	—	21,6	-
К о м б а й н «В и р т»							
Полевой штрек шахты «Консолидацион» (ФРГ)	3—5,3	1,54	Сланцы песчанистые	—	—	—	8
Полевой штрек шахты «София Якоби» (ФРГ)	4,5	5,3	То же	—	—	15,1	5

Порода	Скорость бурения, об/мин	Коэффициент использования комбайна, %	Скорость подвигания забоя, м/сут
Сланцы	4,86	27,3	19,0
Песчанистый сланец	3,92	25,8	14,6
Песчаник	3,06	22,5	14,5

выработок в неустойчивых породах использование комбайнов снижается и составляет в сланцах 20% и в песчаниках 26%. Это может быть объяснено большими объемами работ по креплению, которые составляют при сланцах почти 26% и при песчаниках 17%.

Средняя численность бригады, обслуживающей комбайн за смену, колеблется от 9 до 12 человек. В состав такой бригады входят:

Машинист комбайна	1
Крепильщики	2
Рабочие, обслуживающие монорельсовую группу	2
Рабочий на погрузочном пункте	1
Слесарь	1
Электрик	1
Техник	1

Производительность труда на члена бригады, занятого собственно проведением выработки комбайном, изменяется в довольно широких пределах и главным образом зависит от свойств пересекаемых пород.

	Производительность труда	
	м ³ /чел-смену	см/чел-смену
Сланцы:		
устойчивые	7,0—8,0	40—45
неустойчивые	2,5—3,5	20—25
Песчаники:		
устойчивые	5,5—6,0	30—32
неустойчивые	5,0	25—3

Стоимость проведения выработок комбайном изменяется в зависимости от площади сечения выработки, свойств пересекаемых пород и в некоторой степени от общей длины выработки. Если влияние первых двух факторов очевидно, то представляет интерес исследование зависимости стоимости проведения выработки от ее длины. С увеличением длины выработки снижаются на единицу длины затраты на сооружение монтажной камеры и стартовой выработки, а также расходы на монтаж и демонтаж комбайна.

Необходимо также отметить, что стоимость проведения выработок комбайнами по сравнению с проведением буровзрывным способом снижается за счет получения точного контура выработки, что приводит к исключению перекладки бетона.

Таким образом, при прочих равных условиях экономическая целесообразность применения комбайнов в известной степени будет обуславливаться длиной выработки. По данным зарубежного опыта,

в условиях шахтного строительства длина выработки должна быть не менее 3 км. В условиях сооружения тоннелей при штольневом вскрытии их забоя, учитывая отсутствие затрат на сооружение монтажных камер и меньшие затраты на собственно монтаж комбайна (упрощаются условия доставки деталей комбайна и собственные монтажные работы), длина тоннеля уже не имеет столь большого влияния на эффективность применения комбайнов и их использование может быть оправдано уже при длине тоннеля 0,8—1,5 км.

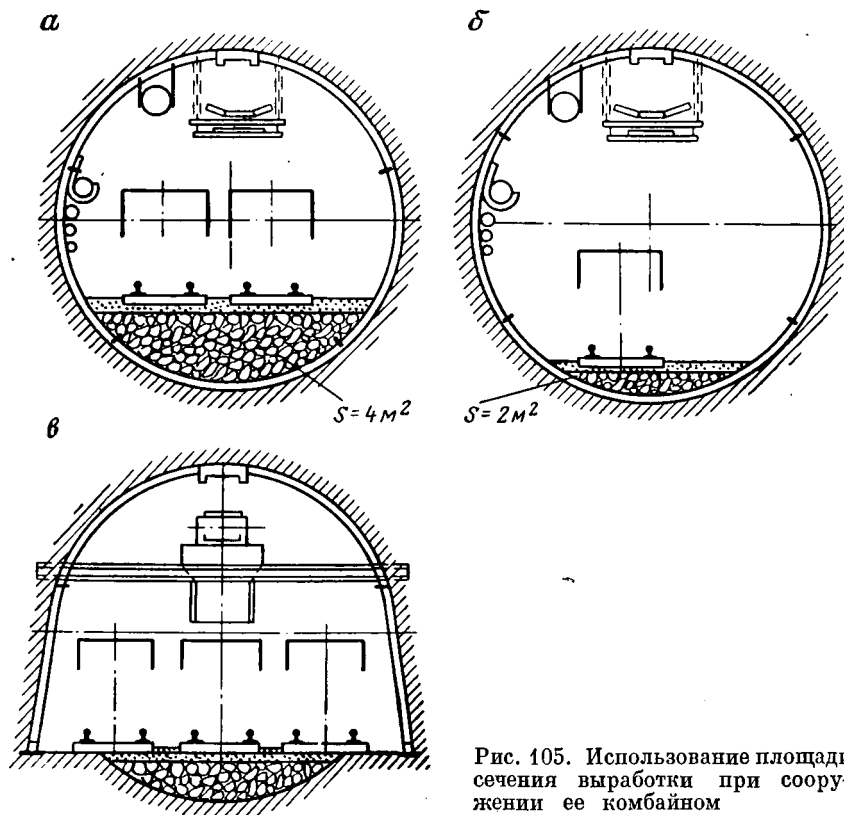


Рис. 105. Использование площади сечения выработки при сооружении ее комбайном

В заключение также необходимо отметить влияние компактности формы выработки, проводимой комбайном. При работе комбайна выработка имеет круглую форму. Эта форма целесообразна для тоннелей специальных назначений (гидротехнические тоннели водоснабжения и т. д.) и менее удобна для выработок горнорудной промышленности. В последнем случае для размещения транспортных средств приходится частично засыпать почву выработки породой, а на погрузочных пунктах расширять выработку в стенку у почвы.

На рис. 105, а показано размещение оборудования в сечении двухпутной выработки диаметром 5 м. Общая площадь зоны засыпки

родой и балластом в этом случае составляет около 4 м^2 , а в одной выработке (рис. 105, б) — 2 м^2 . На погрузочном пункте обустраивается расширение выработки (рис. 105, в).

При наличии у комбайнов бермовых фрез (комбайны типа «Ясиватец» и «Тор») указанный недостаток круглых форм сечения работок не имеет места.

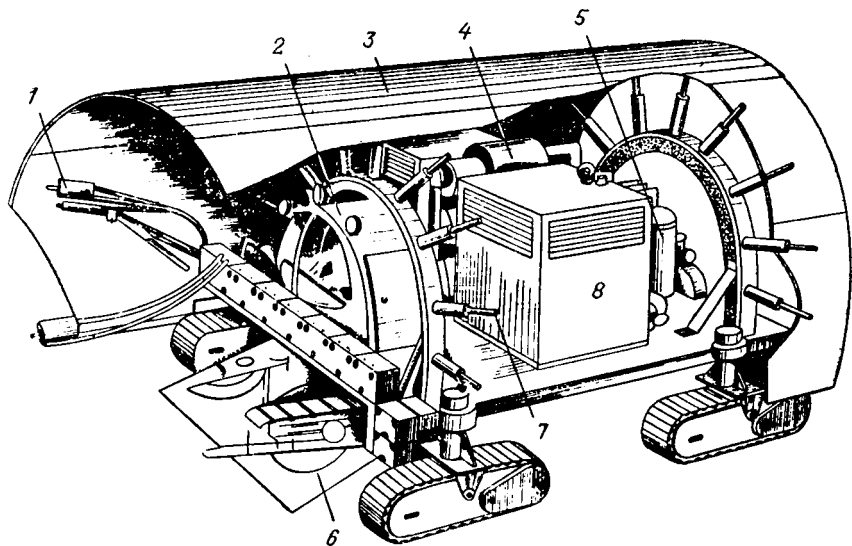


Рис. 106. Схема гидрокомбайна:

1 — насадки; 2 — пульт управления; 3 — защитное перекрытие; 4 — усилитель давления; 5 — водяной бак с насосом; 6 — погрузчик породы; 7 — распорное устройство; 8 — компрессор

43. Перспективы развития методов разрушения породы комбайнами

Применяемые в настоящее время породопроходческие комбайны, основанные на принципе разрушения породы путем бурения шарошечными или режущими инструментами, отличаются весьма значительной массой (до 10 т), большой установленной мощностью (до 900—1100 кВт), омовкостью (длина проходческой системы комбайна в сборе стигает 120—140 м) и высокой стоимостью. Естественно, что эти особенности современных комбайнов сдерживают их широкое применение, особенно в горнорудной промышленности.

В связи с этим возникает необходимость изыскания новых и более эффективных средств разрушения породы. В этих целях в настоящее время проводятся научные исследования по следующим направлениям: использование высоконапорных водяных струй, термическое воздействие на породу высокотемпературных потоков пламени; ионизация пучка ускоренных электронов, воздействующих на породу в виде импульса, создающего резкий тепловой перепад, что

приводит к мощному температурному расширению и разрушению породы; разрушение породы с применением лазерного генератора и высокочастотного электромагнитного поля, снижение прочностных пород путем химического воздействия на них и пр.

На рис. 106 приведена модель проходческого комбайна с разрушением породы путем использования импульсов высоконапорных струй воды, выбрасываемых через насадки на плоскость забоя. Исследования показали, что водяная струя должна быть пульсирующей, а давление воды в 10 раз больше временного сопротивления породе на сжатие. Струя со скоростью 3000 м/с внедряется в породу, образуя в ней прорези, разрушая ее. Куски разрушенной породы от забоя транспортируются обычными средствами.

Глава VIII

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СООРУЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В ОДНОРОДНОЙ КРЕПКОЙ ПОРОДЕ

Работы по проведению горизонтальных выработок в однородной крепкой породе могут быть организованы по двум основным схемам с последовательным выполнением во времени основных и наиболее трудоемких операций (бурение шпуров и погрузка породы), с параллельным выполнением во времени этих операций.

В практике развития и совершенствования технологии проведения выработок, когда имела место значительная доля ручного труда и использовалось малопроизводительное оборудование, с целью сокращения продолжительности проходческого цикла и достижения высокой скорости проведения выработок применялась параллельная схема работ. Например, для бурения шпуров и погрузки породы устраивались полки для размещения буровых станков. В этом случае в верхней части забоя выработки производилось бурение шпуров, а в нижней части забоя — погрузка породы.

Совершенствование основного горнопроходческого оборудования т. е. использование для бурения шпуров различных конструкций буровых установок и мощных погрузочных машин полностью исключает возможность применения параллельного выполнения операций. Вся отечественная и зарубежная практика последних лет по проведению основных горизонтальных выработок базируется только на применении последовательной схемы выполнения работ по бурению шпуров и погрузке породы.

Возведение постоянной крепи при проведении выработок осуществляется последовательно или параллельно с выемкой породы в зависимости от материала и конструкции крепи, а также размера сечения выработки. При рамной и штанговой крепи, а также при брызгбетонной крепи независимо от сечения выработки может бы-

принята параллельная схема. При крепи из монолитного бетона и тубингов в однопутных выработках возможна только последовательная схема, т. е. постоянная крепь возводится отдельными участками длиной 50—150 м в зависимости от устойчивости пород и уровня механизации работ по креплению. В двухпутных выработках постоянная крепь из монолитного бетона может возводиться параллельно с выемкой породы, с отставанием от забоя (при применении

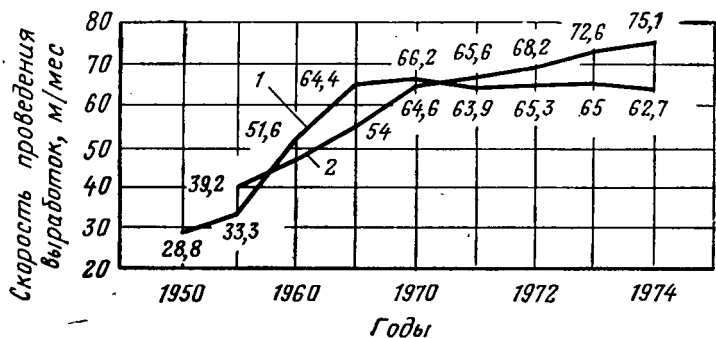


Рис. 107. График изменения скорости проведения выработок по породе:

1 — в угольной промышленности; 2 — в горнорудной промышленности

временной крепи) или вслед за подвиганием забоя (без применения временной крепи). При этом, как было указано в § 23, последняя схема возможна при ограниченных смещениях пород кровли.

§ 44. Скорость проведения выработок

Средние скорости проведения выработок в однородной крепкой породе в угольной и горнорудной промышленности приведены на рис. 107. В ближайшее время в угольной промышленности намечается увеличить средние скорости проведения квершлагов до 110 м/мес и полевых выработок до 125 м/мес.

Анализируя данные рис. 107, можно установить, что наблюдается медленное нарастание скоростей проведения выработок по годам. Исключение составляет практика горнорудной промышленности в последние годы.

Медленный рост скорости проведения выработок является результатом влияния многих факторов:

а) осложнения в производстве горнопроходческих работ в связи с переходом на большие глубины строительства шахт (увеличение горного давления и, следовательно, необходимость применения ложных конструкций крепи, рост длины выработок, повышение крепости пород, усложнение газового режима, повышение температуры и др.);

б) недостаточно полное использование проходческого оборудования и в первую очередь погрузочных машин, что приводит к снижению их производительности;

Шахта (рудник), бассейн	Площадь, се- ченая выработка в сутки, м²	Пересекае- мые породы	Шпуры		Бур количес- тво ма- шин
			число	глубина, м	
Уголь					
Им. XXII съезда КПСС (Дон- басс)	8,8	Сланец, песчаник	30—37	2,7	2
№ 3—3-бис (Кузбасс)	13,4	Песчаник	50—60	2,5	1
«Первомайская» (Донбасс)	6,9	Сланец, песчаник	24	2,2	3
«Чурубай-Нурипская» (Ка- раганда)	7,6	Аргиллиты	30	2,3	3
Горнорудн					
«Гигант-Глубокая» (Крив- басс)	12,6	Роговики	33—38	1,94	8
«Большевик» (Кривбасс)	10,95	»	29	1,8—2,1	8
«Садовая» (Дальневосточная Г. М. К.)	11,3	Весьма крепкие	28	2,0	6
«Черемховская» (СУБР)	7,9	То же	—	1,5	—
«Миргалимсай»	9,1	»	25—30	1,9—2,0	8
№ 10 (СУБР)	9,1	»	31	1,5	—
№ 14 (СУБР)	12,2	»	40	1,6	—
Рудник им. «Кирова», шахта № 1 (Кривбасс)	11,16	Крепкие	36	2,2	8
«Уаньи Норд» (Франция)	9,3	Сланцы	29	3,1	5
№ 24 «Эмин-Льетар» (Фран- ция)	13,1	»	32	2,2	4
«Оуэнс-Гордж» (США)	11	Скальные породы	32	3,35	5
«Корлтон» (США)	9,9	То же	32	2,7	4
Калифорния (США)	19	»	47	3,6	6
Гидротоннель (Шотландия)	5,7	»	26	2,3	7

в) большой разброс породы после взрывания шпуров, что с-
жает производительность погрузочных машин;

г) недостаточное обеспечение забоев сжатым воздухом необхо-
димо давления, несвоевременный ремонт и уход за оборудовани-
и необходимость оборудования запасными деталями и т. д.;

д) недостаточно четкая организация работ. Так, необеспече-
ность забоя соответствующими транспортными средствами по об-
груженных вагонеток на порожние приводит к резкому снижению
производительности погрузочных машин.

В табл. 31 приведены показатели ряда примеров проведен
выработок, когда были достигнуты высокие скорости работ и прои-

Экзника	Тип погрузочной машины	Продолжительность основных операций, ч-мин			Скорость проведения, м		Производительность труда, м ³ в смену/чел-смену
		бурения шпуров	погрузки породы	всего цикла	м/месц	м/сутки	

Промышленность

БУ-1	ППМ-4	0-55	1-15	2-25	541	20	2,0
КБМ-3М	ПНБ-3к	0-40	0-40	3-00	521	21	4,75
СЭР-19Д	ППМ-4	0-50	0-55	2-00	602	19,5	2,36
СЭР-19Д	ППМ-4	1-30	1-35	4-00	355	11,4	2,35

Промышленность

ПР-22	ПНБ-3К	0-54	0-44	2-00	628	19,4	5,6
ПР-22	ПНБ-3К	0-38	0-25	1-29	727,3	23,46	7,3
ПР-22	ПНБ-3К	0-50	0-27	2-00	617,2	19,9	10,1
ПР-30лу	ПНБ-2К	—	—	1-58	802,2	26,7	7,47
ПР-24л	ПНБ-3К	0-25	0-22	1-05	1192,1	38,5	9,6
ПР-30лу	ПНБ-2	0-55	0-30	1-35	658,2	21,9	7,75
ПР-30лу	ПНБ-3к	0-52	0-32	2-00	537,2	17,4	6,31
ПР-25	ПНБ-3к	0-60	0-30	2-00	773,6	28,6	5,0
«Атлас Копоко» ВВД-41» «Медон»	«Эймко-21»	0-50	1-38	4-00	428	—	6,62
Буровая каретка То же » »	«Эймко-40»	0-45	1-10	4-00	320	—	5,76
	«Конвуэй»	0-50	1-05	2-45	744,8	24	—
	«Эймко-40»	1-05	0-55	2-25	571,2	19	—
	«Джой»	2-00	2-30	5-20	375	15	7,9
	«Эймко-40»	0-45	1-16	3-00	486,3	—	3,3

водительность труда проходчиков. Эти данные показывают, что в отечественной практике на некоторых шахтах и рудниках достигнуты высокие скорости проведения выработок. Причем более высокие скорости характерны для горнорудной промышленности благодаря применению погрузочных машин непрерывного действия и значительному насыщению забоя бурильными машинами. Необходимо также отметить успешное применение в ряде выработок погрузочных машин типа ПНБ и вагонеток ВПК-7,5 (штольня «Садовая», рудник им. Кирова, шахты № 14 (СУБР) и «Большевик»), перегружателей (рудник «Миргалимсай») и электровозного транспорта для маневров с вагонетками.

Операции	Продолжительность операций, %		
	Угольная промышленность СССР	Горнорудная промышленность СССР	Зарубежная практика
Бурение шпуров	36	42	36,2
Заряжание и взрывание шпуров, проветривание забоя	15,6	20	15,7
Погрузка породы	38	30,5	40
Подготовительно-заключительные операции	10,4	7,5	8,1
И т о г о	100	100	100

Продолжительность основных операций (в %) при проведении выработок характеризуется данными, приведенными в табл. 3.

Сопоставляя данные табл. 32, можно установить, что основные операции (бурение шпуров и погрузка породы) в угольной промышленности имеют приблизительно одинаковую продолжительность, что указывает на равноценность их технического оснащения. В горнорудной промышленности бурение шпуров несколько сдерживает скорости проведения выработок: продолжительность основных операций в отечественной угольной промышленности и за рубежом примерно одинакова.

§ 45. Организация работ

Как указывалось ранее, в большинстве примеров практики проведения выработок принимается последовательное выполнение основных проходческих операций. На рис. 108 показана схема размещения оборудования и расстановки рабочих во время погрузки пород и бурения шпуров при проведении штрека на руднике «Миргалимса» комбината Ачполиметалл. Комплексная проходческая бригада делалась на четыре сменных звена по 21 человеку в каждом. Сменное звено выполняло не только основные, но и вспомогательные операции, включая настилку постоянных рельсовых путей, прокладку труб, кабелей и т. п. В состав звена кроме 11 проходчиков входили три слесаря, четыре транспортных и два путевых рабочих, а также взрывник. На выполнение проходческого цикла затрачивалось в среднем 65,2 мин, в том числе на подготовку к бурению 2 мин, бурение шпуров 23,7 мин, заряжание и взрывание 13 мин, проветривание 5 мин, погрузку породы 22,1 мин. Среднее продвижение за смену 1,76 м, за смену 9,8 м и за сутки 38,5 м. Производительность труда проходчиков на выход достигала 9,6 м³ в свету. График организации работ показан на рис. 109. Продолжительность цикла принята 3

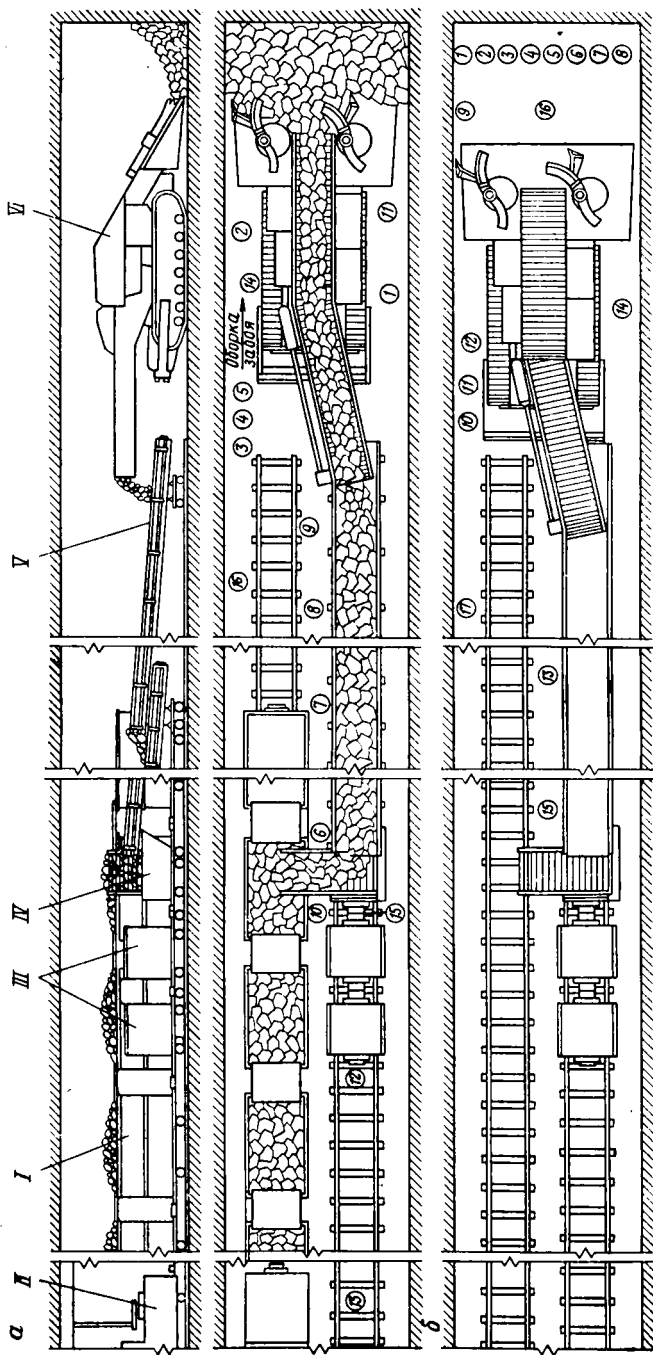


Рис. 108. Схема размещения оборудования и расстановки рабочих:

а — при погрузке породы; б — при бурении шпуров: I — вагонетка ВРС-2, 5; II — электровоз; III — тележка с электрооборудованием; IV — перегружатель; V — конвейер; VI — погрузочная машина ПНВ-3; 1—11 — проходчики; 12 и 13 — пугейцы; 14—16 — слесари; 17 — взрывник

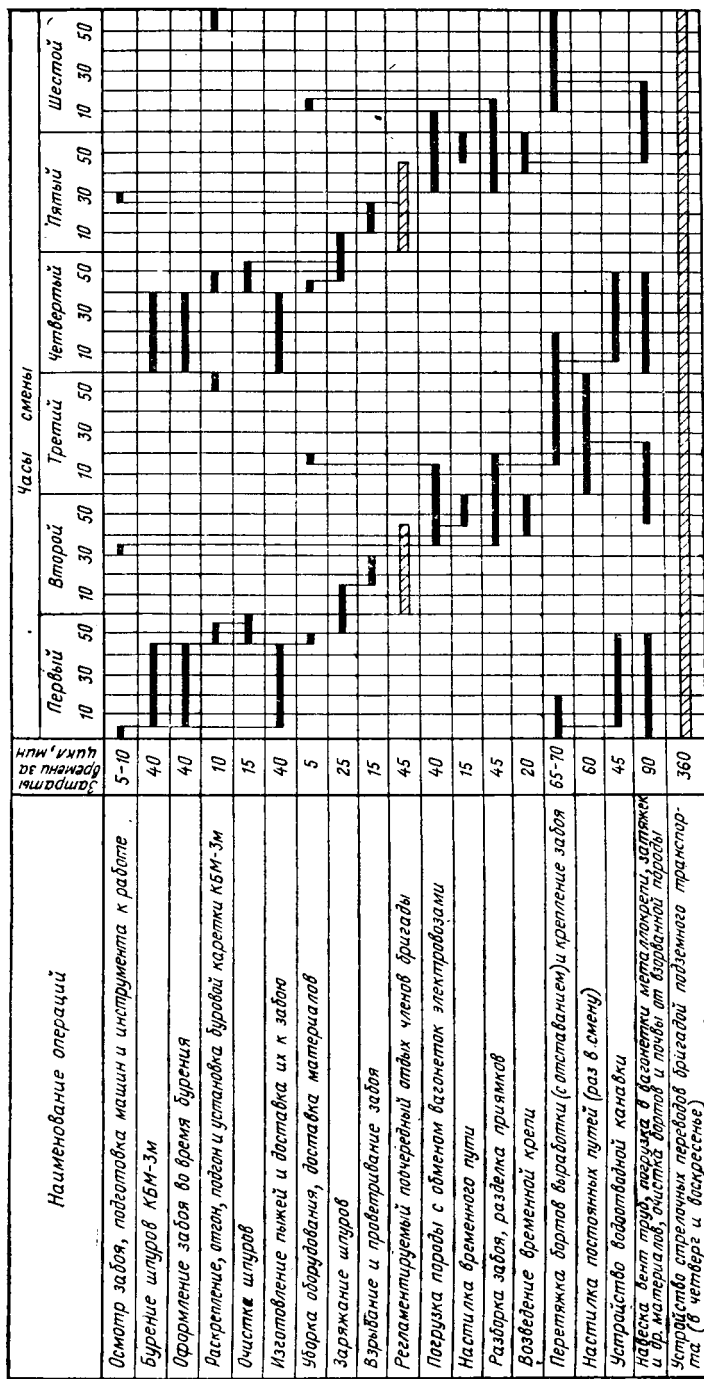


Рис. 109. График организации работ при проведении выработки

Средняя скорость подвигания за цикл 2,1 м. Производительность труда проходчика на выход составила 4,75 м³ в свету/чел-смену.

На рис. 110 показана схема проведения однопутной выработки с обратным сводом (крепь — металлобетон) и график организации работ. Площадь сечения выработки в проходке 11,4 м², в свету 7,1 м². Основное горнопроходческое оборудование: буропогрузочная машина 2ПНБ-2 с навесным оборудованием 1, передвижной перегружатель 2 и бетоноукладчик 3. Продолжительность цикла 12 ч при подвигании за цикл 1,6 м. Число проходчиков в смену пять — шесть человек. Производительность труда проходчика в смену 1,03 м³ в свету/чел-смену.

§ 46. Продолжительность цикла основных операций

Скорость проведения выработок определяется продолжительностью цикла и принятой глубиной шпуров, т. е.

$$L = n\eta l, \text{ м/сут,}$$

где n — число циклов в сутки; l — глубина шпуров, м; η — коэффициент использования шпуров.

В том случае, когда скорость проведения выработки устанавливается календарным планом строительства или сетевым графиком, продолжительность цикла определяется исходя из оптимальной (в конкретных условиях) глубины шпуров, т. е. число циклов в сутки

$$n = \frac{L}{\eta l_{\text{опт}}}.$$

Зная, таким образом, при данном развитии горнопроходческой техники оптимальные границы глубины шпуров, можно установить и значение продолжительности цикла:

$$T_{\text{ц}} = l \left(\frac{N}{kv} + \frac{k_0 \eta \mu S}{P} \right) + C, \text{ ч,}$$

где $C = Nt' + t_{\text{пров}} + t_{\text{п.з}}$ — расход времени на зарядание шпуров-проветривание забоя после взрыва и подготовительно-заключительные операции.

Значение C практически не зависит от глубины шпуров. Таким образом, можно установить, что с уменьшением числа циклов в течение 1 сут возрастает использование времени на основные операции, определяющие скорости проведения выработок, и наоборот, при большем числе циклов величина C будет возрастать, а следовательно время на основные операции будет сокращаться. На практике величина C составляет в среднем около 25% продолжительности цикла (см. табл. 32), а при многоцикличной организации работ еще больше. Например, при проведении штрека на руднике «Миргалимсай» в смену выполнялось шесть циклов и группа операций C в цикле составляла 18 мин, т. е. в смену затрачивалось $6 \times 18 = 108$ мин, или 30% времени в смену. Поэтому правильнее ориентироваться на большую продолжительность цикла, а следовательно, на большую глубину шпуров.

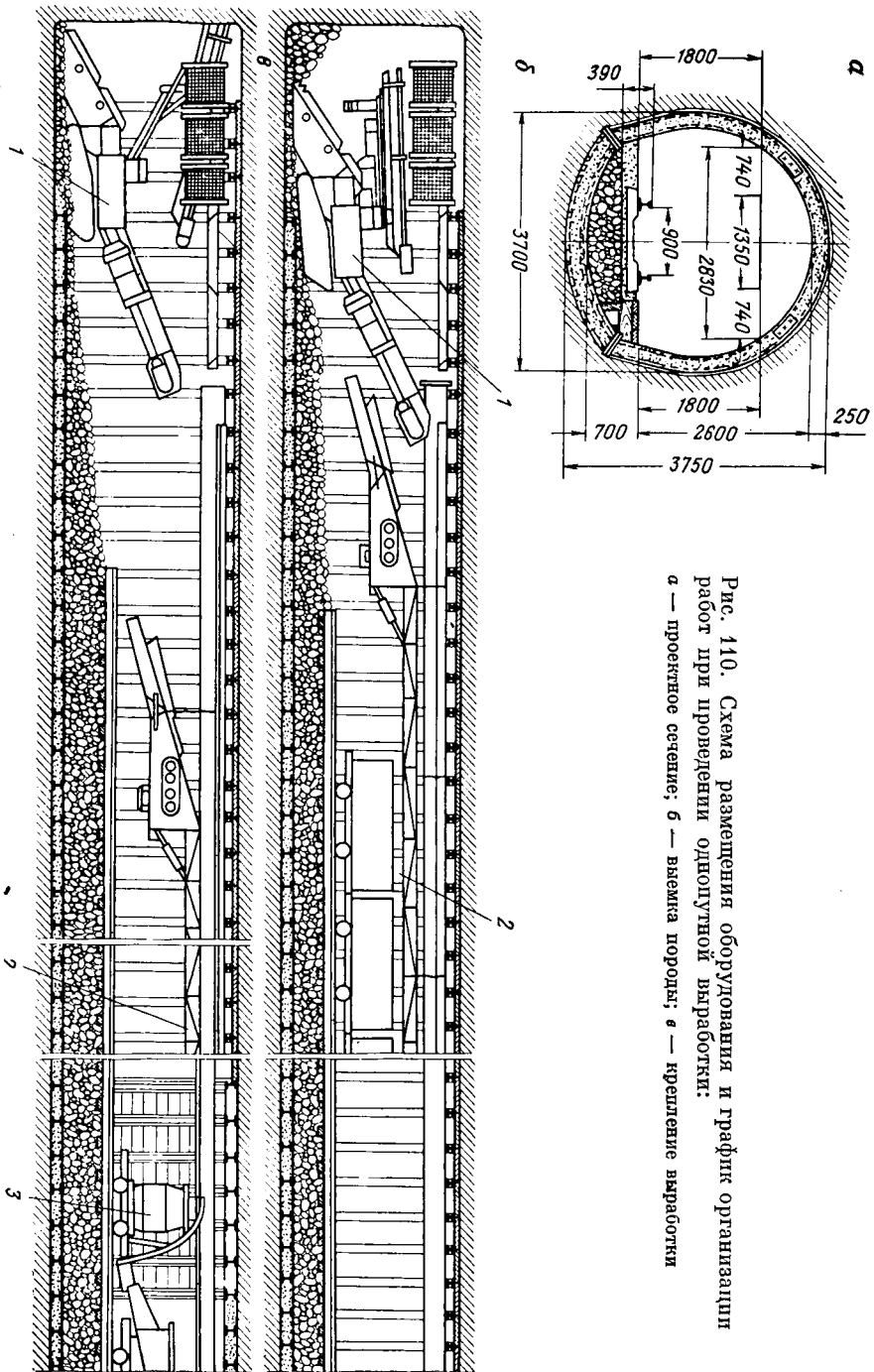


Рис. 110. Схема размещения оборудования и график организации работ при проведении однопутной выработки:
 а — проектное сечение; б — выемка породы; в — крепление выработки

Таким образом, можно установить, что при современном состоянии техники и организации работ при проведении горизонтальных выработок по породе целесообразно иметь продолжительность цикла 3 и 6 ч.

Дальнейшее совершенствование техники и особенно для операционной группы С, а также улучшение общей организации работ позволит без снижения глубины шпуров сократить время на выполнение одного цикла работ.

§ 47. Производительность труда

Вопросы производительности труда при проведении горизонтальных выработок по породе приобретают еще большее значение в связи с большими масштабами работ не только при строительстве подземных сооружений, но и при эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Производительность труда обычно выражается в кубических метрах выработки в свету на один выход рабочего, т. е. м³ в свету/чел-смену. Средние данные по производительности труда проходчиков при проведении квершлагов и полевых выработок в шахтном строительстве угольной промышленности приведены на рис. 111.

На производительность труда проходчиков оказывают влияние многие факторы: совершенство проходческого оборудования, категория пород по крепости, площадь сечения выработки, площадь забоя, приходящаяся на одного проходчика и пр.

Зависимость производительности труда от принятого проходческого оборудования и категории крепости пород показана на рис. 112, а. Рассмотрены три различных набора основного оборудования при проведении выработки площадью сечения в свету 11,1 м², численности бригады из расчета 1,5—2 м² площади забоя на проходчика и крепления выработки арками из спецпрофилей:

- 1 — погрузочная машина ПМЛ-5 и бурильная машина ОМ-5С
- 2 — погрузочная машина ППМ-4 и бурильная машина ПР-24
- 3 — погрузочная машина типа ПНБ и бурильная установка СБУ-2К.

Как видно, совершенство проходческого оборудования имеет решающее влияние на производительность труда.

График зависимости производительности труда от сечения выработки при постоянной крепости пород и одинаковом оборудовании показан на рис. 112, б. Как видно, площадь сечения выработок в рассматриваемых пределах не оказывает существенного влияния на производительность труда.

На рис. 112, в показаны графики зависимости численности проходческой бригады 1 и производительности труда 2 от скорости проведения выработки. Эти графики составлены на базе обобщенной практики проведения двухпутных выработок со скоростью 60

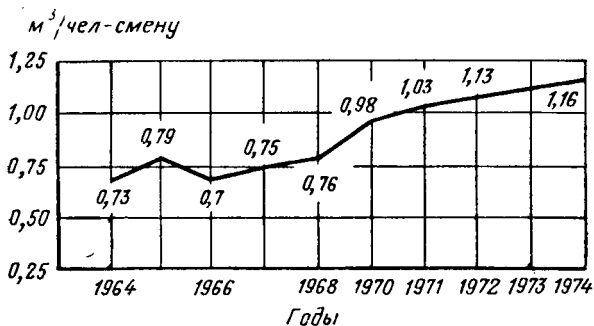


Рис. 111. График производительности труда проходчиков

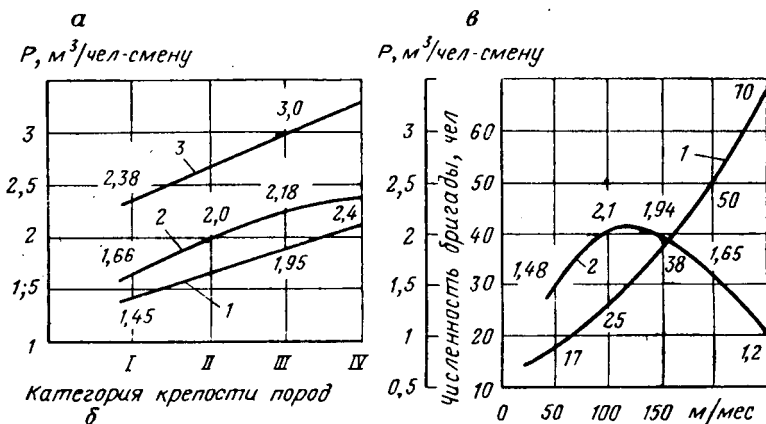


Рис. 112. Графики изменения производительности труда проходчиков в зависимости от типа оборудования, площади сечения выработки и численности бригады

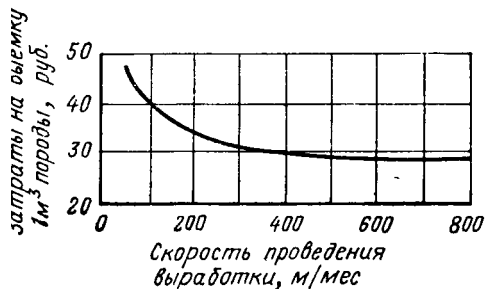
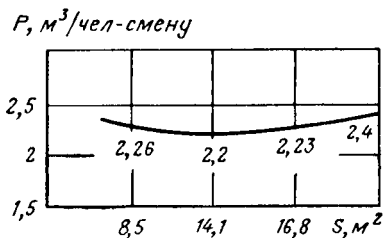


Рис. 113. График изменения затрат на выемку породы в зависимости от скорости проведения выработки

200 м/мес с применением бурильных машин на пневмоподдержка и погрузочной машины ППМ-4.

На основании данных графика можно установить, что наиболее высокая производительность труда достигается при принятом оборудовании и скорости проведения выработки от 100 до 150 м/мес и при численном составе бригады проходчиков 25—30 человек, что составляет около 1,5—2 м² площади забоя на одного рабочего.

Переходя к анализу трудоемкости отдельных операций проходческого цикла при площади сечения выработок в свету 16—20 м² можно установить, что при хорошо организованных работах по выемке породы и возведению бетонной крепи (применение буровых кареток, погрузочных машин, бетонной крепи и машинной укладке бетонной смеси) трудоемкость работ (в чел-ч/1 м³ в свету) составляет

Бурение шпуров	0,25—0,43
Заряжание и взрывание шпуров и проветривание забоя	0,1—0,2
Погрузка породы	0,35—0,5
Крепление	0,75—1,1
Подготовительно-заключительные операции и простои	0,01

Итого . . . 1,46—2,24

При этом обращает на себя внимание, несмотря на механизацию работ, весьма значительная трудоемкость крепления, которая составляет около 50% трудоемкости всех работ по проведению выработок.

Необходимо также указать, что при возведении металлической арочной крепи из спецпрофиля с железобетонными затяжками имеет место высокая трудоемкость этих работ. Так, при площади сечения выработки в свету 11,4 м² трудоемкость возведения этого вида крепи достигает 1,1—1,2 чел-ч/м³.

Повышение скорости проведения выработок способствует снижению стоимости выемки 1 м³ породы благодаря сокращению общих шахтных и накладных расходов. График изменения затрат на выемку 1 м³ породы в зависимости от скорости проведения выработок показан на рис. 113, из которого видно, что наиболее интенсивно снижение стоимости выемки 1 м³ породы достигается при скорости 250—400 м/мес. Дальнейшее повышение скорости вызывает незначительное снижение затрат, поскольку начинает увеличиваться значение прямых затрат, пропорциональных скорости проведения выработок.

§ 48. Технологические схемы проведения выработок

Научно-исследовательские институты, работающие в области совершенствования организации и механизации строительства и эксплуатации угольных и горнорудных предприятий (ВНИИОМПС КузНИИШахтострой, ИГД им. А. А. Скочинского и др.), в последние годы (1971—1974 гг.) разработали ряд проектов технологических схем и карт проведения протяженных выработок и камер.

Технологические схемы разрабатывались на основании технико-экономической оценки конкретных горно-геологических условий

проведения выработок с учетом выбора оптимального набора горно-проходческого оборудования и достижения при этом достаточно высоких скоростей проведения и производительности труда. В ВНИИОМШСом было разработано 40 технологических схем проведения различных камер и выработок. В КузНИИШахтостроении применительно к условиям Кузбасса разработано 10 технологических схем проведения капитальных однопутных и двухпутных горизонтальных выработок, причем в каждой карте рассматривались условия проведения выработок для трех различных по физико-механическим свойствам пород. В ИГД им. А. А. Скочинского было разработано 10 технологических схем проведения горизонтальных пластовых полевых выработок и со смешанным забоем (уголь и порода).

Все указанные материалы представляют достаточную практическую ценность и могут быть использованы при предварительном проектировании горно-строительных работ в конкретных условиях горных предприятиях, способствуя выбору более правильной организации работ, лучшему сочетанию при выборе оборудования его использованию, повышению скорости проведения выработок и производительности труда проходчиков.

Кроме того, в этих материалах предлагаются многочисленные эмпирические формулы и табличные материалы по определению оптимальной скорости проведения выработок, продолжительности выполнения отдельных операций, численного состава бригады проходчиков и др. Также необходимо указать на разработку многофакторных моделей по определению трудоемкости работ по проведению горных выработок буровзрывным способом.

Эти разработки также могут найти известное применение для предварительных оценок при планировании трудоемкости работ и затрат на проведение горных выработок.

Раздел II

ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК

В этом разделе рассматривается проведение пластовых выработок — штреков (главных, откаточных, этажных и ярусных), которые характерны для условий вскрытия и разработки угольных пластов, типичных для Донецкого и других аналогичных бассейнов, а также выработок главных направлений и панельных для условий Подмосковского бассейна и калийных месторождений.

Основные условия проведения указанных выработок:

*а) наличие мягких, легко добываемых пород, т. е. угля, калийных солей, марганцевой руды и т. п.;
б) проходческие работы ведутся по мощному или средней мощности пласту угля или по неоднородным породам, когда забой выработки пересекает два или три слоя породы с различными физико-механическими свойствами;*

в) в большинстве случаев пластовые выработки служат для подготовки пласта полезного ископаемого к разработке или развития на пласте необходимого фронта работ для эксплуатации. В связи с этим проведение указанных выработок должно осуществляться с повышенными скоростями.

Форма сечения пластовых выработок обуславливается многими факторами. При проведении выработок в однородных мягких породах наиболее типичной является арочная, сводчатая форма, при проведении выработок по неоднородным породам — трапециевидная и арочная формы сечения.

Работы по проведению выработок в однородной породе могут быть осуществлены с применением буровзрывных работ и ударно-скалывающих машин. При проведении выработок с подрывкой боковых пород невысокой прочности ($f \geq 4$) особенно целесообразно применение комбайнов избирательного действия.

ПРОВЕДЕНИЕ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК БУРОВЗРЫВНЫМ СПОСОБОМ

49. Проведение выработок по мощным и средней мощности ластам угля

Проведение пластовых выработок буровзрывным способом при механизированной погрузке угля имеет значительное применение в ряде угольных бассейнов (Кузнецкий, Подмосковский и др.).

При проведении указанных выработок в шахтах, не опасных по газу и пыли, возможно применение аммонита № 6ЖВ, динафита и граммонала А-8 и др.; в шахтах, опасных по газу или пыли, — аммонита ПЖВ-20, АП-4ЖВ и АП-5ЖВ, а также угленитов. Взрывание шпуров может быть электрическим (что более рационально) или огневым.

Параметры буровзрывных работ устанавливаются аналогично методике, рассмотренной в гл. I. Глубина шпуров определяется условиями организации работ при циклическом их выполнении и учетом устойчивости пород кровли. Применение шпуров большой глубины (2,5—3 м) не обеспечивает высоких показателей работы, так как вызывает дополнительные затруднения с креплением выработки.

Основные показатели буровзрывных работ приведены в табл. 33.

Бурение шпуров осуществляется при помощи ручных электропневмосверл, а при крепких углях — колонковыми электродрелями. Расположение шпуров при большой трещиноватости и клявжажности угля может быть упрощено. Форма вруба и расположение врубовых шпуров в данных условиях не имеют заметного влияния, поэтому врубовые шпуров располагают обычно перпендикулярно к забоям. Число врубовых шпуров изменяется от 1 до 3. На рис. 114, а приведена схема расположения шпуров при проведении выработок в условиях Подмосковского бассейна, на рис. 114, б — в условиях Кузнецкого бассейна.

Т а б л и ц а 33

Показатели	Бассейн	
	Кузнецкий	Подмосковский
сход ВВ на 1 т угля, кг	0,7—0,85	0,35—0,5
масса заряда шпуров, кг:		
врубовых	0,8—1,0	0,9—1,2
отбойных	0,4—0,6	0,45
масса заряда	Колонковая	
число шпуров на 1 м ² забоя	1,7—2,2	1,1—1,3
глубина шпуров, м	1,6—2,3	1,2—1,8

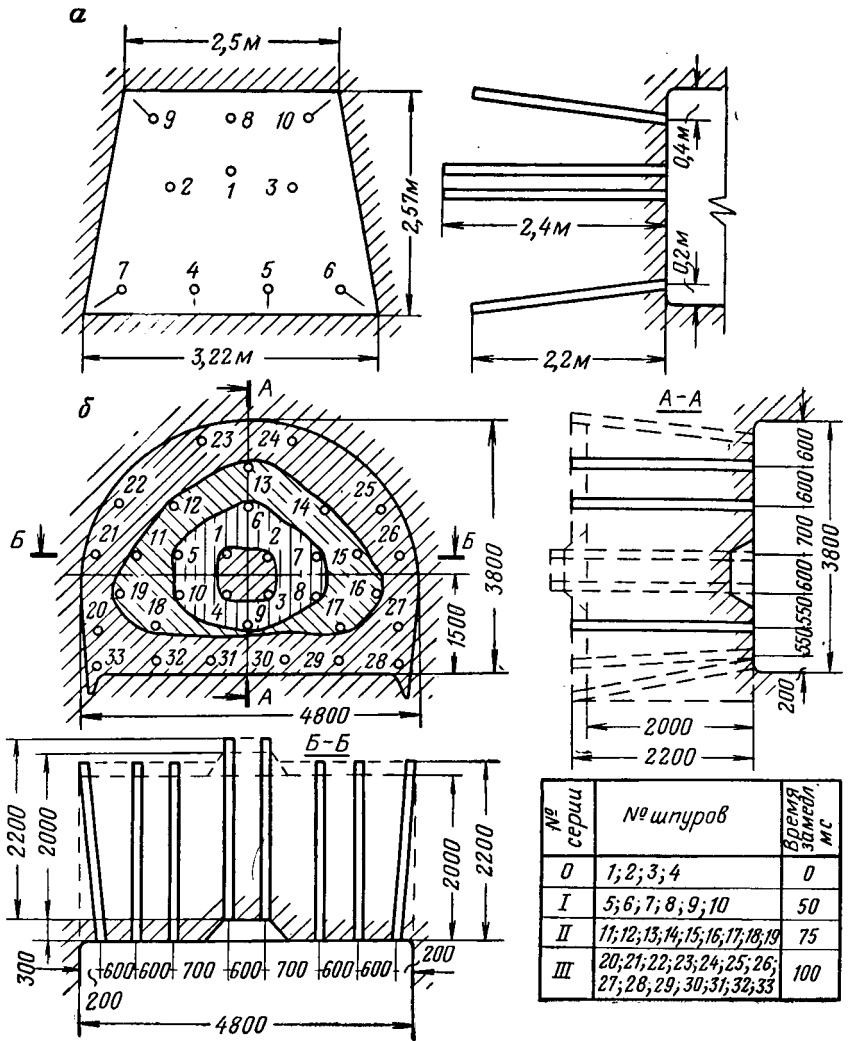


Рис. 114. Схема расположения шнуров при проведении выработок по мощным пластам угля

Погрузку угля наиболее целесообразно производить погрузочными машинами непрерывного действия и, в частности, машина 1ПНБ-1 и 2ПНБ-2 (см. § 18). Весьма эффективным решением механизации проведения выработок буровзрывным способом является применение буропогрузочных машин с длинноходным электросверлом (см. § 13).

Вслед за выемкой породы в забое устанавливается временная крепь, а возведение постоянной крепи производится в порядке указанном в главе VIII.

Переходя к оценке буровзрывного способа проведения выработок о мощным и средней мощности пластам угля, можно отметить, что целесообразность его применения будет обуславливаться газовым режимом, небольшой длиной выработки, а в условиях Подмосковного бассейна — устойчивостью кровли пласта и особенностями инсометрии его залегания.

§ 50. Проведение выработок по неоднородным породам

Типичным примером проведения выработок в неоднородных породах является проведение штрека по тонкому пласту угля. Проведение выработок в этих условиях может быть осуществлено узким (рис. 115, а) или широким (рис. 115, б) забоем.

В случае проведения выработки узким забоем выемка угля производится только в пределах выработки. При этом выемка угля и породы осуществляется раздельно или совместно.

При проведении выработки широким забоем ширина забоя по гле принимается такой, чтобы в образовавшееся пространство (раскоску) можно было бы поместить всю породу, полученную от подрывки ее в забое.

Переходя к оценке указанных способов проведения выработок, можно отметить следующее.

Проведение выработок узким забоем с раздельной выемкой угля и породы обеспечивает возможность механизации всех работ по выемке, достаточно высокую производительность труда и скорость проведения выработок. Осложняющим при этом способе проведения является большое число операций при малой их трудоемкости, то вызывает затруднения в организации работ и снижает использование проходческого оборудования.

Проведение выработок узким забоем при совместной выемке угля и породы также обеспечивает механизацию всех работ при выемке горной массы, позволяет иметь более простую организацию работ, то способствует росту производительности труда и лучшему использованию оборудования. К недостаткам данной схемы производства работ необходимо отнести потерю угля как полезного ископаемого. Уголь из горной массы может быть извлечен только в результате обогащения, в противном случае он является потерян. Таким образом, потери угля (при отсутствии обогащения) будут возрастать с увеличением мощности пласта и в результате этого эффективность совместной схемы проведения выработки будет снижаться. В случае обогащения угля на шахте возможности для применения совместной схемы проведения выработок расширяются.

При проведении выработок широким забоем значительно возрастает трудоемкость работ как по выемке угля, так и по выемке и уборке породы в раскоску. Особенно трудоемка работа по уборке породы в раскоску, которая осуществляется практически только вручную. Надежных средств для доставки и особенно укладки породы в раскоску нет. Неплотная же укладка породы в раскоску приводит к снижению устойчивости выработки.

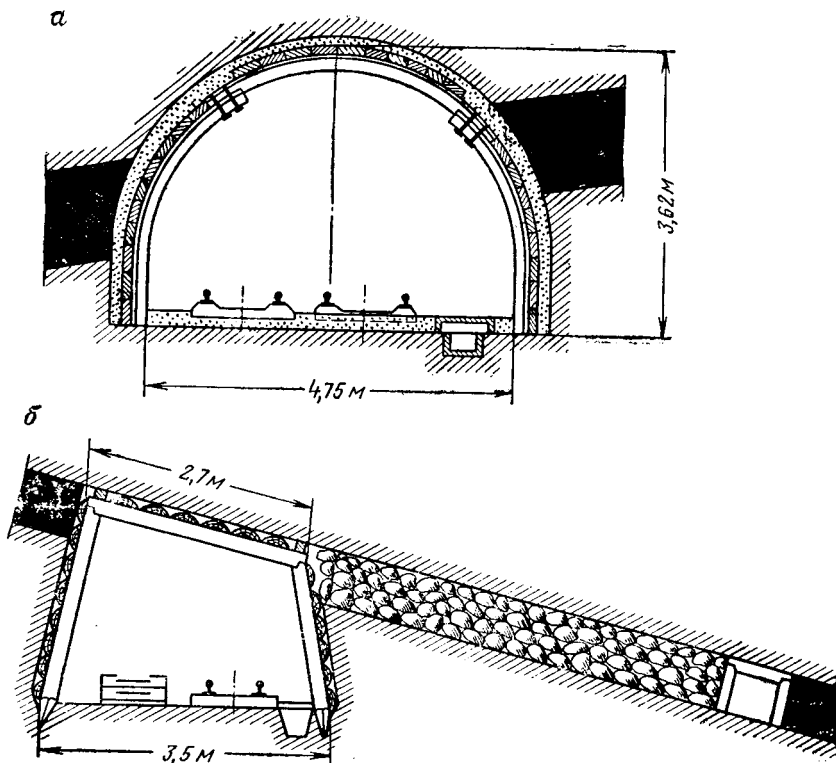


Рис. 115. Схемы проведения пластовых выработок по неоднородным породам

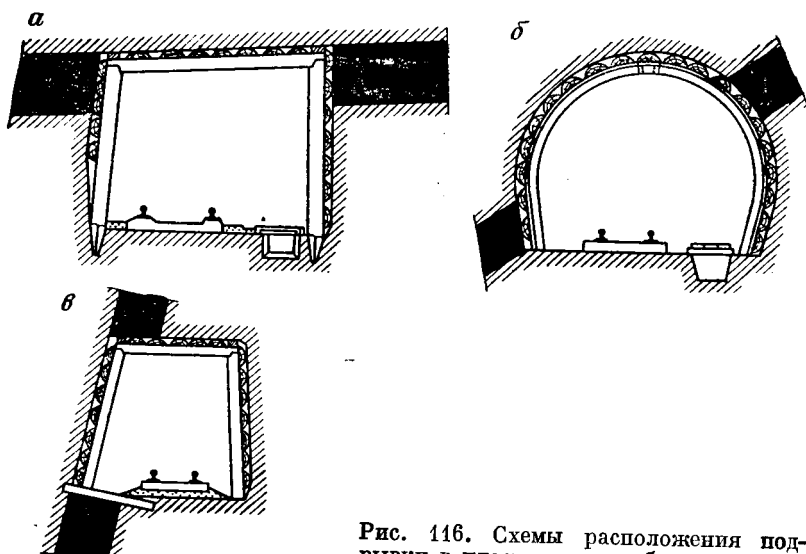


Рис. 116. Схемы расположения подрыбки в пластовых выработках

Проведение выработок широким забоем, особенно капитальных, ющих большой срок службы, не может быть рекомендовано ами в дальнейшем не рассматривается.

Расположение подрывки породы в выработке обуславливается м падения пласта и крепостью пород почвы и кровли. На . 116, а показана схема расположения подрывки породы при огом залегании пласта угля и при наличии прочных пород вли. Подрывка в этом случае почвы выработки обеспечивает ышенную устойчивость выработки, так как кровля не будет ышаться горными работами. На рис. 116, б показана схема рас- ыжения подрывки породы при наклонном залегании пласта авнопрочных породах кровли и почвы. В этих условиях обычно ышается и кровля, и почва. На рис. 116, в показана схема под- ки при крутом залегании пласта, в выработке подрывается почва ста (лежащий бок пласта).

Проведение выработок узким забоем в основном осуществляется ыменением буровзрывных работ (породы с $f \geq 4$) и только при ведении выработок в шахтах третьей категории и сверхкатегор- : по газу взрывные работы допускаются по особому для каждой ты разрешению (см. § 263 «Единых правил безопасности при ывных работах»).

При проведении выработки с отдельной выемкой угля и породы ырую очередь производят выемку угля. Для взрывных работ меняют ВВ, предназначенные для шахт, опасных по газу или и.

Зарывание шпуров электрическое. Конструкция заряда колонко- . Величина заряда принимается 0,6—1 кг в зависимости от глу- ы шпуров. Расход ВВ на 1 м³ угля составляет (в кг):

	м	кг
при мощности пласта до 0,75	1,4—1,6
» » » до 1,2	1,0—1,2
» » » свыше 1,2	0,85

При выполнении взрывных работ должны строго соблюдаться требования Правил безопасности по контролю за состоянием ыферы по газовому и пылевому режиму, осланцеванию выработки, тсутствием в забое неубранного угля и породы, вагонеток и др. Исло шпуров на 1 м² площади забоя по углю изменяется в зави- сти от мощности пласта:

	м	шпур
при мощности пласта 2,5—2	2—2,2
» » » 2,0—1,5	2,5—2,7
» » » 1,5—1	3,0
» » » менее 1	3,4—4

Глубина шпуров принимается 1,8—2,5 м, причем меньшая глу- ы характерна для пластов, опасных по газу или пыли.

хема расположения шпуров при различной мощности угольного та и при подрывке почвы и кровли показана на рис. 117, а, рис. 117, б при подрывке только почвы. Бурение шпуров произ-

водится ручными сверлами типа СЭР или СР. Обычно в э работают одно-два сверла.

В пластах, особо опасных по газу, когда ведение взрывных р запрещено, пласт угля в сечении выработки можно выбури при помощи бурильных установок БУЭ-1 и БУЭ-2 вращатель действия. Для этого в забое бурят скважины диаметром 300, и 500 м, глубиной до 3 м. Способ выбуривания угля в забое выработ

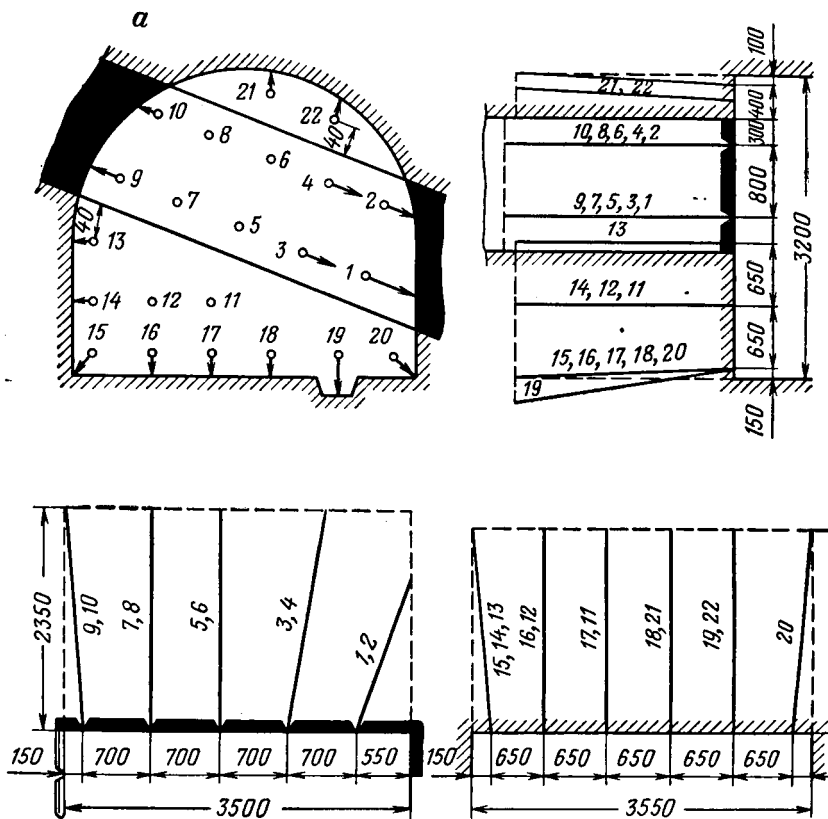


Рис. 117. Схемы расположения шпуров при проведении выработки с подрывкой породы

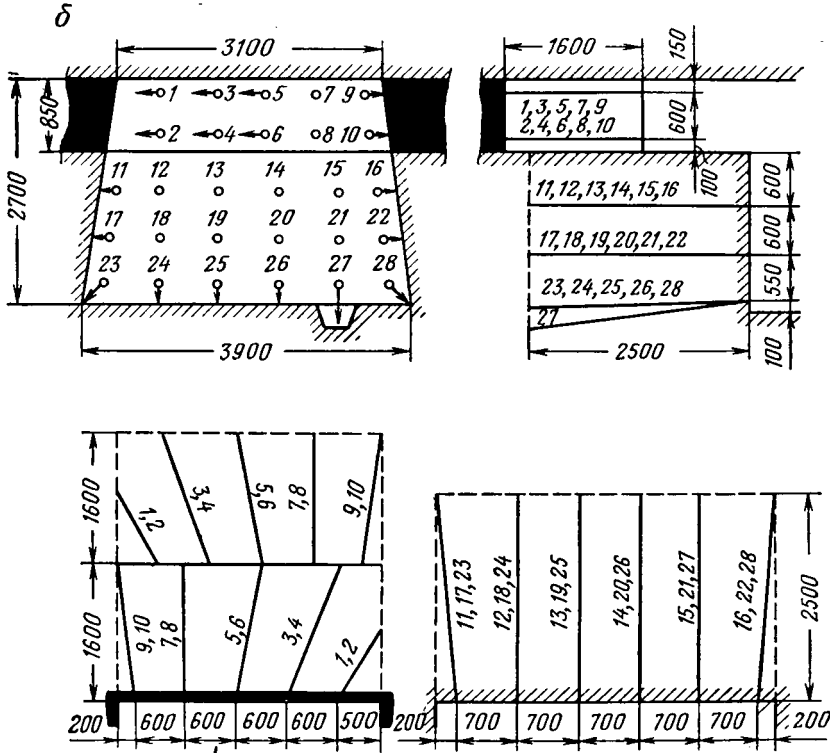
установкой БУЭ-2 был осуществлен на шахте, отнесенной к св категорной по газу и опасной по пыли. Площадь сечения шт в проходке была 13,8 м², мощность пласта 0,4—0,5 м. По уголы забю буровыми коронками диаметром 300 м выбуривалось 10 с жин (рис. 118). Скважина глубиной 2,5 м выбуривалась за 10 . Общее время на бурение всех скважин составляло 2 ч. Подвиг забоя выработки в месяц составило 106 м, производительность т проходчиков 0,2 м на выход.

При раздельной выемке угля его погрузка может быть ос ствлена: в однопутных выработках — машинами типа ППФ

двухпутных выработках — машиной 1ППН-5 или 1ПНБ-1. Эти шины могут быть использованы также и для погрузки породы.

Породный забой при раздельной выемке всегда отстает от угольго забоя, но не более 5 м. Опережение угольного забоя принимается ходя из условия, чтобы после взрывания шпуров по породе угольй забой опережал его на 1 м.

Подрывка породы производится буровзрывным способом. Тип 3, конструкция заряда, величина заполнения шпура ВВ, способ последовательность взрывания шпуров принимаются в зависимости



категории шахты или пласта угля по газу и пыли в соответствии Правилами безопасности. В зависимости от газового режима можно именять ВВ типа ПЖВ-20, АП-5ЖВ и др. и не предохранительные В типа аммонит № 6ЖВ.

Расход ВВ на 1 м³ породы может быть определен согласно дан-ам § 2. При пересечении выработкой глинистых и песчаных ганцев он составляет: при подрывке кровли 0,5—0,7 кг/м³, при дрывке почвы 1,2—1,5 кг/м³. Число шпуров на 1 м² площади забоя подрывке можно принимать по данным табл. 34.

Глубина шпуров по породе устанавливается исходя из условий организационной увязки работ в угольном и породном забоях. Обычно принимается такая организация работ, когда на два цикла по угляю

приходится один цикл работ по породе, т. е. глубина шпуров породе

$$l_{\text{пор}} = 2\eta l_{\text{уг}}, \text{ м,}$$

где η — к. и. ш. по углю; $l_{\text{уг}}$ — глубина шпуров по углю, м.

Обычно глубина шпуров по породе составляет 2,5—3,5 м. Р положение шпуров по породе может быть принято горизонтальн

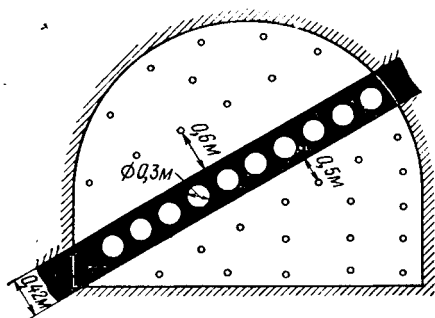


Рис. 118. Схема выбуривания пласта угля в забое выработки

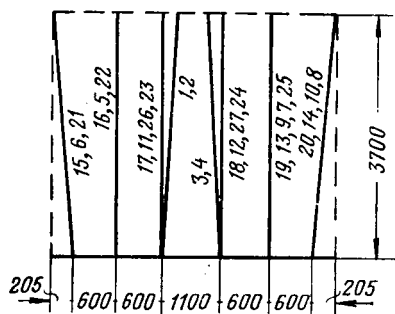
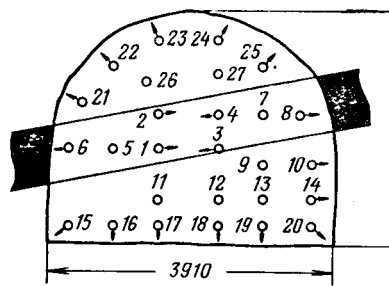


Рис. 119. Схема расположения шпуров при совместной выемке угля и породы и очередность их взрывания

параллельное продольной оси выработки, и реже, только при дос точной мощности пласта (порядка 1,5 м и более) возможно нисхо; щее расположение шпуров. Более широкое применение получи горизонтальное расположение шпуров, что обуславливается в осн оном применением бурового оборудования типа колонковых элект сверл, смонтированных на вертикальной колонке или манипулятс МН-2 на погрузочной машине. В крепких породах возможно п менение бурильных установок типа БУЭ и БУР-2.

Таблица

Порода	Число шпуров на 1 м ² породного забоя при подрыве	
	кровли	почвы
Глинистый сланец	0,6—0,8	1,1—1,3
Песчанистый сланец	0,8—1,0	1,3—1,5
Песчаник	1—1,5	1,5—2,5

Погрузка взорванной породы осуществляется теми же машинами, что и погрузка угля. Для обеспечения более высоких скоростей проведения выработок возможно применение буропогрузочных машин.

При проведении выработок совместно по углю и породе все параметры буровзрывных работ могут быть определены по методике, изложенной в гл. I, но при полном учете особенностей газового и пылевого режима. Горные работы выполняются с применением того же проходческого оборудования, что и при раздельной выемке угля и породы.

Схема расположения шпуров при совместной выемке угля и породы и очередность их взрывания показаны на рис. 119.

Учитывая значительные осложнения при применении взрывных работ для подрывки породы, связанные с газовым и пылевым режимом, за рубежом используют проходческие машины с ударным рабочим органом (рис. 120) для разрушения породы.

Техническая характеристика ударно-скалывающих машин

Число ударов в минуту	600
Энергия ударов, кгс·м	200—420
Основные размеры, м:	
длина	5,5 ÷ 7,25
ширина	1,8
высота	1,8—3,3
Масса, т	9—10

ДонУГИ также разработана опытная машина с ударно-скалывающим исполнительным органом, состоящим из трех пневматических механизмов, жестко закрепленных на подвижной раме. Машина оборудована нагребными лапами для погрузки породы и перемещается на гусеничном ходу (рис. 121).

Техническая характеристика машины ДонУГИ

Число ударов в минуту	600
Энергия ударов, кгс·м	100
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	12
Основные размеры, мм:	
длина	8,3
ширина	1,8
высота	1,83

Машина ДонУГИ испытывалась при проведении штрека площадью сечения 9,1 м². Порода почвы — песчаник с временным сопротивлением сжатию 1290 кгс/см², в кровле глинистый сланец с временным сопротивлением сжатию 370 кгс/см². Машиной вначале производится выемка угля в пределах выработки на глубину 0,8—1 м (на величину телескопического хода исполнительного органа), затем подрывается порода в почве пласта отдельными заходками на ширину 0,7 м (ширина исполнительного органа), толщина слоя 0,2—0,3 м. После этого разрабатывается кровля. Средняя техническая производительность машины по разрушению породы 2,3 м³/ч. Максимальное подвигание забоя в смену 1,4 м. Машину обслуживает звено рабочих из трех человек.

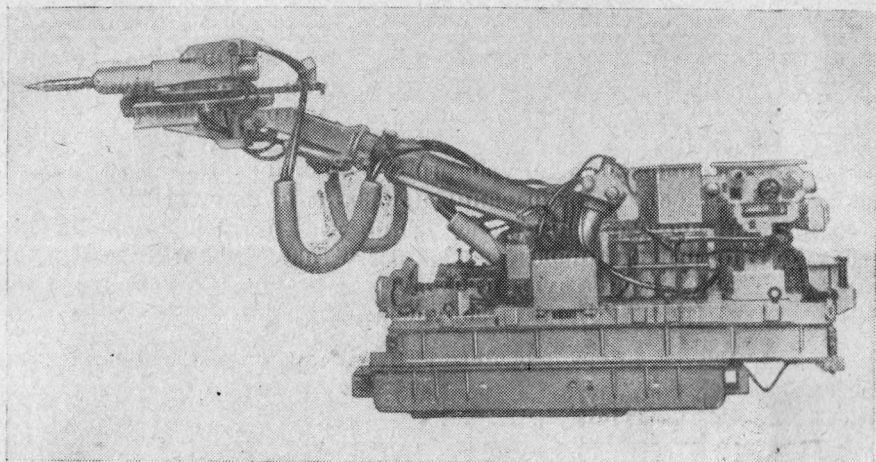


Рис. 120. Проходческая машина с ударно-скалывающим рабочим органом

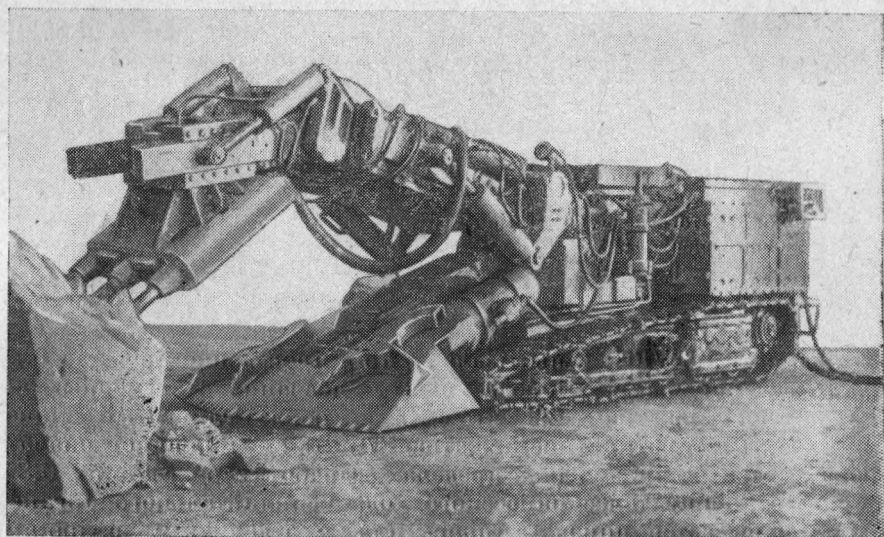


Рис. 121. Ударно-скалывающая машина ДОНУГИ

Дальнейшее совершенствование машины ДонУГИ представляется весьма перспективным.

Ударно-скалывающая комбинированная машина (рис. 122) состоит из ударного гидравлического рабочего органа 1 с пики, телескопической стрелы 2 для подачи пики на забой, опорной конструкции 3, гидравлической системы питания 4, нагревающего механизма 5 разгрузочного конвейера 6. Машина может монтироваться на

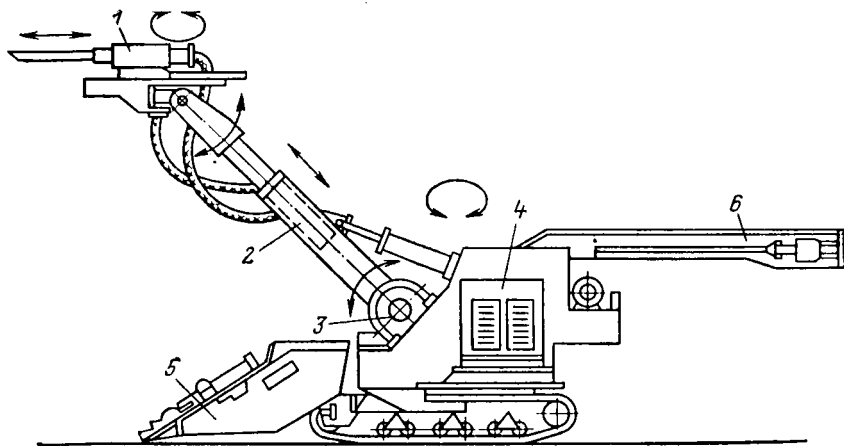


Рис. 122. Ударно-скалывающая комбинированная машина

агрегате с двигателем различной конструкции или на гусеницах. Скорость проведения выработки площадью сечения $12,6-14,2 \text{ м}^2$ применением такой машины достигает 6 м/сут .

51. Организация работ и основные показатели проведения выработок

Схема проведения двухпутной пластовой выработки площадью сечения в свету $12,1 \text{ м}^2$ и в проходке $15,5 \text{ м}^2$ по пласту угля мощностью $1,75 \text{ м}$ показана на рис. 123. Пересекаемые породы с коэффициентом рыхлости $f = 4 \div 6$. Принята совместная схема производства работ по угля и породе. Бурение шпуров по угля осуществляется ручными сверлами, по породе — колонковыми сверлами; погрузка породы — машиной 1ПНБ-1, транспортирование породы от забоя — скребковым конвейером С-53.

График организации работ предусматривает выполнение одного цикла в смену при подвигании забоя за цикл на 3 м . Число проходчиков в смену 10 человек. Производительность труда проходчика 3 м/смену , скорость проведения выработки 190 м/мес .

На рис. 124 показана схема проведения однопутной выработки площадью сечения в свету $7,9 \text{ м}^2$ и в проходке $10,6 \text{ м}^2$ по пласту угля мощностью $1,75 \text{ м}$. Пересекаемые породы с $f = 7 \div 8$. Принята

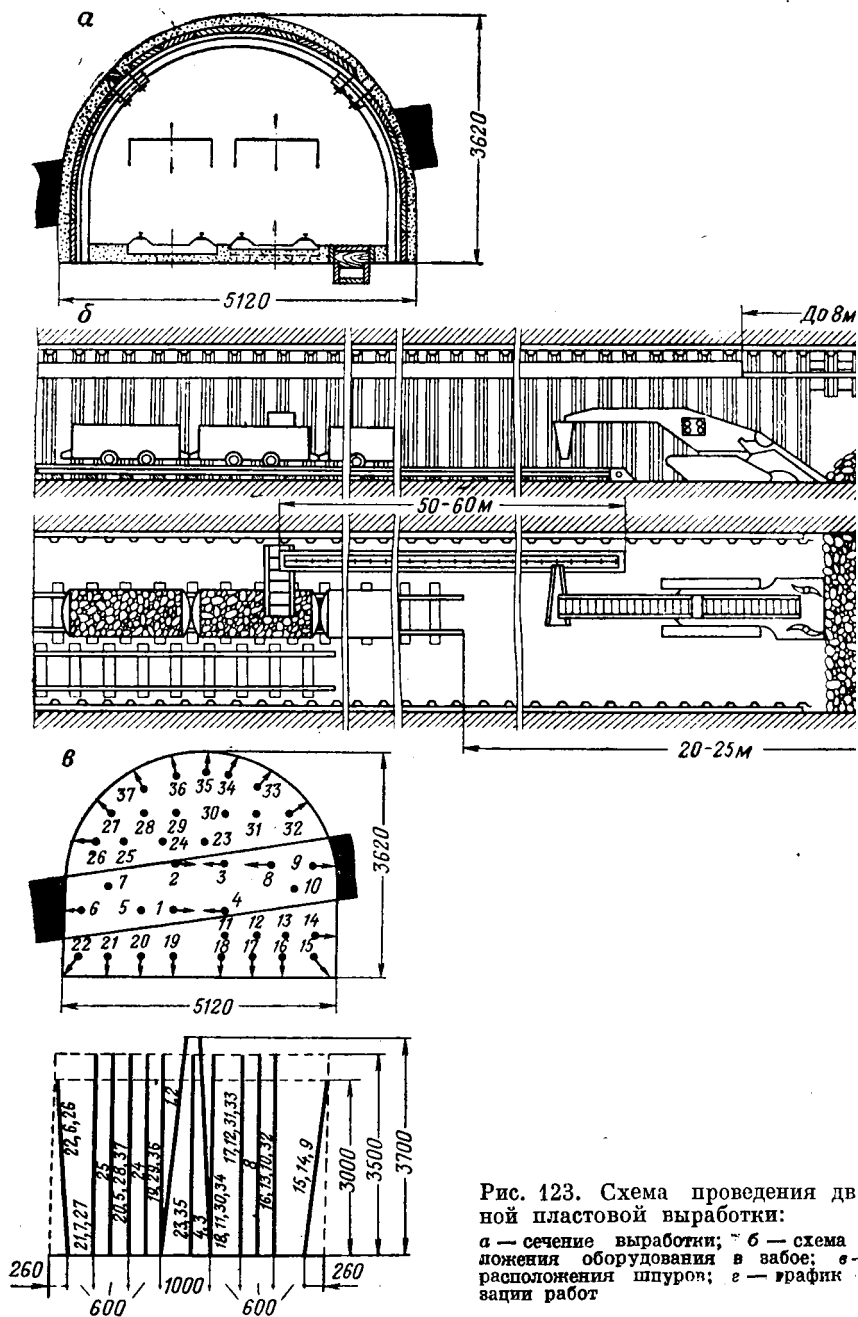


Рис. 123. Схема проведения двойной пластовой выработки:
 а — сечение выработки; б — схема
 ложения оборудования в забое; в —
 расположения шпуров; г — график
 зации работ

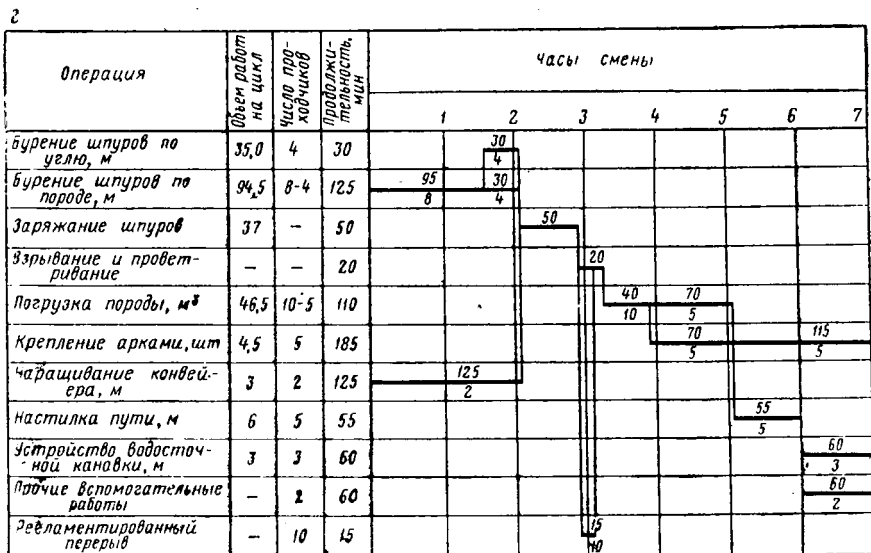
совместная схема производства работ. Бурение шпуров по углю осуществляется ручными сверлами, по породе — колонковыми сверлами с установкой их на манипуляторе МН-2. Погрузка породы производится машиной 1ППН-5, транспортирование породы — в вагонетках с обменом их при помощи накладной разминки.

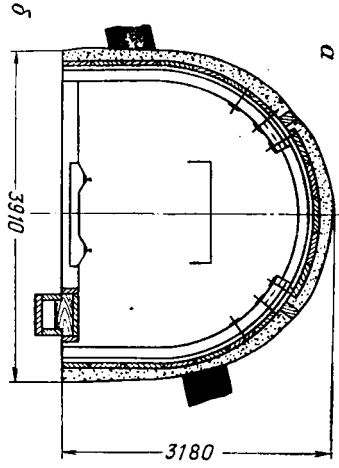
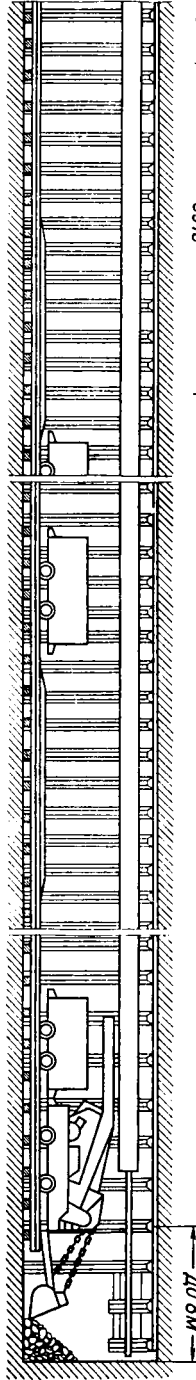
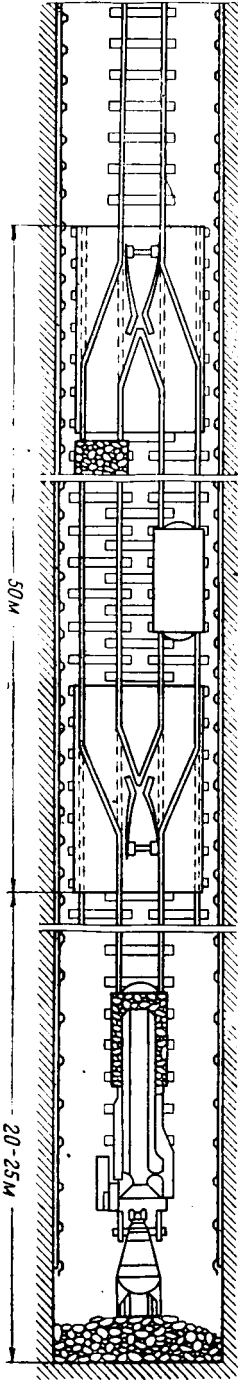
График организации предусматривает выполнение одного цикла в смену при подвигании забоя за цикл на 2,8 м. Число проходчиков в смену 7 человек. Производительность труда проходчика 0,4 м/смену, скорость проведения выработки 180 м/мес.

На шахте «Тошковская» (Первомайскуголь) при проведении откаточного штрека площадью сечения в проходке 10,6 м² по пласту угля мощностью 2,2 м с подрывкой почвы (песчаник с $f = 6$) была достигнута скорость 1201 м/мес

Проведение штрека осуществлялось буровзрывным способом при совместной схеме производства работ. Паспорт буровзрывных работ (рис. 125, а) предусматривал бурение 25 шпуров на глубину 2,7 м. Бурение шпуров осуществлялось электросверлами СЭР-19Д. В качестве ВВ был принят угленит Э-6, масса заряда ВВ по углю и породе 1,4 кг. Расчетное подвигание забоя за цикл 2,4 м. Забой штрека проветривался двумя вентиляторами СВМ-6м. Погрузка горной массы производилась погрузочной машиной 1ППН-5 в вагонетки УВГ-1,3. Обмен вагонеток осуществлялся при помощи переносной разминки с накладными стрелками. Постоянная крепь — металлические арки из спецпрофиля СВП-17.

Работы были организованы по графику цикличности с выполнением четырех циклов в смену (рис. 125, б). Режим работы четырехсменный при непрерывной рабочей неделе. В каждую смену работало звено проходчиков в составе 10 человек.





Графики организации работ при бурении шпуров, погрузке породы и возведении крепи, показаны на рис. 126.

Среднее продвижение забоя за сутки составило 39 м, максимальн до 45 м. Производительность труда проходчика 23,6 м/мес.

В табл. 35 приведен ряд примеров проведения пластовых выработок с высокими производственными показателями. Анализ эти примеров показывает, что на ряде шахт при использовании обычно набора серийного оборудования достигнуты весьма высокие скорос проведения как при раздельной, так и при совместной схемах производства работ. Достаточно явно прослеживается рост производ

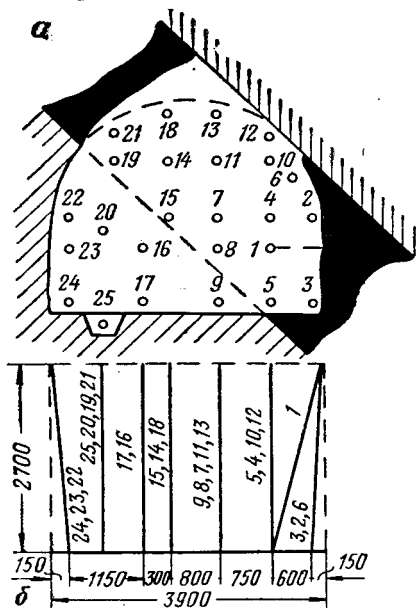


Рис. 125. Схема расположения шпуров и график организации штрека на шахте «Гопшковская»

Операции	Длительность, мин	Часы смены						
		8	9	10	11	12	13	14
Бурение шпуров	80	■		■	■	■	■	
Заряжание, взрывание и проветривание забоя	140	■	■	■	■	■	■	■
Погрузка породы	80		■	■		■	■	■
Крепление забоя	40		■	■	■	■	■	■
Обформление водоотливной канавки	40		■	■	■	■	■	■
Настилка временного рельсового пути	80	■		■	■	■		
Настилка постоянного рельсового пути	20							■

Шахта	Площадь сечения выработки в проходке, м ²	Мощность пласта угля, м	Тип бурового оборудования	Тип поршневой машины	Число штуров		Глубина штуров, м	Число циклов в смену	Скорость продвижения, м/мес	Производительность, м ³ /мес
					по породе	по углям				
Им. Чеснокова	12,0	0,64	БУ-1	ППМ-4	26	5	3,0	—	340	8,86
«Тошковская»	9,1	1,4	СЭР-49Д	ППМ-4	8	10	2,4	3	474	23,7
«Черкасская-Северная»	7,2	1,0	СЭР-49Д	ППМ-4	13	8	3,0	2	503	25,1
«Знамя Коммунизма»	14,0	—	СЭР-49Д	ППМ-4	6	6	—	2	701	33,4
«Горская»	6,2	1,3	То же	4ПНБ-1	6	8	—	1	600	7,41
«Красная Звезда»	10,5	1,0	Совместная	ППМ-4	12	10	2,4	—	664	8,1
Им. Косиора	10,0	1,3	То же	ППМ-4	16	12	3,5	3	945	6,1
№ 3—3-бис	15,9	3—4	»	УП-3	—	33	2,0	5	1472	43,6
«Краснолуцкая»	14,7	0,8	»	СЭР-49М	14	6	2,7	2	405	6,8
«Михайловская»	9,0	0,4—0,5	Раздельная	СЭР-49	24	6	3,0	2	502	7,0
«Редаково»	16,9	1,3	То же	СБК-2М	15	12	2,5	2	318,8	7,8
«Максимовская»	12,7	0,4	Совместная	БУР-2	62	—	2,7	1	250	5,6
«Черноморка»	10,25	1,4	Раздельная	СЭР-49Д	12	10	2,2	1	250	14,35
«Тошковская»	11,2	2,2	Совместная	СЭР-49Д	25	25	2,7	4	1201	23,6
№ 77 (Кировуголь)	9,0	0,6	То же	ЭПМ-1	16	10	2,2	2	350	8,3

а

Состав операций	Исполнител	Длительность операций, мин	Время, мин												
			0	2	4	6	8	10	12	14	16	18			
Подноска сверл, штанг и инструмента к забоям	1,2,3	2	█	█											
Осмотр и оборка забоя, подготовка его к бурению	4,5,6	4	█	█	█										
Разматывание кабелей, подсаживание сверл, проверка исправности защиты пусковых агрегатов	1,2,3	2		█	█										
Устройство полков	7,8	4	█	█											
бурение шпуров	1,2,3,4, 5,6,7,8	14				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Отсаживание сверл и их откоска на место хранения	1,2,3,4, 5,6,7,8	2													█

б

Состав операций	Исполнител	Длительность операций, мин	Время, мин												
			0	2	4	6	8	10	12	14	16	18			
Устройство предохранительной крепи и осмотр забоя	1,2,3, 4,5,6	4	█	█	█										
Подгон машины к забоям, зачистка рельсового пути	7,8, 9,10	4	█	█	█										
Погрузка породы	1,2	16				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Раскайловка крупных кусков породы, орошение	3,4	16				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Обмен вагонеток, формирование грузевого состава	5,6,7, 8,9,10	16				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

в

Состав операций	Исполнител	Длительность операций, мин	Время, мин						
			0	2	4	6	8	10	
Подготовка лунок	1,2	2	█	█					
Подноска элементов крепи	3,4,5	2	█	█					
Установка строж и поддержание их во время укладки верхняка	1,2,3	2		█	█				
Укладка верхняка	4,5	2		█	█				
Скрепление рамы	1,2,3, 4,5	2				█	█		
Подноска затяжек	6,7	10	█	█	█	█	█	█	█
Затягивание и подбутовка	1,2,3, 4,5	4					█	█	█

Рис. 126. Графики организации работ при бурении шпуров (а), погрузке породы (б) и креплении (в) в забое штрека на шахте «Тошковская»

льности проходчиков с увеличением мощности пласта (уменьшением величины подрывки породы). Также можно отметить, что убина шпуров практически постоянна (2,5—3 м), организация бот многоцикличная.

На рис. 127 приведены графики зависимости скорости проведения работки (а) и производительности труда (б) от численности бригады величины подрывки породы.

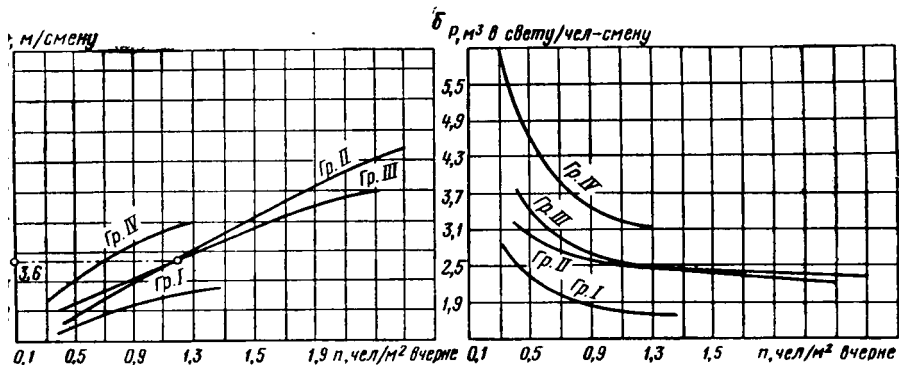


Рис. 127. Зависимость проведения и производительности труда от численности бригады и величины подрывки породы

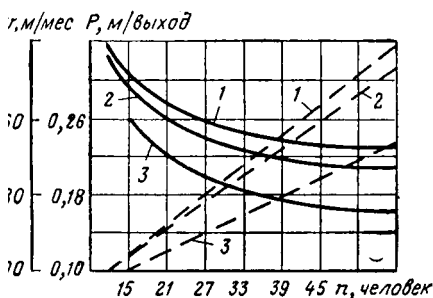


Рис. 128. Зависимость производительности труда (показано сплошными линиями) и скорости проведения (показано пунктирными линиями) от численности бригады для выработок площадью сечения в свету: 1 — 5—7 м²; 2 — 1—9 м²; 3 — 9—11 м²

Для анализа были приняты четыре группы выработок: группа I — выработки с подрывкой более 80% породы от сечения; — от 50 до 80%; III — от 20 до 50% и группа IV — в основном углю. Характер изменения зависимости явно указывает, что уменьшением величины подрывки при постоянном числе проходчиков увеличивается скорость проведения, а производительность труда проходчиков имеет наибольшую величину. С увеличением числа проходчиков повышается скорость проведения выработки, одновременно снижается производительность труда.

На рис. 128 приведены графики изменения производительности труда проходчиков и скорости проведения выработок в зависимости численности бригады и площади сечения выработки. Графики составлены на основе практики проведения выработок буровзрывным способом в условиях Донбасса при обычном серийном оборудовании скорости проведения выработок свыше 100 м/мес.

Из приведенных графиков следует, что с увеличением численности бригады и площади сечения выработок производительность труда проходчиков падает, а скорость проведения выработок растет. Зависимость между производительностью труда и площадью сечения выработки в свету для рассматриваемых условий может быть определена из выражения

$$P = 0,26 + 0,011S - 0,00157S^2,$$

где P — производительность труда, м/чел-смену; S — площадь сечения выработки в свету, м².

В средних условиях, при проведении пластовых выработок площадью сечения в свету 7,5—12 м² площадь забоя на одного проходчика может быть принята 1,3—1,5 м², а численность бригады проходчиков в смену 9—12 человек.

Глава X

ПРОВЕДЕНИЕ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК ПРОХОДЧЕСКИМИ КОМБАЙНАМИ

Применение комбайнов при проведении пластовых выработок угля и с присечкой боковых пород получило широкое распространение при эксплуатации и строительстве шахт в угольной промышленности. Комбайны обеспечивают более совершенную технологию работ при проведении выработок в сравнении с буровзрывным способом, так как позволяют исключить ряд операций, вызывающих перерывы в работе проходческих бригад (заряжание шпуров, взрывание забоя после взрыва и др.), полностью механизировать процессы выемки и погрузки, что способствует росту производительности труда и повышению скорости проведения выработок.

Комбайны впервые были применены при проведении выработок по углям в Подмосковном бассейне в 1932 г. (комбайн ПК-1). В настоящее время комбайны находят широкое применение в угольной промышленности (общее число комбайнов в работе на 1 января 1976 достигло свыше 1000), объем работ по проведению основных выработок комбайнами достигает около 1600 км в год, что составляет около 27% годового объема проведения выработок.

§ 52. Основные типы комбайнов

Для проведения выработок по полезному ископаемому и с присечкой боковых пород применяются в основном комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом. Такие комбайны позволяют проводить выработки различной формы и площади сечения, обеспечивают возможность раздельной выемки угля и пород, отличаются мобильностью и небольшой массой, для их монтажа и демонтажа не требуется сооружения монтажных камер.

Общий вид комбайна избирательного действия ПК-3Р показан рис. 129. В передней части комбайна находится исполнительный орган 1, состоящий из фрезерной коронки, укрепленной на стреле, дуктора и электродвигателя. Исполнительный орган устанавливается на поворотной опоре 2, вместе с которой он совершает горизонтальное перемещение. Вертикальное перемещение исполнительный орган совершает относительно шарнира, закрепленного на этой поворотной опоре. Кроме того, большинство современных комбайнов имеют телескопическое устройство для выдвижения всего исполнительного органа. Под стрелой исполнительного органа размещается погрузочное устройство 3 в виде кольцевого скребкового вейера или стола с нагребными лапами. Кольцевой скребковый вейер доставляет породу к хвостовой части комбайна 4. Исполнительный орган, погрузочное устройство и конвейер комбайна крепятся на раме, которая в свою очередь опирается на гусеничную лежку 5, служащую механизмом передвижения. Над исполнительным органом располагаются всасывающие раструбы пылесоса 6.

Техническая характеристика комбайнов избирательного действия отечественного производства приведена в табл. 36.

Из зарубежных комбайнов избирательного действия представляют известный интерес комбайны: «Альпине Майнер» (Австрия), V-1 и EV-100B фирмы «Эйкгоф», «Роботер» фирмы «Паурат» (ФРГ), 3 — 2E «Насхорн» «Демаг» и др.

Учитывая, что при работе комбайнов избирательного действия из трудоемких операций является возведение крепи вслед за продвижением забоя выработки, было предложено оборудовать комбайн механизированными (гидрофицированными) шагающими опорами, под защитой которых будет работать комбайн. Исходя из этих предпосылок, в Кузбассе был изготовлен и испытан комбайн типа СРПК (скользящий распорный) на базе узлов комбайна 4ПУ механизированной крепи КМ-87ДН. Комбайн предназначался для ведения выработок площадью сечения до 8,2 м². Масса комбайна 12 т, мощность двигателя около 100 кВт. На шахте «Нагорная» при испытании комбайна было пройдено более 1600 м выработок площадью сечения 6,2 м² со средней скоростью 300 м/мес, кроме того, была пройдена наклонная выработка с углом падения до 40°. В настоящее время изготавливается комбайн КН-5 избирательного действия с распорной крепью (рис. 130).

Наряду с комбайнами избирательного действия при проведении горизонтальных выработок ограниченное применение имеют буровые станки и планетарные комбайны.

Первоначальным типом роторного комбайна был комбайн БМ-2М, широко применявшийся при проведении выработок на шахтах Львовско-Волынского угольного бассейна. В настоящее время на калийных шахтах применяется роторный комбайн ПК-8 планетарный комбайн «Караганда-7/15».

В процессе отбойки горной массы комбайном при ее падении на почву, а также при погрузке образуется пыль. Вопрос пылеподавления, а также другие санитарно-гигиенические условия (высо-

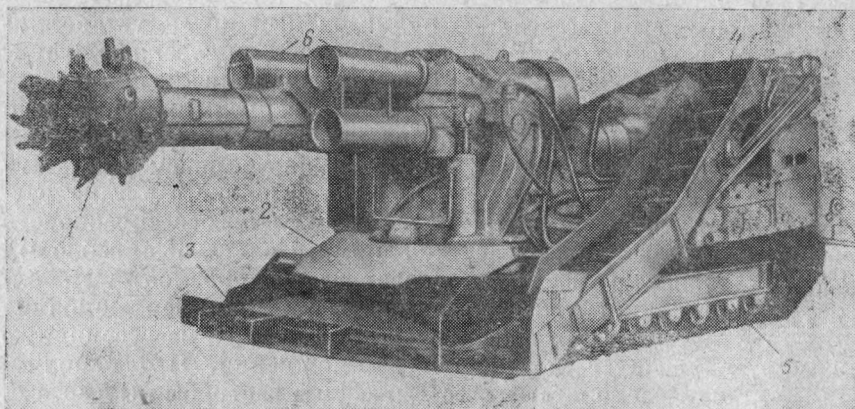


Рис. 129. Комбайн ПК-3Р

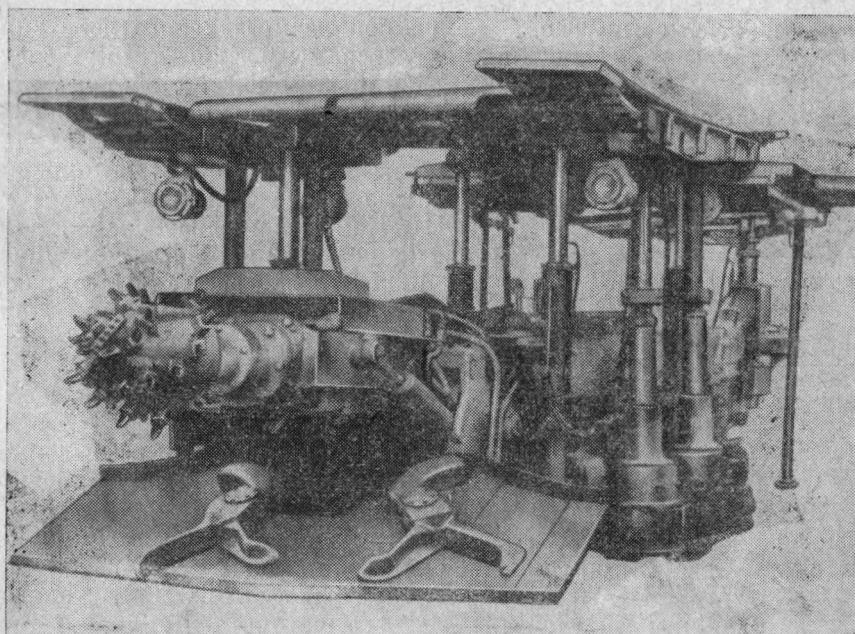


Рис. 130. Комбайн КН-5

Основные параметры	Тип комбайна							
	ПК-3М	4ПУ	ПК-9Р	2ПУ	ГПК	4ПП-2	4ПП-2М	КН-5
Техническая производительность: по отбойке, т/мин	1,2	4	2,5	1,2	1,8	По углю 1,5 м ³ /мин По породе 0,5 м ³ /мин	3,4	1,8 м/смену
по проведению, м/ч	4	5	7	До 2,0 3,8—8,0	—	—	8	—
Площадь сечения проводимой выработки, м ²	5,3—12	4—8,2	7—16	—	4,7—15	9—18	9—20	7—13
Высота выработки, м	2,1—3,2	1,5—2,85	2,2—3,9	4,5—3,08	4,8—3,6	2,6—4	2,6—4,4	1,8—2,8
Ширина выработки, м	2,8—4,05	2,6—3,3	3—6,3	2,0—3,1	2,6—4,7	3,6—6	3,8—6	3,5—4,5
Основные размеры комбайна, мм:								
высота	1700	1300	1830	1200	1500	2000	1900	1750
ширина	2430—2830	2350	1800	1200	1600	2400	2400	3230
длина	6570	5900	7700	3600	10 000	8200	8800	10 000
Максимальная скорость резания, м/с	3,4	2,3	2,8	2,9	2,08	2	2,3	—
Скорость движения цепи конвейера, м/с	0,95	0,64	0,81	1,0	0,9	0,81	0,99	—
Скорость передвижения комбайна, м/мин	1,38	2,4	2	4,3	2,5; 7	2	0—4	—
Фронт погрузки, м	2,4—2,8	2,35	4,6	1,6	2,1—3,1	4,9	—	—
Суммарная установленная мощность двигателей, кВт	115,5	93,8	186	98	142	194	349,5	106
В том числе мощность привода исполнительного органа, кВт	32	22	93	36	36	93	186	—
Масса комбайна, т	10,8	10,7	30	8	18,0	35	50	37

Примечание. Все комбайны, приведенные в таблице, имеют гусеничный ход.

кая температура воздуха) приобретают при работе комбайна исключительно важное значение. Для пылепоглощения при работе комбайнов применяют орошение и пылеотсос. Система орошения осуществляется при помощи форсунок. При расходе воды 32 л/ми эффективность пылепоглощения составляет около 70%. Система орошения не обеспечивает надлежащей очистки воздуха, поэтому на комбайнах дополнительно применяют пылеотсасывающие установки ППУ-2 и ППУ-4, состоящие из двух вентиляторов В2МЛК

Техническая характеристика установки

Производительность, м ³ /мин	75—350
Давление воздуха на всах вентиляторов, кгс/см ²	380
Мощность, кВт	40
Число форсунок	2
Расход воды, л/мин	32
Масса, т	4,9
Коэффициент очистки	0,99

§ 53. Технология проведения выработок комбайнами

При проведении выработок комбайнами необходимо создать условия при которых было бы обеспечено наиболее полное использование комбайна во времени. Задержки в работе комбайна, связанные с выполнением различных операций в забое выработки (крепление, транспорт и др.), должны быть сведены к минимуму.

Режим работы комбайна принимается многосменный: четыре смены по 6 ч, три смены по 7 ч с перерывом на 3 ч для ремонта или три смены по 6 ч с перерывом на 6 ч для ремонта. Проходческая бригада в смену состоит обычно из 6—8 человек. Машинист комбайна руководит звеном, в начале смены он осматривает и принимает комбайн и готовит его к работе. В это время другие рабочие производят зачистку выработки, подносят элементы крепи и другие материалы. Во время работы комбайна помощник машиниста зачищает бок выработки, один проходчик следит за погрузкой горной массы в вагонетки, два проходчика занимаются выгрузкой крепежных и других материалов и готовят элементы крепежных рам к установке и в забое. После подвигания забоя на принятую величину заход комбайн останавливается. Проходчики устанавливают раму крепи и производят затяжку боков и кровли выработки. Машинист комбайна в это время осматривает машину, смазывает ее узлы и производит замену затупившихся зубков. При транспортировании горной массы в вагонетках и загрузке их при помощи перегружателя производится замена груженных вагонеток порожними, а при транспортировании конвейером — наращивание звена конвейера. Далее работа повторяется.

Таким образом, проведение выработки комбайном осуществляется циклами. Продолжительность цикла работы комбайна определяется допустимой величиной обнажения кровли у забоя, т. е. ее устойчивостью и принятой конструкцией временной крепи. Обычно величина обнажения кровли изменяется в довольно узких пределах:

Например, в условиях Подмоскownого бассейна она составляет 0,5—0,6 м, при более устойчивых породах — до 1,5 м, а при наличии ременной крепи, устанавливаемой в забое вразбежку, — до 3 м.

Порядок обработки забоя комбайном определяется многими факторами: залеганием пласта, состоянием кровли, крепостью угля, формой и размерами сечения выработки, наличием присечки породы др. На рис. 131, а показана схема обработки забоя при проведении

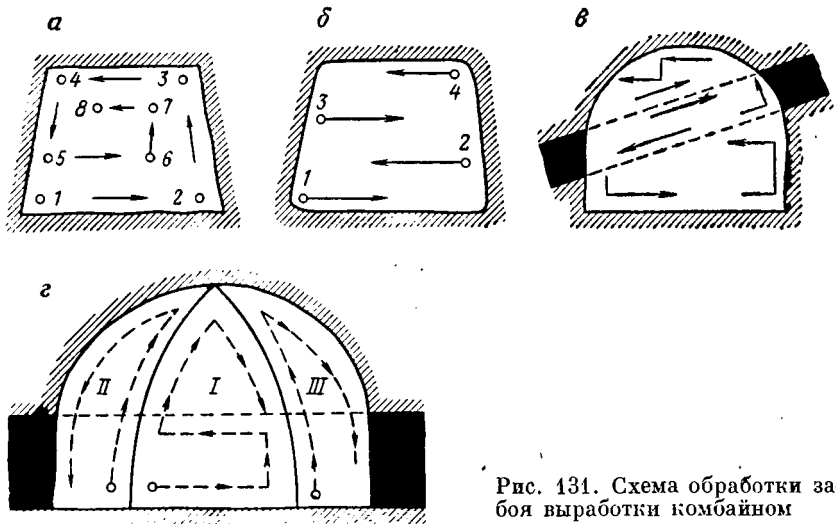


Рис. 131. Схема обработки забоя выработки комбайном

выработки по легко разрушающемуся углю. Забой вначале обрабатывается по периметру, а потом разрушается его центральная часть. Это позволяет уменьшить дробление угля. Однако наиболее целесообразно в первую очередь обрабатывать нижнюю часть забоя (рис. 131, б). При такой схеме облегчается погрузка угля и увеличивается ее производительность. Схема обработки забоя при проведении выработки с присечкой породы показана на рис. 131, в. В первую очередь производится выемка угля, а затем порода почвы и кровли. Если порода кровли слабая, то обработку забоя целесообразно начинать с центральной зоны выработки, а затем в боковых ее частях (рис. 131, г).

Схема проведения комбайном штрека площадью сечения в свету 5,7 м² показана на рис. 132.

Для сокращения времени, связанного с подачей вагонеток под погрузку, перегружатель комбайна удлинен с таким расчетом, чтобы под ним можно было разместить шесть вагонеток. Транспортирование груженых вагонеток осуществляется двумя электровозами. Выработка крепится трехзвенными металлическими арками, устанавливаемыми через 1 м. Наибольшее расстояние от забоя штрека до крепи 1,5 м. Данная схема применялась на шахте «Западная-Донбасская». При четырех сменах в сутки и непрерывной рабочей неделе была достигнута скорость проведения выработки 765 м/мес.

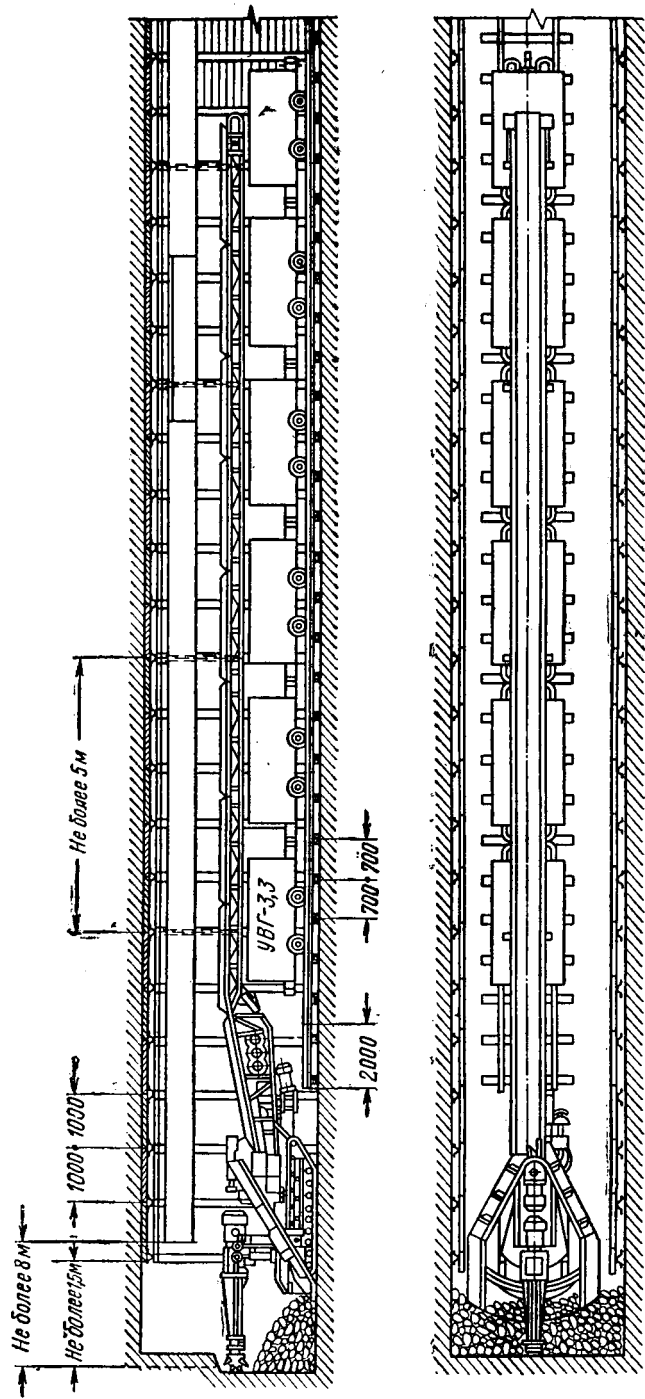


Рис. 132. Схема проведения выработки комбайном ПК-3м

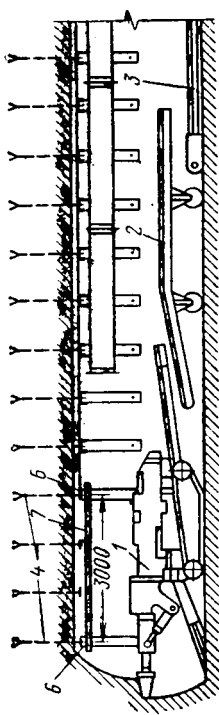


Рис. 133. Схема проведения выработки комбайном 4ПУ

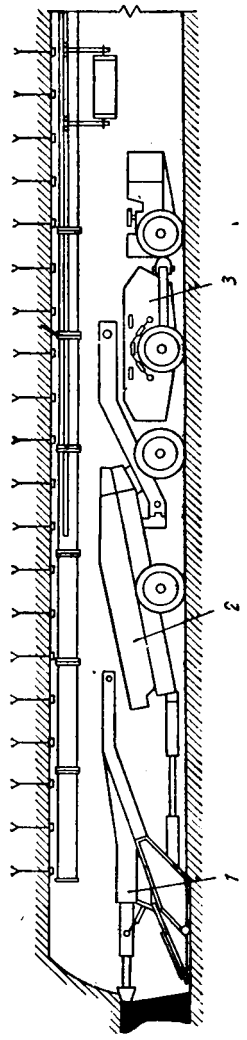
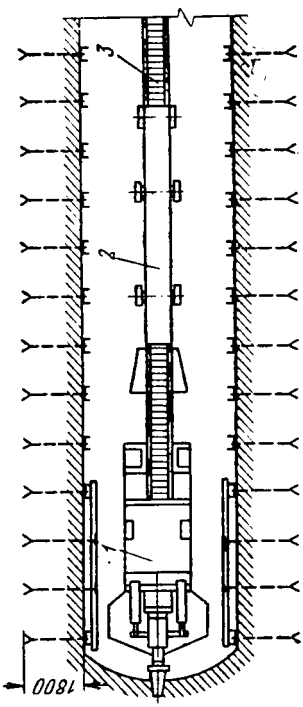


Рис. 134. Проходческий комбайновый комплекс КСО-1

Средняя скорость в сутки составила 30 м, производительность тр. 1,1 м/чел-смену.

На рис. 133 показана схема проведения выработки сводчатой формы площадью сечения в проходке 6 м² по пласту угля без песчаника породы на шахте «Манейха» (Кузбасс). Выемку угля производили комбайном 1 типа 4ПУ, погрузка угля от комбайна осуществлялась на ленточный перегружатель 2 и далее на конвейер типа С-53. Выработку крепили штангами 4 длиной 1,8 м и металлическими полуарками 5. Временное крепление выработки осуществлялось путем установки штанг 4, двух полуарок 6 и трех продольных балок 7 из швеллера № 10. Трое рабочих устанавливали временную крепь за 20 мин. Проветривание забоя местными вентиляционными трубами диаметром 600 мм. По мере продвижения забоя через 4—5 м осуществлялась переноска натяжной головки и наращивание конвейера С-53. Бригада состояла из 13 человек. Режим работы — три семичасовые смены в сутки. За цикл работы комбайна забой штрека продвигался на 3 м. Средняя суточная скорость продвижения 41,9 м. Производительность труда проходчика 3,23 м/чел-смену.

На шахте «Красно-Каменская» (Кузбасс) при проведении выработки площадью сечения 7,1 м² по углю с присечкой породы с $f = 0,1$ использовался проходческий комбайновый комплекс с самоходным оборудованием КСО-1 (рис. 134). Комплекс включает комбайн типа 4ПУ, аккумулярующий бункер 2 и самоходный бункер 3. Разрушаемый комбайном уголь поступает в аккумулярующий бункер и из него грузится в самоходный бункер, который передвигает по челноковой схеме от комбайна до разгрузочного пункта и обратно. При такой схеме транспорта обеспечивается непрерывная работа комбайна.

Суммарная мощность комплекса 109 кВт, масса 22 т.

Средняя месячная скорость проведения выработки при испытании комплекса составила 225 м, среднесуточная — 13 м и максимальная за сутки 21 м. Средняя производительность труда 1,1 м/чел-смен.

§ 54. Крепление выработок, проводимых комбайнами

Крепление выработки при проведении ее комбайном состоит из двух фаз производства работ: крепление у забоя, когда комбайн имеет перерывы в работе, постоянное крепление вслед за комбайном.

Наиболее важным и сложным является крепление выработки у забоя. Здесь необходимо в возможно короткий срок поставить крепь, обеспечивая безопасность работ и минимальные простои комбайна.

При рамной или арочной крепи выработки крепление при работе комбайна обычно осуществляется в два приема. Вначале проходчик возводит временную крепь, устанавливая рамы на расстоянии 1,4—1,5 м одна от другой. На установку одной рамы или арки с затяжкой кровли затрачивается около 20—25 мин. В это время комбайн работает. Промежуточные рамы или арки крепи (постоянная крепь)

танавливаются между рамами временной крепи вне зоны работы мбайна и параллельно с его работой. Таким образом, окончательно расстояние между рамами крепи становится равным 0,45 и 0,7 м. Элементы крепи заготавливают на поверхности и доставляют платформам по рельсовому пути или по монорельсовой дороге комплексно специальной бригадой доставщиков.

Более совершенной можно признать временную штанговую крепь, принятую при проведении выработки комбайном 4ПУ на шахте «Ланейха» (см. рис. 133). На шахте «Бееринген» (Бельгия) при работе мбайна в штреке площадью сечения $4,5 \times 2,8$ м применялась ревянная рамная крепь в сочетании с полимерными штангами иной 2—2,2 м. Продолжительность крепления на 1 м подвигания поделилась: на установку крепежной рамы 32 мин и 11 штанг мин, всего 50 мин, или 13,2% продолжительности цикла.

Для механизированного возведения крепи необходимо параллельно обеспечить работу комбайна и установку крепи. Решение этой задачи возможно в двух направлениях:

применение рамной крепи с предварительной комплексной сборкой трех — четырех верхних и боковых сегментов ее, включая олчивание;

применение передвижной временной крепи или крепи, смонтированной совместно с комбайном.

В первом случае предварительно смонтированные сегменты крепи анспортируются в забой над комбайном специальным манипулятором по монорельсовой дороге. В забое одновременно с монтажом сегментов устанавливают стойки крепи. Возможно также применение вспомогательных крепежных устройств для подъема арок крепи, монтируемых шарнирно на стреле комбайна.

При проведении штрека площадью сечения $16,7$ м² на шахте «Бееринген» (Бельгия) комбайном «Даско» МК-2А, оборудованным вспомогательным устройством для подъема арок крепи, среднее время на установку трех арок составило 133 мин, или 41% продолжительности цикла, при подвигании забоя на 2 м.

Для обеспечения непрерывной работы комбайна также можно изменять крепь, передвигающуюся вслед за забоем, или крепь, смонтированную совместно с комбайном. ЦНИИПодземмашем был разработан экспериментальный образец временной передвижной крепи МК-2М арочного очертания. Принципиальная схема работы крепи показана на рис. 135. Крепь состоит из двух секций I (включающих четыре арки, попарно связанные между собой жесткими тягами). Каждая секция снабжена тремя гидродомкратами передвижения 2. Внутри стоек арок расположены домкраты распора 3. На каждой арке по периметру сводчатой части крепятся девять лыж 4, поддерживающих кровлю выработки. Расположение лыж в соседних арках шахматное, что обеспечивает постоянный контакт лыж с кровлей. Крепь передвигается по принципу шагаения при помощи гидродомкратов при снятом распоре двух, подаваемых вперед арок.

В позиции I в каждой секции крепи арки раздвинуты на полный ход домкраты 2 (исходное положение). В позиции II левые арки

секций освобождены от нагрузки (домкраты 3 сжаты) и осуществляется передвижка секции за счет сжатия домкратов 2. В позиции III левые арки секций воспринимают давление кровли (домкраты 3' раздвинуты), а правые арки секций освобождены (домкраты 3'' сжаты) и за счет раздвижки домкратов 2 передвигаются на забой. Длина крепи 6,9 м, шаг передвижения до 400 мм, скорость передвижения 5 м/ч, несущая способность крепи 2 тс/м², масса 1

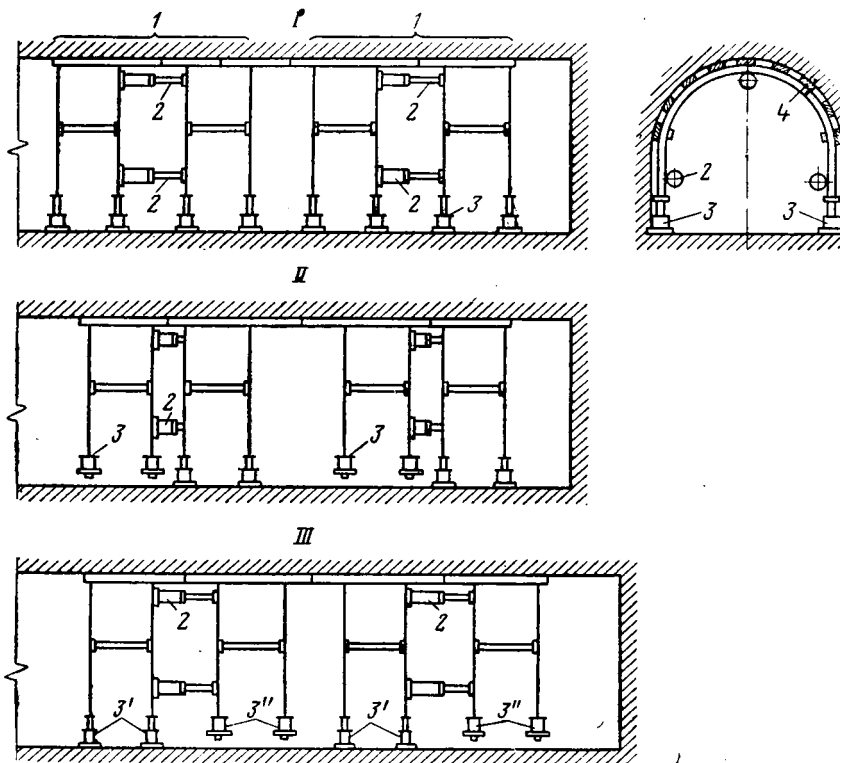


Рис. 135. Временная передвижная крепь КМК-1М

Испытание крепи производилось на шахте «Южно-Донбасская» в выработке площадью сечения 14,2 м². Крепь обеспечивала достаточно удовлетворительное поддержание кровли выработки и мешала работе комбайна в забое.

Необходимо отметить, что рассмотренные конструкции шапковой крепи являются весьма сложными и требуют дальнейшего совершенствования.

Вторым решением временного крепления выработки при проведении ее комбайном является оформление в единую конструкцию собственно комбайна и поддерживающей крепи. Такое решение применено в конструкциях комбайнов КН-5, разработанных ЦНИИПодземмашем, а также комбайна «Насхорн» типа VS2E, «Демаг» (ФРГ) и

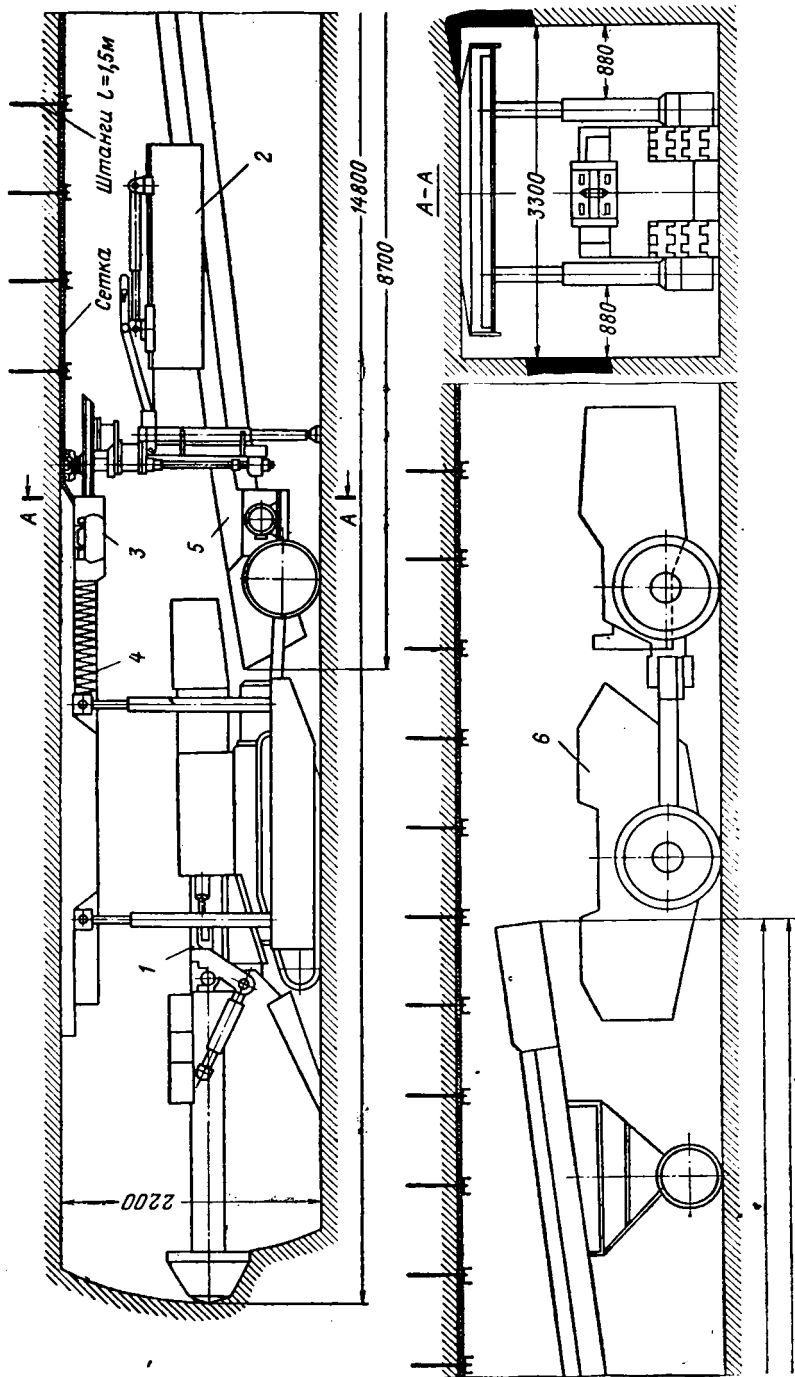


Рис. 136. Схема проведения выработки комплексом КН-5

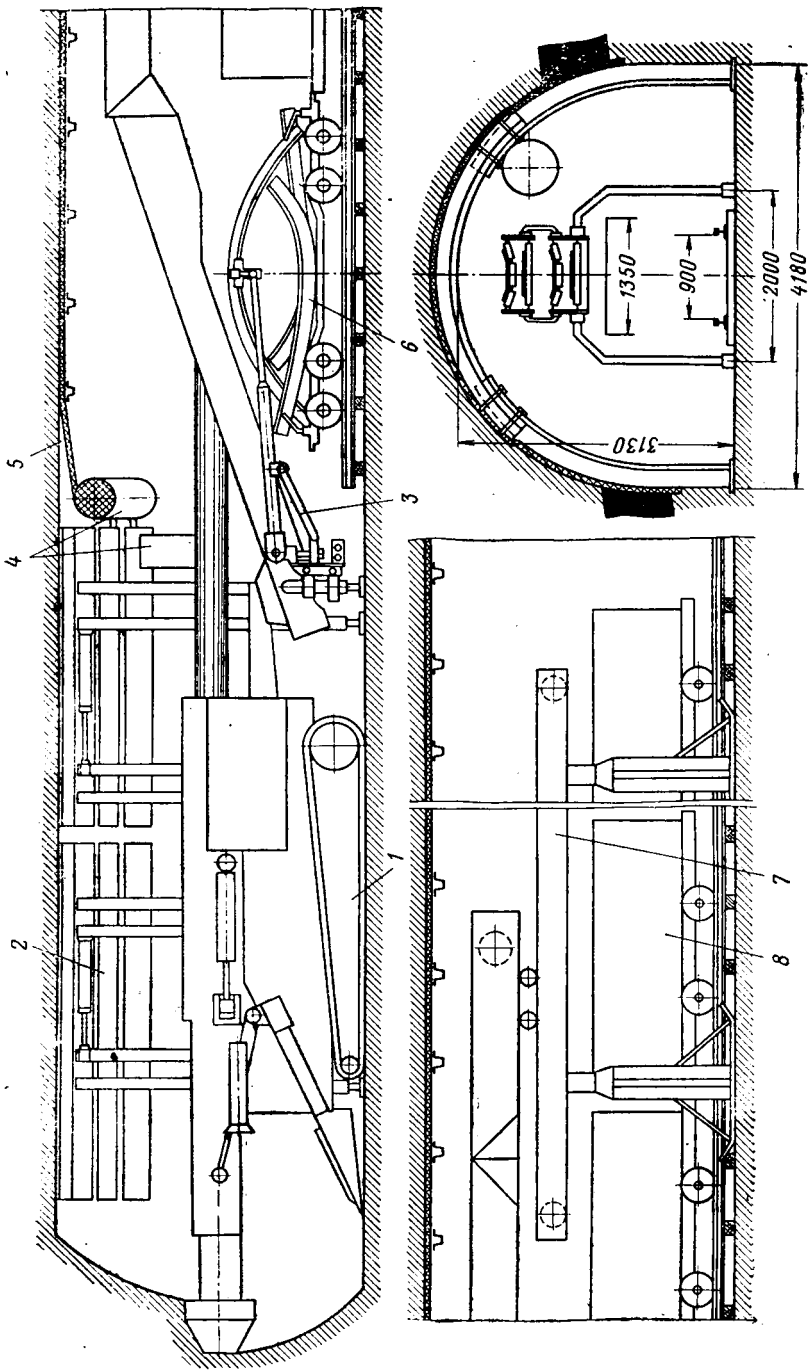


Рис. 137. Схема проведения выработки комплексом КФК-1М

Применение шагающей временной крепи и комбайнов, конструкция которых включает поддерживающую крепь, сдерживается из-за ложности конструкции, ее громоздкости и снижения устойчивости непосредственной кровли выработки вследствие ее нарушений в результате воздействия опорных домкратов шагающего механизма порода кровли разрушается, что сопровождается вывалами отдельных ее кусков).

Очевидно, на ближайшее время можно признать наиболее доступной к широкому применению в качестве временной крепи при проведении выработок комбайном штанговую крепь с последующим, не зоны нахождения комбайна, возведением крепи постоянной. Для бурения скважин под штанги можно предусмотреть буровую шину, размещенную непосредственно на комбайне, а для ускорения становки крепи применять полимерные смолы.

На рис. 136 показана схема проведения выработки с применением комплекса КН-5. Комплекс включает комбайн 1 типа КН-5 с бурильной установкой 2 для бурения скважин под штанговую крепь, магланом 3 для верхняков крепи и кассетой 4 для сетки-затяжки. Горная асса от комбайна перегружается на скребковый перегружатель 5 далее в самоходный вагон 6. Проектом комплекса КН-5 были определены следующие показатели: площадь сечения выработки в проходке $7,3 \text{ м}^2$, подвигание забоя за смену 8 м, сменный состав звена рабочих пять человек.

На рис. 137 показан проект проведения выработки комплексом ГК-1М, разработанный ЦНИИПодземмашем. Комплекс включает комбайн 1 типа 4ПП-2, временную передвижную крепь 2 типа МК-3М, крепеустановщик 3 типа КЛУ-1м для арочной крепи из пепрофиля с металлической сетчатой затяжкой, кассеты 4 для сетки-затяжки 5, тележку 6 для доставки арочной крепи. Погрузка арочной массы производится при помощи перегружателя 7 в вагонетки 8 типа УВГ-3,3. Проектом комплекса были определены следующие показатели: площадь сечения выработки в проходке $13,1 \text{ м}^2$, шаг передвижки крепи 0,5 м, подвигание забоя за смену 5,33 м, сутки 16 м. Сменный состав звена рабочих пять человек, коэффициент машинного времени работы комбайна 0,5.

55. Транспорт при проведении выработки

Транспортирование горной массы при проведении выработок комбайнами осуществляется в вагонетках или конвейерами. При транспортировании в вагонетках для обеспечения большей непрерывности загрузки применяются перегружатели. Длина перегружателя принимается из расчета размещения под ним такого количества вагонеток, чтобы в них вмещалась вся горная масса, получаемая за цикл работы комбайна. Обычно бывает достаточно иметь длину перегружателя для размещения восьми — десяти вагонеток УВГ-3,3. Транспортирование вагонеток осуществляется одним или двумя электроземами в зависимости от расстояния от забоя выработки до демазирования. При небольшом расстоянии транспортирования и не-

спокойной гипсометрии пласта возможно применение лебедек. При доставке горной массы из забоя конвейерами (см. рис. 133) обычно используются скребковые конвейеры С-53 и СКР-20. Конвейер настилается на почве выработки и наращивается по мере продвижения забоя. Для сокращения непроизводительных затрат времени операции по удлинению конвейерного става эта работа совмещается с возведением крепи. Нарращивание конвейера производится в принятую длину перегружателя, затраты времени на эту работу составляют 15—25 мин.

Доставка деталей оборудования и крепежных материалов производится по рельсовому пути, прокладываемому по выработке или

Шахта	Площадь сечения выработки, м ²	Условия работы комбайна	Тип комбайна	Вид крепи	Оборудование для транспортирования горной массы
«Капитальная 29»	7,5	По углю	4ПУ	Деревянные рамы	Конвейер
«Абашевская 2» (Кузбасс)	6,75	То же	ПК-3М	Штанговая с сеткой	То же
Им. Абакумова (Донбасс)	10,5	По углю с присечкой породы	ПК-3М	Деревянные рамы	»
«Комсомолец» (Кузбасс)	—	По углю	ПК-3М	То же	»
№ 4 «Великомостовская»	11,3	По углю с присечкой породы	ПК-9Р	Металлические арки	Вагонетки
№ 13 (Караганда)	6,4	По углю	ПК-3М	Деревянные рамы	Конвейер
«Северная» (Караганда)	9,0	По углю	ПК-3М	То же	То же
«Западная-Донбасская»	7,4	По углю с присечкой породы	ПК-3М	Металлические арки	Вагонетки
«Манеixa» (Кузбасс)	6,0	По углю	4ПУ	Штанговая	Конвейер
№ 122 (Караганда)	8,0	То же	«Караганда-7/15» ПК-3М	Деревянные рамы	Вагонетки
«Октябрьская» (Донбасс)	8,5	По углю с присечкой породы	ПК-3М	Металлические рамы	Конвейер
«Красноармейская» (Подмосковный бассейн)	8,5	По углю	ПК-3М	Деревянные рамы	Вагонетки
Им. Дзержинского (Кузбасс)	6,2	То же	4ПУ	Металлические арки	Конвейер

* Временная крепь отставала от забоя на 4 м.

по монорельсовой дороге. Использование конвейера для доставки материалов путем реверсирования его движения нецелесообразно, так как вызывает значительные простои в работе комбайна.

§ 56. Основные показатели проведения выработок комбайнами

В угольной промышленности в 1975 г. в зависимости от условий работы средняя скорость проведения выработок (м/мес) комбайнами составила: по всем забоям 180, по угольным забоям 202, по породным забоям 110. По сравнению с буровзрывным способом проведения

Таблица 37

Подвигание забоя, м/сут	Производительность труда, м/мес	Распределение времени работы, %				Число циклов работы комбайна в смену	Продолжительность работы комбайна за цикл, мин
		работа комбайна	крепление	транспорт	вспомогательные работы		
19,6	24	41,5	36	14	8,5	5	30
14,5	17,5	46	42	8	14	7	26
28	10,6	62	35	—	3	4	60
16,9	15,5	50,5	41,5	6	2	4	39
21,4	21,5	55,5	26	14	4,5	3	53
43/8	16,5	70 *	14	—	16	5	50
40	18	57	38	—	5	16	15
29,4	29	54,5	39	6,5	—	7	32
41,9	3,23	52,5	24	19	4,5	4	60
56,3	на выход						
	39,1	27	63	—	10	9	13
15,4	13,8	43	40	12	5	3	58
29,5	33,7	61	37	—	—	17	13
52,6	3,29 на выход	—	—	—	—	17	—

выработок (при механизированной погрузке горной массы) при применении комбайном обеспечивает повышение скорости в среднем в 2,6 раза.

Примеры проведения выработок комбайнами приведены в табл. 37. Анализ этих примеров позволяет установить следующие:

а) использование комбайна во времени даже при весьма благоприятных условиях работы находится на уровне 40—50% продолжительности смены;

б) весьма трудоемким процессом является крепление выработки, которое достигает 35—40%. Трудоемкость транспорта значительно ниже, чем крепление, и составляет около 10%;

в) наблюдается весьма большое число циклов в работе комбайна в смену (4—7 циклов). Число циклов обуславливается в основном двумя факторами: свойствами (прочностью) пород кровли выработки и принятой конструкцией временной крепи. Очевидно, при слабой кровле число циклов работы комбайна увеличивается, например в Подмосковном бассейне число циклов достигает 9—12 в смену;

г) частые перерывы в работе комбайна и переход от выемки угля к временному креплению приводят к увеличению продолжительности простоев, а многократные включения комбайнов нарушают их устойчивую работу и способствуют увеличению объема ремонтных работ.

Анализируя более детально обычную практику проведения работ комбайнами, можно установить, что, например, на шахте Донбасса при среднезвешенной площади сечения выработок в проходке 11,8 м² и объеме присечки породы от 40 до 70% затраты времени на 1 м проведения выработки определяются следующим соотношением затрат времени.

	Затраты времени, мин (%)
Подготовительно-заключительные операции	50 (4,3)
Работа комбайна	311 (26,6)
Крепление выработки	350 (30)
Транспорт (настилка пути), наращивание конвейера	110 (9,5)
Вспомогательные работы (наращивание вентиляционных труб, заготовка материалов и др.)	182 (15,6)
Простои	163 (14)
Итого	1166 (100)

Приблизительно такое же распределение времени при работе комбайнов имеет место и за рубежом. Так, при работе комбайна в ФРГ фирм Эйкгофф (EV — 100), Демаг (VS — 2E), «Паура» (PSV) использование комбайна изменяется: работа 28—56%, поломки 5—6%, крепление 48—55%, простои 6—8%.

Производительность комбайна, если не учитывать таких технических организационных операций, как крепление выработок и транспортирование горной массы, в значительной мере зависит от горных технических условий, т. е. от площади сечения выработки, величины присечки породы и ее крепости (рис. 138).

Также очевидно, что производительность комбайна и его испол-

зование при прочих равных условиях будут изменяться в зависимости от длины проводимой выработки. С увеличением длины выработки будут снижаться затраты времени на выполнение монтажных и демонтажных работ, связанных с переводом комбайна для работы в другую выработку. Оптимальная длина выработки при работе комбайна 400—600 м.

Переходя к вопросу производительности комбайнов, можно отметить, что использование их в цикле с учетом сопутствующих

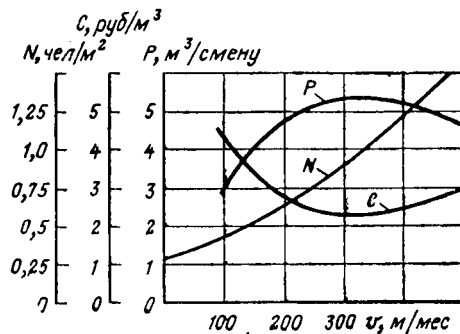
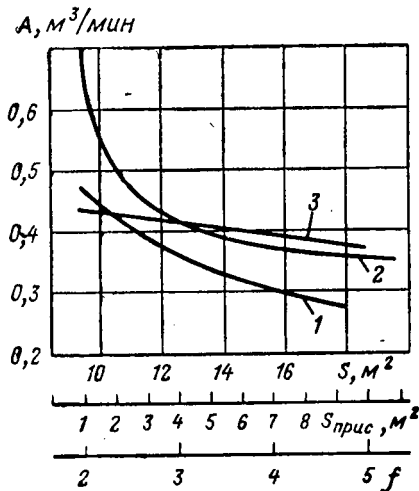


Рис. 138. Зависимость производительности комбайна от:

1 — площади сечения выработки S ; 2 — величины присечки $S_{\text{прис}}$; 3 — коэффициента крепости породы

Рис. 139. Графики изменения основных показателей при работе комбайна в зависимости от скорости проведения выработки

операций и простоев невелико и составляет на 1 м проведения выработок всего 22—26%, или на 1 м³ горной массы 2,5—3 мин.

Коэффициент использования технической производительности комбайнов при проведении выработок изменяется в пределах 0,145—0,35. Значение этого коэффициента указывает на исключительно важную роль сопутствующих работе комбайна операций, таких как крепление выработки, транспорт и особенно различные вспомогательные работы и простои.

Производительность труда проходчиков (м/чел-смену) при проведении выработок комбайнами в угольной промышленности в 1974 г. в среднем составляла:

по всем подготовительным выработкам	0,31
по угольным забоям	0,34
по забоям с присечкой породы	0,29
по породным забоям	0,22

За рубежом (ФРГ) средняя производительность труда по собственно проведению изменяется от 0,5 до 0,8 м/чел-смену

Увеличение скорости проведения выработок сопровождается ростом производительности труда, но при определенном увеличении числа проходчиков в бригаде. На основании обобщения данных практики на рис. 139 представлены графики, характеризующие изменение производительности труда P в зависимости от скорости проведения выработки v и числа проходчиков, приходящегося на 1 м^2 площади сечения выработки N . При скорости проведения выработки $300\text{—}400 \text{ м/мес}$ и одновременном увеличении числа проходчиков производительность их труда повышается. Повышение производительности труда происходит в основном за счет уменьшения продолжительности таких операций, как крепление выработки и транспортирование горной массы, а также благодаря сокращению ряда вспомогательных работ. При этом каждый проходчик имеет достаточный фронт работ, что исключает взаимные помехи при работе.

Дальнейший рост скорости проведения выработок при том же оснащении забоя достигается увеличением состава бригады рабочих, что отражается на эффективности их работы — в течение смены возникают взаимные помехи и снижается уровень полезной работы. Таким образом, несмотря на увеличение скорости проведения выработки, производительность труда проходчиков начинает снижаться. Такое же влияние увеличение скорости проведения выработки оказывает на величину стоимости, отнесенной к 1 м^3 . Стоимость 1 м^3 также достигает минимума примерно при той же скорости проведения выработки ($300\text{—}400 \text{ м/мес}$). При обычных принимаемых решениях в части крепления выработки (рамная крепка и транспорта (рельсовый транспорт) можно считать оптимальным составом забоя выработки, приходящуюся на одного проходчика в бригаде, обслуживающей все операции при работе комбайна в пределах $0,7\text{—}0,9 \text{ м}^2$.

Для определения оптимальных технологических параметров проведения выработок комбайнами, в частности для определения экономически целесообразных скоростей проведения и трудоемкости работ, предложен ряд экономико-математических моделей. Разработаны также модели, характеризующие изменение трудоемкости в зависимости от различных факторов проведения выработок и при использовании различных конструкций комбайнов. Разработанные экономико-математические модели по проведению выработок комбайнами могут быть использованы для предварительных оценок работ комбайнов.

На рис. 140 показан график проведения бортового штрека площадью сечения в свету $5,7 \text{ м}^2$ на шахте «Западно-Донбасская» комбайном ПК-ЗМ.

Работы по проведению выработки велись в четыре смены в сутки. В каждую смену комбайн выполнял семь циклов продолжительностью по 32 мин. При этом предусматривалось максимальное сокращение операций. Проходческая бригада состояла из 29 человек и была распределена на четыре звена по 6 человек в трех звеньях и 9 человек в четвертом звене. В каждом звене между

проходчиками были строго распределены обязанности по выполнению работ в забое.

На рис. 141 показан график проведения штрека площадью сечения 6 м^2 на шахте «Манеиха» (Кузбасс) комбайном 4ПУ (схему ведения штрека см. на рис. 133). Режим работы был принят — семичасовые смены в сутки. Бригада проходчиков состояла из 15 человек. В смену выходили четыре проходчика (в первую смену — пять). В течение смены комбайн делал три цикла продолжительностью по 60 мин. Графиком предусматривалось за сутки выполнять 11 циклов с подвиганием забоя за цикл на 3 м. Установка временной штрековой крепи осуществлялась в основном одновременно с работой комбайна (только установка забойного круга крепи в каждом цикле крепления занимала 20 мин). Наращивание конвейера осуществлялось также последовательно, при этом на каждый цикл подвига забоя затрачивалось по 20 мин.

СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ

В данном разделе рассматривается сооружение горизонтальных выработок больших площадей сечения, т. е. железнодорожных и автомобильных тоннелей в транспортном строительстве, водоподводящих и водоотводящих и строительных тоннелей в гидротехническом строительстве, а также тоннелей водоснабжения, ирригации и др.

Масштабы работ по сооружению тоннелей в народном хозяйстве из года в год увеличиваются. Так, в гидротехническом строительстве объем работ по сооружению тоннелей за период с 1945 по 1975 г. возрос с 30 до 45,6 км в год.

Планом развития народного хозяйства СССР в 1976—1980 гг., по предварительным данным, в гидротехническом строительстве предусматривается сооружение 240 км тоннелей, из них 30 км тоннелей площадью сечения более 55 м², в транспортном строительстве — 12 железнодорожных тоннелей общей протяженностью 45,5 км (в том числе четыре тоннеля протяженностью 25 км на трассе Байкало-Амурской магистрали и четыре тоннеля протяженностью 13,1 км на линии Иджеван — Роздан), автомобильных тоннелей длиной свыше 9 км, новых линий метрополитенов общей протяженностью 108,5 км.

СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ В КРЕПКИХ ПОРОДАХ

Основным способом сооружения тоннелей в крепких породах в настоящее время является буровзрывной. Это обуславливается тем, что только буровзрывные работы могут обеспечить достаточно высокую эффективность и экономичность сооружения тоннелей в крепких породах. Применение же других способов, в частности комбайна в этих условиях можно признать в настоящее время менее эффективным, особенно при сооружении тоннелей больших сечений и малой протяженности.

§ 57. Схемы сооружения тоннелей

Сооружение тоннелей в крепких породах осуществляется по следующим основным схемам: а) сплошным забоем; б) с разделением забоя тоннеля на уступы; в) с предварительным проведением наплавляющей выработки.

Сооружение тоннелей сплошным забоем. Сущность сооружения тоннеля по данной схеме заключается в том, что забой тоннеля (к вертикальной плоскости) разрабатывается с применением буровзрывных работ одновременно по всей его площади. Обнажаем в результате подвигания забоя кровля и бока тоннеля в большинстве случаев должны с целью безопасности работ закрепляться временно оградительной крепью до момента возведения постоянной обделкой тоннеля. Таким образом, одним из основных условий применения данной схемы является наличие крепких и слаботрепциноватых пород. Схема получила широкое применение в последние годы в связи с усовершенствованием средств механизации проходческих работ. Большинство железнодорожных, автомобильных и гидротехнических тоннелей площадью сечения до 110 м² сооружают по схеме сплошного забоя.

Схема сооружения тоннелей сплошным забоем имеет следующие преимущества:

большой фронт работ позволяет эффективно использовать мощное высокопроизводительное оборудование и в результате этого достигать значительных скоростей сооружения тоннелей;

простая организация работ, позволяющая достаточно полно использовать оборудование и обеспечить ритмичное выполнение всех проходческих операций.

Эти преимущества создают условия для достижения высокой производительности труда проходчиков.

К недостаткам схемы следует отнести: необходимость тщательной разведки трассы тоннеля; применение мощного и громоздкого оборудования; сложные работы по оборке кровли и стен тоннеля и введению временной крепи.

Сооружение тоннелей уступным забоем может быть осуществлено о схеме с нижним уступом (рис. 142, а) или по схеме с верхним уступом (рис. 142, б).

Сооружение тоннеля по схеме с нижним уступом заключается в том, что в первую очередь проходят верхнюю часть сечения тоннеля, после чего разрабатывают его нижнюю часть. Соотношение между площадью сечения верхнего и ниж-

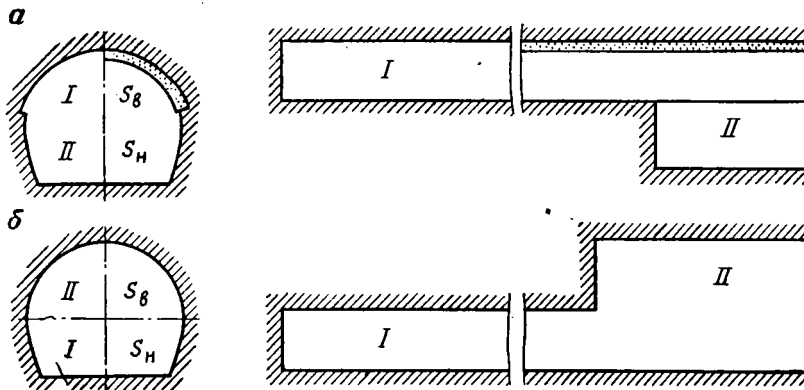


Рис. 142. Схемы сооружения тоннеля уступным забоем

его уступов определяется рядом факторов — сечением тоннеля, стойчивостью пересекаемых пород и принятым типом проходческого оборудования. При общей площади сечения тоннеля 100—200 м² отношение между площадями сечений верхнего и нижнего уступов обычно принимается $S_B : S_H = 0,75 \div 1,0$, с увеличением площади сечения тоннеля до 300 м² это соотношение увеличивается до 1,2—1,3. При наличии крепких пород, не требующих временной крепи, сечение верхнего уступа может быть принято еще большим.

Разработка верхнего уступа производится аналогично работам при сооружении тоннеля сплошным забоем. Нижний уступ разрабатывается под защитой ранее возведенной постоянной обделки верхнего уступа и при наличии двух обнаженных поверхностей, т. е. более благоприятных условиях.

К достоинствам сооружения тоннеля уступным забоем можно отнести:

возможность быстрого перехода при пересечении ослабленных пород на другую схему производства работ;

поскольку верхний уступ имеет малое сечение, конструкция процесс установки временной крепи, а также оборудование при изведении постоянной обделки (опалубка и др.) могут быть значительно облегчены, а сам процесс возведения обделки будет менее трудоемким;

возможно достижение при разработке нижнего уступа высоких скоростей и производительности труда, что обуславливается полным вмещением работ по бурению шпуров и погрузке породы и большей безопасностью работ.

К недостаткам схемы следует отнести:

последовательность работ при разработке верхнего и нижнего уступов, а отсюда увеличение сроков сооружения тоннеля в целом. Так, если скорость сооружения верхнего уступа обозначим через v_1 и нижнего уступа через v_2 , то приведенная скорость сооруже-

$$v_{\text{ср}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2};$$

необходимость устройства транспортных дорог на верхнем и нижнем уступах и специальных подъездных устройств (панелей) на верхний уступ;

часто возникает необходимость иметь разнотипное буровое оборудование для верхнего и нижнего уступов.

Схема сооружения тоннелей уступным нижним забоем получила широкое распространение.

Сооружение тоннеля по схеме с верхним и нижним уступом заключается в том, что в первую очередь производится разработка нижней части сечения тоннеля, а затем верхней. Соотношение сечений уступов при этой схеме обычно принимается $S_n : S_v = 1,0 \div 1,5$. Нижний уступ разрабатывается сплошным забоем, бурение шпуров в верхнем уступе производится легкими буровыми машинами с отвала породы, получающегося в результате подрывки верхнего уступа. Преимущества схемы: применение сложного бурового оборудования, большая эффективность буровзрывных работ в верхнем уступе благодаря наличию двух обожженных поверхностей. Недостатки схемы: необходимость двукратной обделки кровли и возведения временной крепи в уступах, затруднение при бурении шпуров в верхнем уступе с породы и при прокладке забоя трубопроводов сжатого воздуха, воды и др.

Схема может быть применена при наличии весьма устойчивых и нетрещиноватых пород, когда можно не возводить временную крепь в нижнем уступе или применять крепь весьма облегченной конструкции. Указанные обстоятельства сдерживают применение рассматриваемой схемы.

Сооружение тоннелей с предварительным проведением направляющей выработки. Эта схема может быть осуществлена в двух вариантах: 1) с направляющей выработкой в нижней части сечения тоннеля; 2) с направляющей выработкой в центральной части сечения тоннеля.

При первом варианте (рис. 143, а) площадь сечения направляющей выработки принимается равной 0,35—0,4 площади сечения тоннеля. Работы по расширению направляющей выработки можно производить как после окончания проведения ее на всю длину тоннеля, так и одновременно с ее проведением. Схема нашла применение при сооружении тоннелей, имеющих довольно ограниченную площадь сечения (не более 50 м²), в породах с изменяющимися свойствами, когда наличие передовой направляющей выработки способствует уточнению данных геологической разведки.

К недостаткам схемы необходимо отнести значительное снижение скорости сооружения тоннеля при последовательном ведении работ о проведении направляющей выработки и ее расширению до проектного сечения тоннеля.

При втором варианте (рис. 143, б), когда направляющая выработка располагается в центральной части тоннеля, последняя принимается такой площадью сечения, чтобы можно было бурить шпур

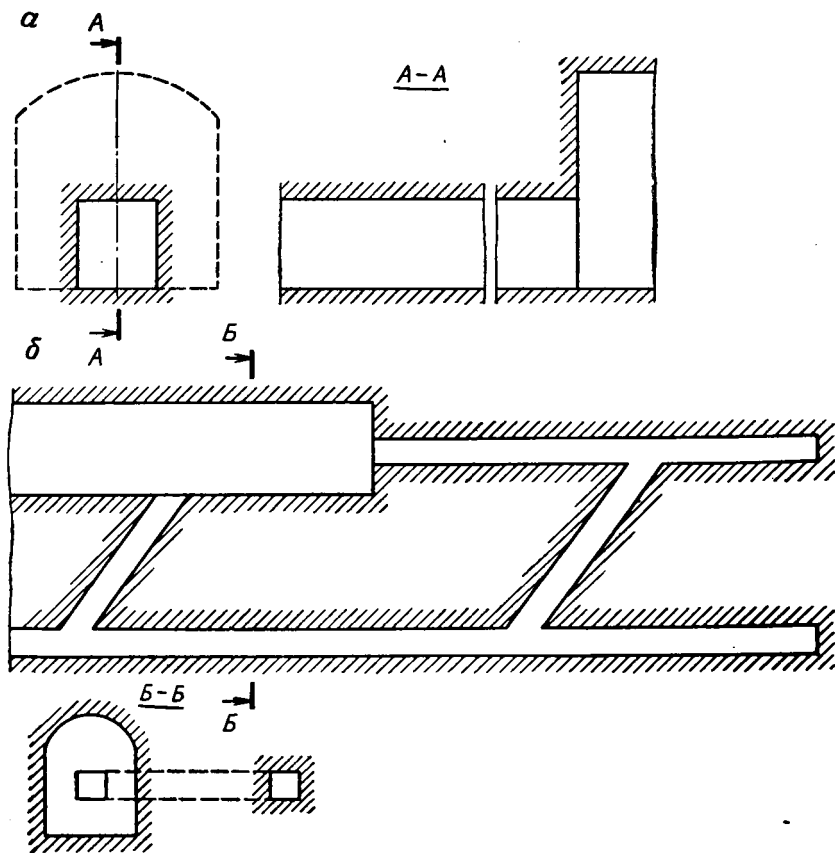


Рис. 143. Схема сооружения тоннеля с передовой направляющей выработкой

в выработки при радиальном их расположении для расширения тоннеля до проектного сечения. Для одновременного ведения работ о проведении направляющей выработки и ее расширению необходимо параллельно тоннелю иметь боковую вспомогательную выработку, по которой будет выдаваться порода из направляющей выработки и проветриваться забой.

Рассматриваемая схема имеет следующие преимущества: направляющая выработка обеспечивает детальную разведку пересекаемых

тоннелем пород; одновременное выполнение работ по проведению направляющей выработки и ее расширению обеспечивает возможность достижения высокой скорости сооружения тоннеля. Кроме того, обеспечивается хорошее проветривание забоя; боковая вспомогательная выработка может быть использована как второй запасной выход, а также для различных работ при эксплуатации тоннелей.

К недостаткам рассматриваемой схемы необходимо отнести дополнительные затраты на проведение вспомогательной выработки

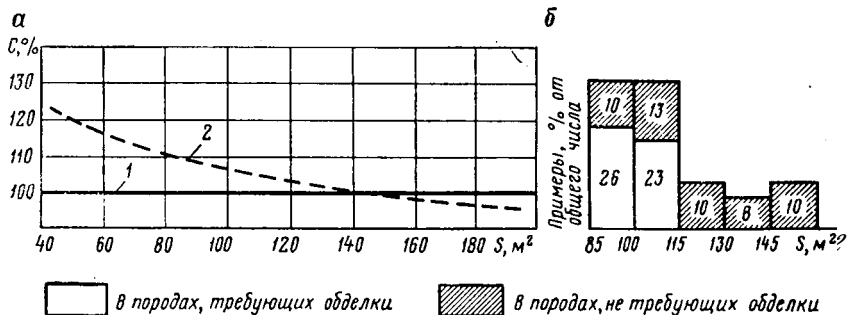


Рис. 144. График и диаграмма, определяющие выбор схемы сооружения тоннеля

и значительные трудности в достижении точного контура тоннеля при взрывании радиально расположенных шпуров в направляющей выработке.

Выбор схемы сооружения тоннеля. Анализ схем сооружений в крепких породах тоннелей площадью сечения до $150 m^2$ позволяет установить, что наиболее перспективными являются две схемы производства работ — сплошным и уступным забоями с нижним расположением уступа. Сопоставляя эти схемы, можно отметить, что при выборе важное значение имеет площадь поперечного сечения тоннеля.

На рис. 144, а показан график изменения стоимости сооружений тоннелей с нижним уступом в крепких породах в зависимости от их площади сечения по сравнению со стоимостью сооружений тоннелей сплошным забоем, принятой за 100%. Как видно из графика, примерно до площади сечения $140-160 m^2$ более экономичной является схема сооружения сплошным забоем (1), а при больших площадях сечений — схема сооружения с нижним уступом (2). На рис. 144, б показана диаграмма распределения примеров сооружений тоннелей (площадью сечения свыше $85 m^2$) сплошным забоем в различных условиях (наличие отделки или ее отсутствие). Диаграмма показывает, что максимальная площадь сечения тоннелей, сооружаемых сплошным забоем, не превышает $115 m^2$, при больших площадях сечений тоннелей целесообразно применение уступной схемы производства работ.

§ 58. Параметры буровзрывных работ при сооружении тоннелей сплошным забоем и разработке верхнего уступа забоя тоннеля

Взрывчатые вещества и средства взрывания. Выбор ВВ и средств взрывания производится с учетом необходимости ведения работ в крепких породах, т. е. целесообразно применять по возможности наиболее мощные и работоспособные ВВ. Средства взрывания должны обеспечить многосерийность взрывания шпуров.

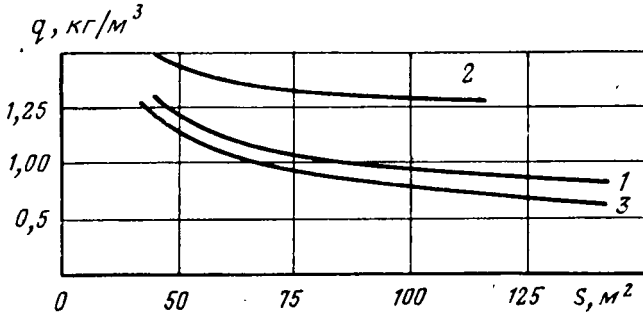


Рис. 145. Зависимость расхода ВВ от площади сечения тоннеля:

1 — отечественная практика; 2 — американская практика; 3 — шведская практика

Расход ВВ на 1 м³ обуренной породы в массиве может быть определен на основании исследований, приведенных в § 2—4. При этом необходимо отметить, что в связи со значительной площадью сечения тоннелей коэффициент зажима породы может быть принят постоянным и равным 1,2—1,5 независимо от площади сечения. Следовательно, расход ВВ независимо от площади сечения тоннеля при прочих равных условиях (одинаковых свойствах пород) будет практически постоянным. Это положение подтверждается данными практики (рис. 145).

Обобщение практики сооружения тоннелей при одинаковых условиях производства работ (постоянный тип ВВ, одинаковая площадь сечения тоннелей и свойства пересекаемых пород) показывает, что расход ВВ практически остаётся постоянным и не зависит от глубины шпуров. Это положение подтверждается, в частности, практикой сооружения напорного тоннеля Ингури ГЭС.

Таким образом, при сооружении тоннелей сплошным забоем и для верхнего уступа при уступной схеме сооружения тоннелей расход ВВ может быть определен по формуле

$$q = (1,2 \div 1,5) q_1 f e d, \text{ кг/м}^3. \quad (19)$$

Значение величин, входящих в формулу (19), приведено в § 1.

Диаметр шпуров при сооружении тоннелей определяется в основном теми же условиями, какие были указаны в § 2. Здесь лишь можно отметить, что в зарубежной практике диаметр шпуров в зна-

чительной степени определяется только принятым типом бурового оборудования независимо от площади сечения тоннеля. Например в шведской практике наиболее часто применяют шпуровый диаметр 32—38 мм, что характерно для применения легких буровых машин. В практике сооружения тоннелей в США характерно применение тяжелых буровых машин и диаметры шпуров там обычно принимают 42—46 мм.

Конструкцию заряда принимают обычно колонковой. Для повышения эффективности взрыва целесообразно иметь прямое и обрешеченное инициирование взрыва зарядов в смежных шпурах.

Число шпуров в забое тоннеля может быть определено по методике, изложенной в § 5, т. е. общее число шпуров определится по формуле

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{вр}} + N_{\text{ок}} = \frac{qS}{\gamma} + \left(\frac{c\sqrt{S} - B}{b} + 1 \right) \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right).$$

Анализируя распределение шпуров по их основным группам т. е. врубовые и отбойные, оконтуривающие и почвенные шпуровые можно установить, что независимо от площади сечения тоннеля (в интервале площадей сечений 50—130 м²) соотношение между указанными группами шпуров может быть принято: врубовые и отбойные шпуровые 55—65%, оконтуривающие шпуровые 28—30%, почвенные шпуровые 11—13%.

Если принять, что врубовые, отбойные и почвенные шпуровые имеют одинаковую величину заряда ВВ, а оконтуривающие шпуровые за счет меньшего их заполнения ВВ — уменьшенный заряд и если допустить, что тип ВВ при взрывных работах принят для всех групп шпуров одного сорта (что и имеет обычно место на практике), при приближенных расчетах число шпуров

$$qS = 0,7N_{\text{вр}}\gamma + 0,3N_{\text{ок}}\gamma_0$$

или

$$N_{\text{общ}} = \frac{qS}{0,7\gamma + 0,3\gamma_0},$$

где γ — количество ВВ (кг) во врубовых, отбойных и почвенных шпурах, которое можно принять на основании данных § 5 как

$$\gamma = \Delta v a k.$$

При $v = 0,785d^2$, $a = 0,7 \div 0,8$, $k = 1$ получим $\gamma = 0,628\Delta d^2$ где Δ — плотность применяемого ВВ.

Для оконтуривающих шпуров при $a = 0,4$, $\gamma_0 = 0,314\Delta d^2$.

Тогда общее число шпуров нестандартного диаметра

$$N = \frac{qS}{0,44\Delta d^2 + 0,095\Delta d^2} \approx \frac{1,9qS}{\Delta d^2}. \quad (2)$$

Для приближенных расчетов числа шпуров можно воспользоваться шведской практикой:

в крепких породах

$$N = 37,6 + 1,36S,$$

в породах средней крепости

$$N = 30,9 + 1,0S,$$

(21)

где S — площадь сечения тоннеля в проходке, м².

Контурное взрывание. При сооружении тоннелей контурное взрывание приобретает несравненно большее значение, чем при оведении выработок огниченных площадей сечений. Фактическая величина переборов породы и сооружении тоннелей тех случаях, когда контурное взрывание не применяется, значительно превышает нормы СНиП, § 9.

В табл. 38 приведены значения проектных и фактических сечений контурных тоннелей на ГЭС.

На рис. 146 показан контур тоннеля после взрывания из примеров фактического очертания контура верхнего уступа тоннеля, составленного на основании полнительных съемок. Столь значительная величина перебора (13—14%) в известной степени является результатом отклонения буровых шпуров в результате эксцентричного биения штанг при бурении, также недостаточной устойчивости манипуляторов в заданном направлении, что наблюдается при работе буровых установок СБУ-2 особенно СБУ-4.

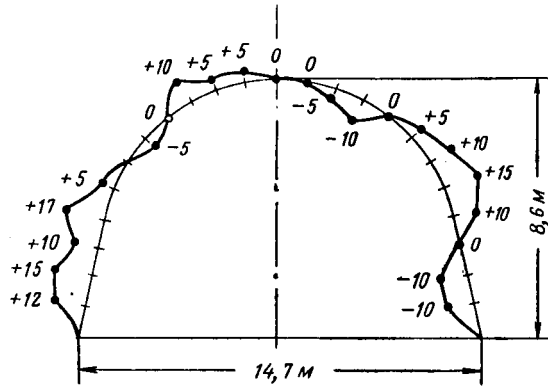


Рис. 146. Контур тоннеля после взрывания шпуров (отклонения шпуров указаны в см)

Эффективность контурного взрывания при сооружении тоннелей обеспечивает снижение расхода бетона при возведении обделки, способствует возможно широкому применению в качестве обделки брызгбетона, что снижает шероховатость поверхности тоннелей,

Таблица 38

Наименование ГЭС	Площадь сечения при разработке верхнего уступа тоннеля, м ²			Площадь сечения при разработке нижнего уступа тоннеля, м ²		
	проектного	фактического	к. и. с.	проектного	фактического	к. и. с.
рекская	76,7	86,6	1,13	69,5	72,4	1,04
тогульская	72,5	82,7	1,14	114,0	124,0	1,09
зваская	77,1	86,8	1,13	82,0	95,6	1,16
звейская	95,5	101,6	1,07	76,9	78,9	1,03

в которых обделка не предусматривается. Последнее преимущество очень важно при эксплуатации гидротехнических тоннелей.

Изменение расстояния между контурными шпурами b_1 в зависимости от типа ВВ и крепости породы приведено на рис. 147, а, а отношение расстояния между контурными шпурами к расчетной длине наименьшего сопротивления W , т. е. коэффициент сближения $K_c = b_1/W$ — на рис. 147, б. Эти графики построены по данным экспериментальных работ Оргэнергостроя.

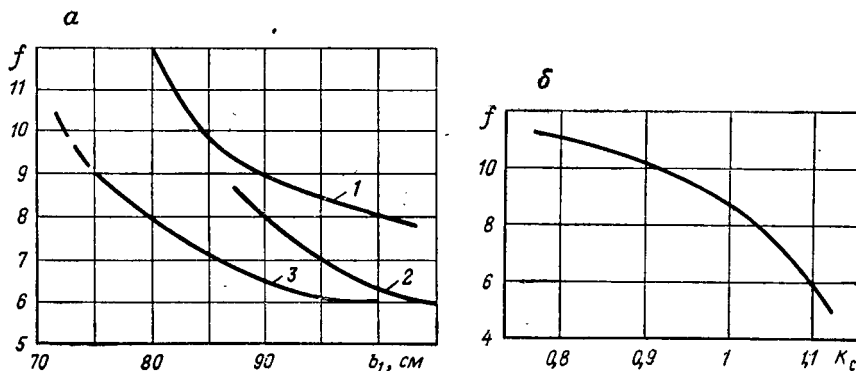


Рис. 147. Графики, определяющие расстояние между контурными шпурами и коэффициент сближения их в зависимости от крепости пород при ВВ: 1 — аммонит № 6ЖВ; 2 — аммонит ПЖВ-20; 3 — детонит 10А

Конструкция заряда в оконтуривающих шпурах может быть принята такой же, как это указано на рис. 5.

В табл. 39 приведены данные по ряду примеров практики применения контурного взрывания шпуров при сооружении тоннелей.

Глубина шпуров может быть определена по методике, изложенной в § 7, с учетом ряда специфических условий, какие обуславливаются особенностями сооружения тоннелей.

К этим особенностям необходимо отнести:

применение высокопроизводительного горнопроходческого оборудования (буровых рам с большим числом бурильных машин, мощных средств погрузки и транспорта и др.). Использование этого оборудования во времени должно быть максимально полным;

в связи с большим числом шпуров, располагаемых в забое, и длительность их разметки и заряжания является довольно длительным процессом и вместе с тем практически постоянным и независимым от глубины шпуров;

значительная потеря времени на окучивание породы, разбрасываемой взрывом шпуров, а также длительная работа поборки порчи кровли и боков тоннеля после взрыва.

Таким образом, в условиях сооружения тоннелей более, чем при проведении горных выработок ограниченных сечений, целесообразно применение глубоких шпуров.

Тоннель	Пересекаемая порода	Площадь сечения, м ²	Расстояние между шпурами b_1 , см	Коэффициент сближения $K_{сб} = \frac{b_1}{W}$	Диаметр контурных шпуров, мм	Тип ВВ	Диаметр патронов ВВ, мм	Расход ВВ на 1 м шпура, кг
Строительный, Нукская ГЭС	Трещиноватые алевролиты	52—72	100	1,0	42	ПЖВ-20	28—32	0,44
	Трещиноватые песчаники	52—72	80—120	0,9—1,1	42	ПЖВ-20	28—32	0,36
Строительный, Ингурп ГЭС	Крепкие известняки	53—83	60	1,0	42	Аммонит № 6ЖВ	32	0,4
	Граниты	110	80	1,0	34—40	То же	32	—
Автодорожный Дарьяльский	Трещиноватые граниты	65	60	0,8	42	»	28	0,4
Гидроузел Онтарио (Канада)	Граниты	24	50	0,5	44	—	16	0,3
Сторноррфорс (Швеция)	»	54	60	0,9	26	Гурит	17	0,2

Кроме того, при определении глубины шпуров следует учитывать, во время на выполнение всех операций проходческого цикла должно быть кратным продолжительности смены.

Исходя из отмеченных предпосылок, по аналогии с § 7 можно становить:

$$T_{\text{цикл}} = T_{\text{бур}} + T_{\text{погр}} + T_{\text{всп}}$$

где $T_{\text{бур}}$ и $T_{\text{погр}}$, $T_{\text{всп}}$ — продолжительность соответственно бурения шпуров и погрузки породы, а также вспомогательных работ, определяемая по формулам:

$$T_{\text{бур}} = \frac{Nl}{k_1 n_1 v}, \text{ ч}; \quad T_{\text{погр}} = \frac{\eta \mu k_0 S l \sin \alpha}{P}, \text{ ч}.$$

обозначения N , l , S , P , η , μ , k_0 , v , n_1 см. в § 7; α — угол наклона рубовых шпуров к забою, равный 65—80°; k_1 — коэффициент одновременности работы бурильных машин.

Коэффициент одновременности работы бурильных машин изменяется в зависимости от числа одновременно используемых машин

Т а б л и ц

Перескаемые породы	Схема взрывания	Продолжительность оборки породы на подвигания забоя тонн площадью сечения,	
		60—100	свыше
Средней устойчивости трещиноватые	Обычное	0,4—0,5	0,5—
	Контурное	0,25	0,3
Крепкие нетрещиноватые	Обычное	0,3	0,4
	Контурное	0,2	0,2

и принимается: при восьми машинах — 0,9, при двенадцати — (при шестнадцати — 0,8.

Время на вспомогательные операции

$$T_{\text{всп}} = t_{\text{зар}} + t_{\text{пров}} + t_{\text{ок}} + t_{\text{об}}, \text{ ч,}$$

где $t_{\text{зар}}$ — время на зарядание шпуров; $t_{\text{пров}}$ — время на проведение забоя после взрыва; $t_{\text{ок}}$ — время на окучивание взорванной породы; $t_{\text{об}}$ — время на оборку породы в тоннеле.

Время на зарядание шпуров

$$t_{\text{зар}} = \frac{Nt'}{a} \bullet$$

где t' — время на зарядание одного шпура; a — число шпуров рьяжаемых одним рабочим.

В условиях сооружения тоннелей время на зарядание одного шпура, учитывая его большую глубину, наличие контурных шпуров, более сложной конструкции заряда и менее удобные условия проведения работ, может быть принято при ручном зарядании 0,1 ч, а число шпуров, заряжаемых одним взрывником, — 12—15. При механизированном зарядании шпуров порошкообразными ВВ время на зарядание одного шпура составит 0,01—0,02 ч, а число взрывников, одновременно заряжающих шпуры, — 2—4.

Окучивание взорванной породы производится при помощи б дозеров, время на эту операцию может быть принято 0,5 ч.

Время на оборку породы после взрывных работ изменяется в довольно широких пределах и зависит от площади сечения тоннеля и качества буровзрывных работ.

При сооружении тоннелей площадью сечения 80—100 м² продолжительность оборки породы достигает 12—14% продолжительности цикла, или 1,5—2,5 ч, а на 1 м подвигания забоя тоннеля — 0,5—0,7 ч. В средних условиях продолжительность оборки породы на 1 м подвигания забоя тоннеля можно принять согласно табл.

Общее время на оборку породы можно определить по формуле

$$t_{\text{об}} = t_2 \eta l \sin \alpha,$$

где t_2 — время на оборку породы на 1 м подвигания забоя тоннеля

Объект строительства	Назначение тоннеля	Площадь сечения, м ²	Шпурь	
			число	глубина, м
Ингури ГЭС	Наклонный водовод	36—40	62	4—4,5
	Гидротехнический	82	108	4,2
Гурекская ГЭС	Подводящий (верхний уступ)	54	90	3,75
	Строительный (верхний уступ)	77,8	98	2,5
Гиркейская ГЭС	Подводящий (верхний уступ)	89,5	113	2,5
	Строительный (верхний уступ)	84,3	131	3,7
Верхне-Тулумская ГЭС	Транспортный отводящий (верхний уступ)	85	148	4,5
		115	117	6,0
Гушкинский тоннель	Автомобильный (верхний уступ)	32	90	2,3
Бачбергский тоннель	Автомобильный	88	141	3,4
Вен-Готардский тоннель	То же	82	102	3,0
Билисский тоннель	Автомобильный	65	96	2,5—3,0

Таким образом, продолжительность цикла при сооружении тоннеля

$$T_{\text{цикл}} = \frac{Nl}{k_1 n_1 v} + \frac{Nt'}{a} + t_{\text{пров}} + t_2 \eta l \sin \alpha + t_{\text{ок}} + \frac{\eta \mu k_0 S l \sin \alpha}{P},$$

глубина шпуров

$$l = \frac{T_{\text{цикл}} - \left(\frac{Nt'}{a} + t_{\text{пров}} + t_{\text{ок}} \right)}{\frac{N}{k_1 n_1 v} + \eta \sin \alpha \left(t_2 + \frac{\mu k_0 S}{P} \right)}, \text{ м.} \quad (22)$$

В практике сооружения тоннелей глубина шпуров обычно равна 3,5—4,5 м. Дальнейшее совершенствование техники бурения шпуров и ведения взрывных работ позволяет ожидать увеличения глубины шпуров.

В табл. 41 приведены данные, характеризующие значение основных параметров буровых работ при сооружении тоннелей различных назначений в породах с $f = 6 \div 10$.

59. Параметры буровзрывных работ при разработке нижнего уступа забоя тоннеля

Расположение скважин при разработке нижнего уступа может быть горизонтальным — параллельным оси тоннеля (рис. 148, а) или наклонным — вертикальным или наклонным (рис. 148, б).

К преимуществам буровзрывных работ при горизонтальном положении скважин можно отнести: использование того же бурового оборудования, что и при разработке верхнего уступа; мелкое дробление и кучная укладка породы после взрыва; получение высокого значения k . и. ш. и ровной поверхности подошвы тоннеля. К недостаткам необходимо отнести последовательность работ по бурению скважин и погрузке породы, что значительно снижает скорость

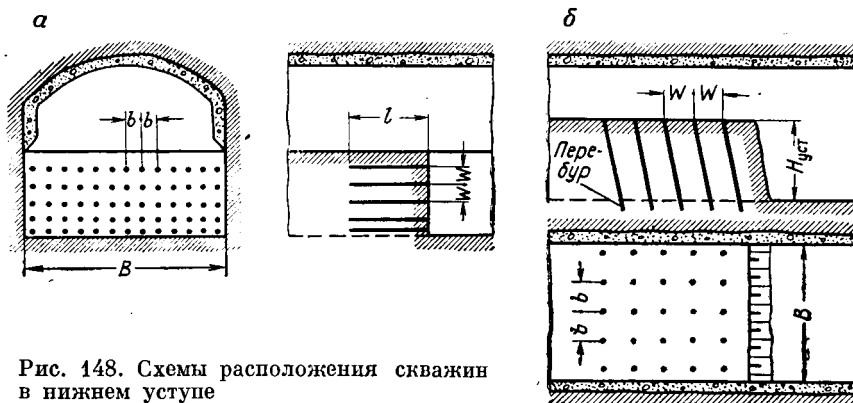


Рис. 148. Схемы расположения скважин в нижнем уступе

сооружения тоннеля. В связи с этим горизонтальное расположение скважин при разработке нижнего уступа забоя тоннеля почти применяется.

При нисходящем расположении скважин обеспечивается полная независимость работ по бурению скважин и погрузке породы. Буровое оборудование располагается на почве верхнего уступа, а погрузка взорванной породы производится с почвы нижнего уступа.

К недостаткам буровзрывных работ при нисходящем расположении скважин можно отнести: необходимость иметь специальное буровое оборудование; менее равномерное дробление породы, что затрудняет применение при погрузке породы погрузочных машин и в частности машин типа ПНБ; трудность получения ровной поверхности почвы уступа.

Преимущества нисходящего расположения скважин обеспечили этому способу повсеместное применение на практике. Высота нижнего уступа обуславливается устойчивостью пересекаемых пород и площадью его сечения. Обычно на практике высота уступа составляет 8—12 м.

Расход ВВ. Условия работы ВВ при разрушении породы в нижнем уступе тоннеля благодаря наличию второй обнаженной поверхности и влиянию зажима боковых стен тоннеля отличаются от условий взрывных работ как при сооружении тоннеля сплошным забоем так и при открытых разработках. Очевидно, что при прочих равных условиях расход ВВ для нижнего уступа должен быть меньше, чем для верхнего, но больше, чем при открытых разработках. Так образом, при определении расхода ВВ исключается возможность

Наименование тоннели	Площадь сечения уступа, м ²		Фактический расход ВВ по уступу, кг/м ³		Отношение расходов ВВ нижнего и верхнего уступов
	верхнего	нижнего	верхнему	нижнему	
Лактогульский	85	120	1,1	0,86	0,78
Нурекский	76	69	1,0	0,72	0,72
Чарвакский	77	82	1,1	0,8	0,73
«Харселе»	130	130	0,84	0,6	0,72
Сторноррфорс»	160	120	0,6	0,58	0,96
«Ниагара»	110	80	1,45	1,05	0,72
Пирттикоски»	150	200	0,5	0,4	0,8

использования расчетных величин расхода ВВ в зависимости от свойств пород и для зарядов рыхления и выброса, приведенных «Технических правилах ведения взрывных работ на дневной поверхности» («Недра», 1972). Расходы ВВ, определенные по этим данным, будут в 1,4—1,6 раза меньше фактических расходов при оружии тоннелей. Ввиду отсутствия теоретических исследований по определению расхода ВВ в рассматриваемых условиях эту величину можно принимать исходя из анализа практики сооружения тоннелей по схеме уступного забоя.

Обобщая данные табл. 42, можно установить, что удельный расход ВВ в нижнем уступе может быть принят из соотношения

$$q'_{\text{ниж}} \approx 0,75q_{\text{верх}}, \text{ кг/м}^3. \quad (23)$$

Подставляя в формулу (19) значение $q_{\text{верх}}$ (см. § 58), получим

$$q_{\text{ниж}} \approx q_{\text{фед}}, \text{ кг/м}^3. \quad (24)$$

Для приближенных расчетов значение $q_{\text{ниж}}$ можно принимать в зависимости от крепости породы:

коэффициент крепости пород f	5—6	7—8	9—10	11—12
расход ВВ, кг/м ³	0,4	0,5	0,6	0,7

Величина заряда в скважине $Q_{\text{скв}} = q_{\text{ниж}} b H_{\text{уст}} W$.

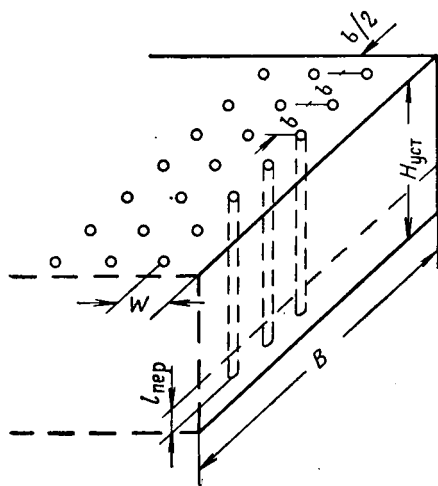
Диаметр скважин в значительной степени определяет степень обломления породы, соблюдение проектного контура тоннеля и величину сейсмического эффекта. Последнее особенно важно в связи с наличием постоянной обделки в верхнем уступе тоннеля. Практика сооружения тоннелей показывает диаметр скважин принимают в зависимости от высоты уступа. Эту зависимость при высоте уступа 5—12 м можно выразить так:

$$d = (0,07 \div 0,08) H_{\text{уст}}, \text{ м},$$

где d — диаметр скважины, мм; $H_{\text{уст}}$ — высота уступа, см.

Обычно на практике диаметр скважин принимают исходя из необходимости получения определенной крупности взорванной породы, что обуславливается выбором типа машины для погрузки: так, для машин типа ПНБ диаметр скважин рекомендуется 40—50 мм, при погрузке экскаваторами с емкостью ковша не более 1 м³ — 75—85 мм и при емкости ковша 2 м³ и более — 100—110 мм.

Число скважин в ряду при разработке нижнего уступа (рис. 149)



$$N = \frac{B}{b} + 1,$$

где B — ширина уступа, м; b — расстояние между скважинами в ряду, м,

$$b = mW, \text{ м,}$$

где m — коэффициент сближен скважин, принимаемый равен 0,9—1,0; W — расчетная величина сопротивления по почве.

Для обеспечения точного контура тоннеля расстояние между скважинами вблизи его стен целесообразно уменьшить до $(0,5 \div 0,7) b$. По контуру стен между рядами скважин целесообразно располагать дополнительные скважины.

Рис. 149. Схема к расчету числа скважин в нижнем уступе

Расчетная величина W по почве уступа может быть принята по эмпирической формуле

$$W \approx ad,$$

где d — диаметр заряда ВВ, мм.

Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве рекомендуют значение коэффициента a принимать в зависимости от свойств породы:

легковзрываемые породы	45—50
средневзрываемые породы	35—40
трудновзрываемые породы	30—35

В практике работ по сооружению тоннелей значение W принимается 2—2,2 м.

Нижнему уступу обычно придается наклонное положение с углом наклона 65—80°.

Длина скважины нижнего уступа

$$l_{ск} = H_{уст} + l_{пер}, \text{ м,}$$

где $l_{пер}$ — величина перебура скважины ниже почвы уступа.

Величина перебура может быть принята на основании данных практики в зависимости от W , т. е. $l_{\text{пер}} \approx 0,3W$, тогда

$$l_{\text{ск}} = H_{\text{уст}} + 0,3W.$$

При наличии легко взрываваемой и трещиноватой породы во избежание ее разрушения ниже почвы тоннеля скважины целесообразно бурить без перебура.

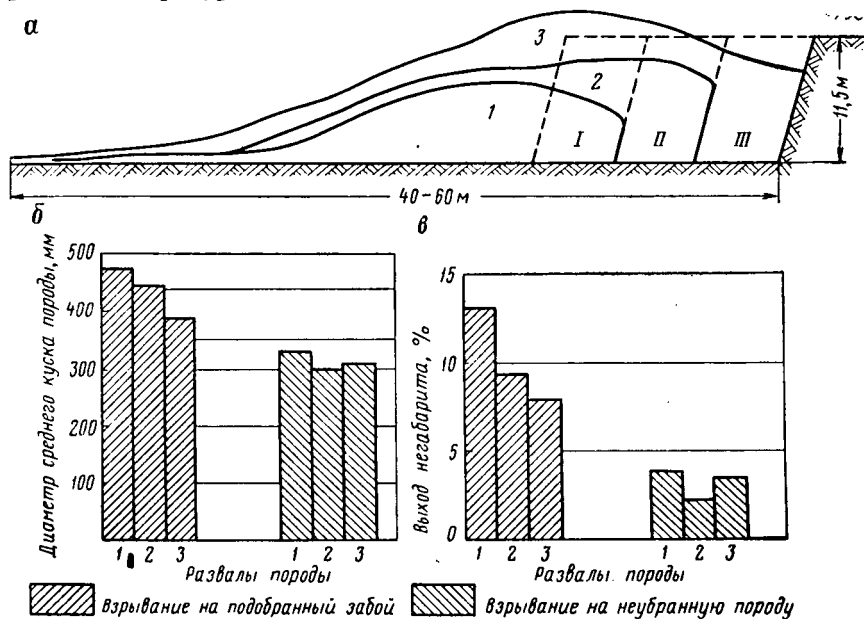


Рис. 150. Схема взрывания на необработанную породу:

1, 2, 3 — развал породы после взрыва соответственно блоков I, II, III

Взрывание на необработанную породу. Сущность взрывания скважин на необработанную породу при производстве горных работ в нижнем уступе заключается в следующем.

Уступ взрывают отдельными блоками по длине тоннеля, обычно принимается три блока. Длина блока зависит от свойств пород.

Схема последовательного взрывания блоков показана на рис. 150, а. Взрывание происходит на необработанную породу от взрыва предыдущего блока. Этот способ ведения буровзрывных работ применялся, в частности, на строительстве машинного зала Усть-Хангайской ГЭС. Ширина уступа составляла 21 м, высота 11,5 м. Скважины диаметром 105 мм имели глубину 12,5 м, сетка скважин $2,2 \times 2,2$ м. В качестве ВВ применялся аммонит № 6ЖВ, расход ВВ $0,8 \text{ кг/м}^3$. Взрывание скважин производилось рядами при помощи короткозамедленных детонаторов ЭДКЗ-15. Взрываема порода — долерит с $f = 16 \div 19$.

Для характеристики эффекта взрыва блоков на необработанную породу учитывались следующие показатели: диаметр среднего куска породы, суммарный выход «негабарита» — фракций крупностью

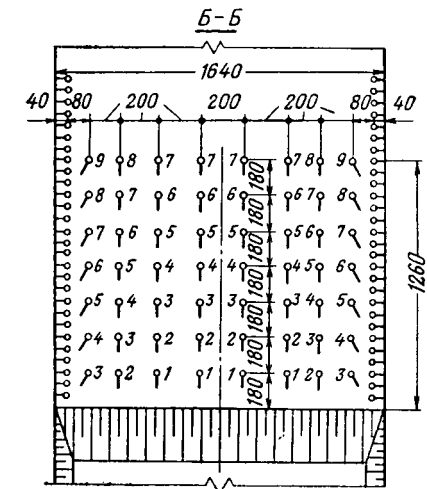
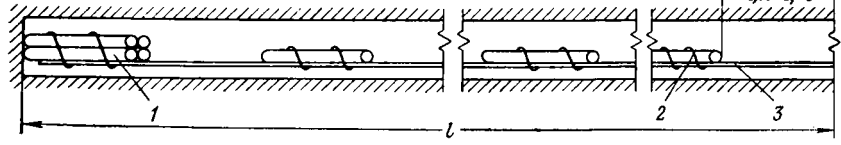
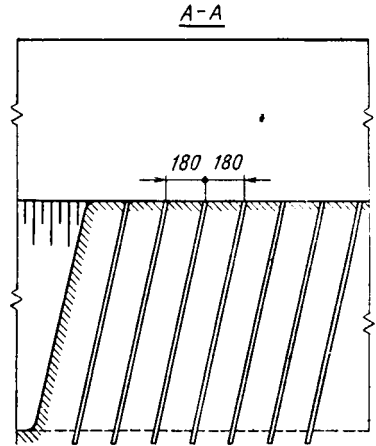
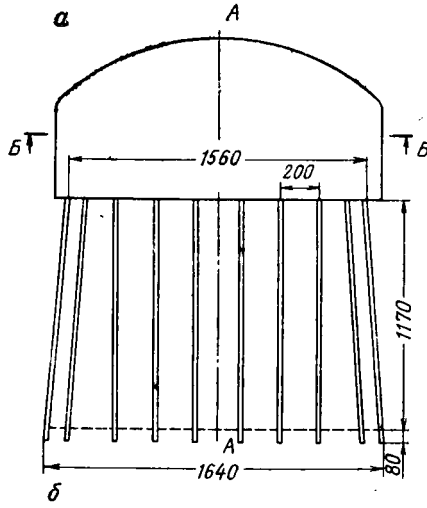


Рис. 151. Схемы расположения скважин для щелеобразования при разработке нижнего уступа тоннеля (а) и конструкция заряда (б)



ыше 1000 мм, величина отброса породы после взрыва и производительность погрузки породы экскаватором.

Диаграммы изменения диаметра среднего куска породы при взрывании на подобранный забой при сетке скважин $2,2 \times 2,2$ м на неубранную породу показаны на рис. 150, б, а диаграммы хода негабарита в тех же условиях взрывания — на рис. 150, в. Как видно из диаграмм, размеры среднего куска и выход негабарита породы при взрывании на неубранную породу уменьшаются соответственно на 10—15 и 20—25%.

Профиль развала породы при взрыве трех блоков указывает концентрацию основной массы ее у забоя. Величина развала менялась от 40 до 60 м. Снижение выхода негабарита и уменьшение развала породы позволили увеличить производительность грузки до 30%.

Таким образом, можно установить, что при сооружении тоннелей крепкой и средней крепости породах с взрыванием нижнего уступа на неубранную породу (при соблюдении сейсмобезопасного режима работ) обеспечивается ряд существенных преимуществ по сравнению обычной схемой производства работ.

Предварительное контурное целеобразование. При разработке нижнего уступа тоннеля с одновременным взрыванием большого количества ВВ необходимым обеспечением сейсмобезопасного режима взрывных работ. Надежным способом снижения сейсмического воздействия на обделку сводчатой части тоннеля является контурное целеобразование. Сущность этого мероприятия заключается в бурении с минимальным приближением к контуру тоннеля комплекта скважин, располагаемых в одной плоскости, — «строчку». На рис. 151 представлена схема расположения скважин целеобразования при разработке нижнего уступа тоннеля Верхнеуломской ГЭС.

Скважины диаметром 75—105 мм располагаются на расстоянии 35—0,4 м от контура тоннеля, расстояние между скважинами 45—0,6 м. Конструкция заряда ВВ обычно принимается такой же, как при контурном взрывании. Взрывание скважин производится первую очередь. Заряд обычно состоит из двух — четырех патронов З 1 типа аммонит № 6ЖВ в нижней части скважины и патронов З 2, располагаемых по длине скважины через промежутки, равные длине патрона. Устье скважины на длину 15—20% по ее длине не рьяется. Взрывание заряда осуществляется с помощью детонирующего шнура З. Весовое количество ВВ на 1 м скважины (аммонит 6ЖВ) изменяется в пределах 0,4—0,6 кг/м.

60. Расположение шпуров и скважин при буровзрывных работах

Расположение шпуров в забое тоннеля зависит от схемы его сооружения.

Рассмотрим расположение шпуров при сооружении тоннеля лошным забоем и разработке верхнего уступа забоя, а также расположение скважин при разработке нижнего уступа забоя.

Расположение шпуров по схеме отрывающих врубов. Учитывая как указывалось в § 58, целесообразность применения при сооружении тоннелей шпуров значительной глубины, расположение врубов шпуров обычно принимают в виде многоклинового или вееро-го врубов. Число «клиньев» многоклинового вруба зависит от ширины тоннеля.

На рис. 152, а показана схема расположения шпуров с двух-клиновым врубом в верхнем уступе тоннеля. Расположение шпуров предусматривает контурное взрывание. Пересекаемые породы — счаник. Общее число шпуров — 133, взрывание шпуров много-рийное (8 серий), глубина шпуров 4,2 м. Подвигание забоя за рыв 3,6 м.

На рис. 152, б представлена схема расположения шпуров в верх-нем уступе отводящего тоннеля Верхне-Тулумской ГЭС. Врубные гурь располагают в виде веера. Общее число шпуров — 117. предусматривалось контурное взрывание. Взрывание шпуров много-рийное — для образования вруба принято пять серий коротко-медленного взрывания, а для остальных шпуров — девять серий губина шпуров от 3,5 до 8,2 м. Подвигание забоя за взрыв 6 м

На рис. 152, в показана схема расположения шпуров при соору-жении однопутного железнодорожного тоннеля сплошным забоем

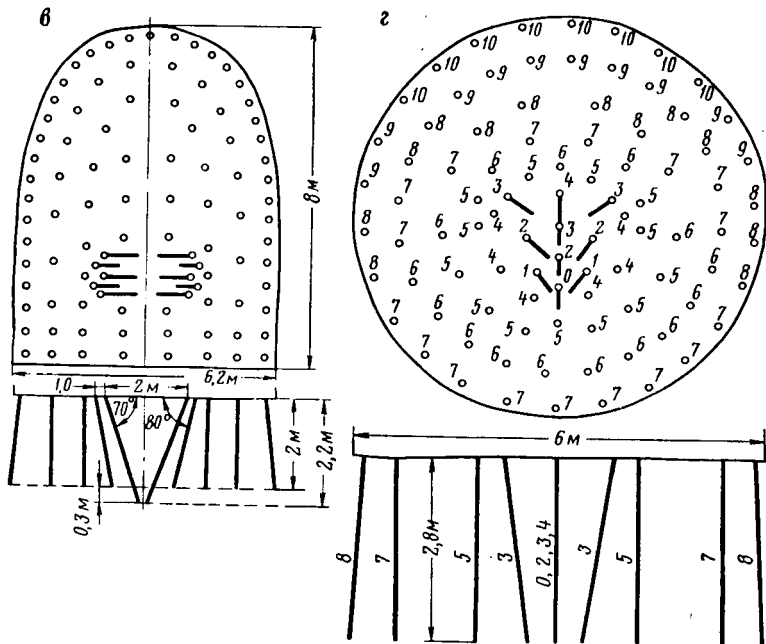


Рис. 152. Схемы расположения шпуров при отрывающих врубах (цифры у шпуров — номера электродетонаторов по ступеням замедления; в квадратах — короткозамедленные)

Врубные шуры располагают в виде двойного клина. Общее число шурупов — 98, глубина их 2,2 м. Предусматривалось контурное взрывание. Взрывание шурупов многосерийное (шесть серий). Распределение шурупов: врубовых — 6, вспомогательных — 49, оконтуривающих — 35 и почвенных — 8.

На рис. 152, г представлена схема расположения шурупов при сооружении напорного водоподводящего тоннеля диаметром 6

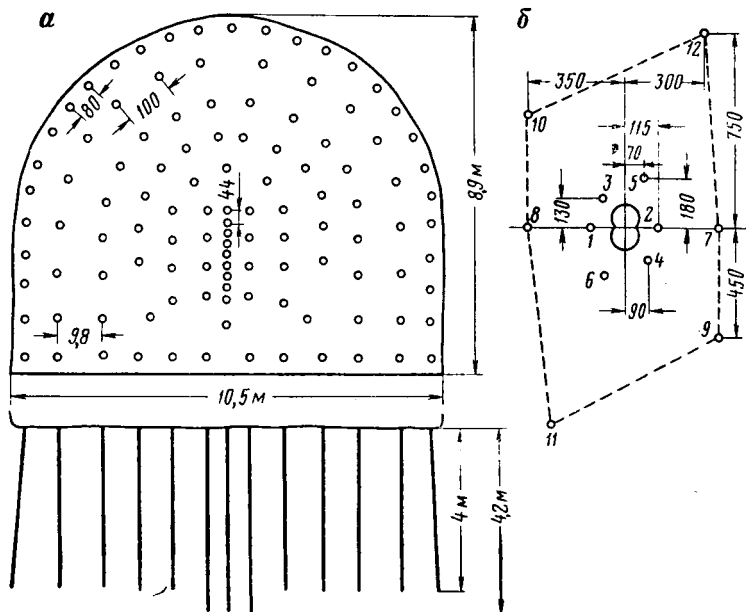


Рис. 153. Схемы расположения шурупов при разрушающих врубах

Врубные шуры в количестве 10 шт. располагают в виде центрального веерного вруба. В забое располагают 94 шура глубиной 2,2

Расположение шурупов при разрушающих врубах. Разрушающие врубы применяют при бурении шурупов тяжелыми бурильными машинами, смонтированными на манипуляторах.

Схема расположения шурупов с разрушающим врубом в вертикальной щели показана на рис. 153, а. Вруб состоит из девяти шурупов, заряжаемых через один, и восьми шурупов врубово-вспомогательных. Кроме того, в комплекте предусматривается 54 вспомогательных отбойных шура, 27 контурных и 12 почвенных. Глубины врубовых шурупов 4,2 м, вспомогательных и оконтуривающих 4

На рис. 153, б показана схема расположения шурупов с врубом типа «Коромант», включающим две центральные незаряжаемые скважины диаметром 75 мм, шесть шурупов диаметром 50 мм первого круга расширения и шесть шурупов второго круга расширения. Глубина шурупов 4—4,5 м. Взрывание шурупов вруба производят в две очереди.

Сопоставляя практику применения отрывающих и разрушающих врубов, можно отметить, что отрывающие врубы более сложны по мере их расположения и при их бурении трудно обеспечить правильное направление шпуров, требуется высокая квалификация трильщиков, затруднительно полностью механизировать процесс трения и др. Разрушающие врубы создают более благоприятные условия для механизации процесса бурения и обеспечивают высокую

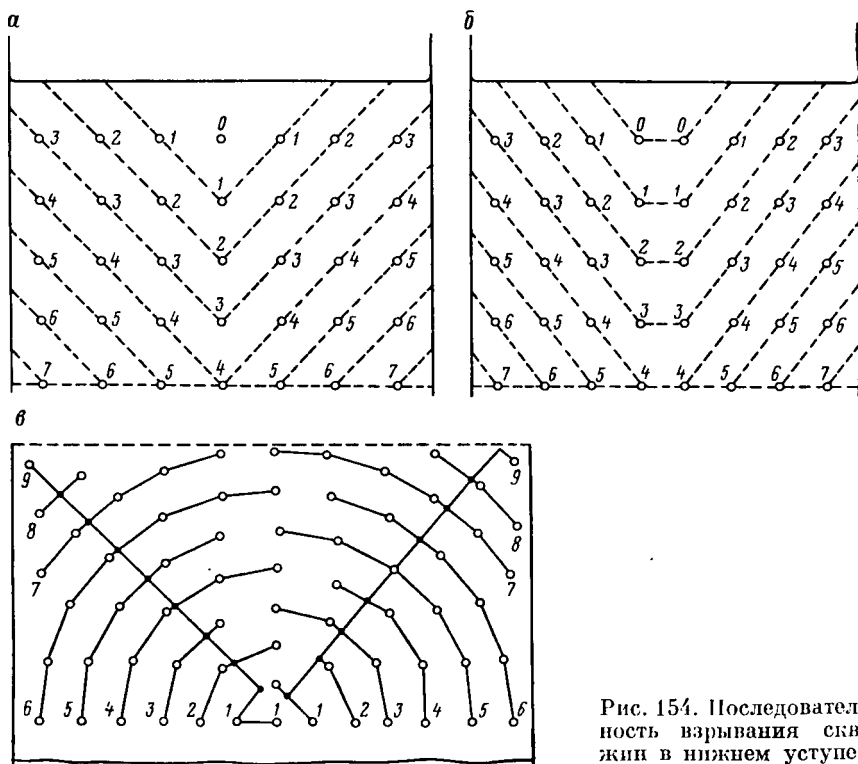


Рис. 151. Последовательность взрывания скважин в нижнем уступе

эффективность взрывных работ, особенно в крепких породах. При бурении шпуров с манипуляторов и буровых рам наиболее целесообразно применение разрушающих врубов.

В практике сооружения тоннелей за рубежом разрушающие врубы в комбинации с опережающими незаряжаемыми скважинами (обычно одна или две скважины) диаметром 105—125 мм в пастосее время имеют широкое применение.

Расположение скважин в нижнем уступе забоя. Как указывалось ранее, при ведении взрывных работ в нижнем уступе скважины наиболее целесообразно располагать в нисходящем направлении.

В нижнем уступе отводящего тоннеля Верхне-Тулумской ГЭС рядом размещалось восемь скважин диаметром 75 мм и длиной 1,5 м (см. рис. 151). Скважины располагались по сетке $1,8 \times 2,0$ м. Расстояние между скважинами 0,5—0,8 м. В уступе применялось контурное

щелеобразование с расстоянием между скважинами 0,6 м. Одновременно в блоке бурилось семь рядов скважин, при этом обеспечивалось подвигание забоя уступа на 12,5 м. Взрывание скважин осуществлялось в девять серий.

На рис. 154, а показана схема последовательного порядка взрывания скважин с клиновым врубом в нижнем уступе, на рис. 154, б — с трапециевидным врубом. Эти схемы целесообразно применять при взрывании крепких монолитных пород. Они обеспечивают интенсивное дробление крепкой породы за счет удара кусков при взрыве.

На рис. 154, в показана радиальная схема расположения скважин. Центральные скважины I имеют увеличенные заряды, что обеспечивает образование вруба при взрыве. Данная схема обеспечивает интенсивное дробление породы в зажатой среде, в пактный навал горной массы после взрыва и хорошую подработку почвы тоннеля.

§ 61. Буровое оборудование

В зависимости от схемы производства работ при сооружении тоннелей сплошным или уступным забоем применяются различные виды бурового оборудования — буровые рамы, оснащенные бурильными машинами ударно-поворотного или вращательно-ударного действия и бурильные установки.

Буровые рамы

Буровые рамы представляют собой жесткую пространственную конструкцию, имеющую два или три яруса платформ, на которых монтируются манипуляторы с бурильными машинами. Бурильные шины размещаются на ярусах так, чтобы обеспечить возможность бурения любого шпура в забое минимум двумя бурильными машинами. На буровой раме также монтируются воздушные ресиверы устройства для централизованной смазки бурильных машин, инертный станок для заточки буровых коронок и кран-укосина для подъема оборудования на ярусы буровой рамы. Буровая рама оборудуется двумя — четырьмя централизованными светильниками мощностью по 400—500 Вт. Для предотвращения образования тумана в рабочей забойной зоне во время бурения на раме устанавливается воздушный нагреватель. Буровая рама кроме обустройства забоя также используется для разметки шпуров и их зарядания, для обделки пород и установки временной крепи.

Разнообразие условий сооружения тоннелей различного назначения, условий подходов к забою тоннелей (с портала или через створы и др.) вызывает необходимость иметь различные решения в части выбора конструкций буровых рам, которые можно разделить на основные группы — буровые рамы, монтируемые на рельсовом пути и буровые рамы на пневмоколесном ходу.

На рис. 155 показана буровая рама, оборудованная бурильными машинами ударно-поворотного действия. Рама (рис. 155, б) пе-

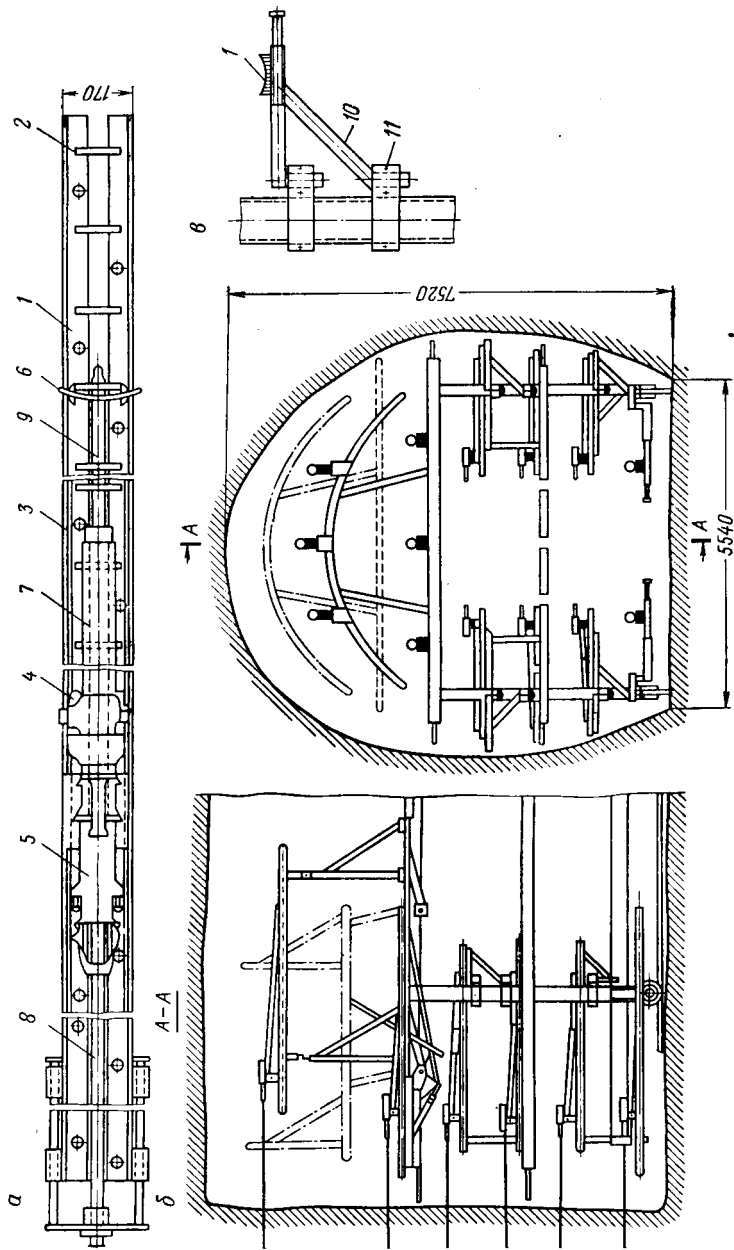


Рис. 155. Буровая рама на рельсовом ходу, оборудованная бурильными машинами ударно-поворотного действия

мещается по рельсовому пути широкой колеи с центральным порталом для пропуска транспортных средств и погрузочных машин. Рама имеет шесть рабочих ярусов, на которых расположено 14 буровых машин. Для обеспечения точного бурения шпуров (особенно контурных) буровые машины устанавливаются на лестничные направляющие (рис. 155, а), представляющих собой узкую металлическую раму 1, состоящую из двух прогонов с поперечными св

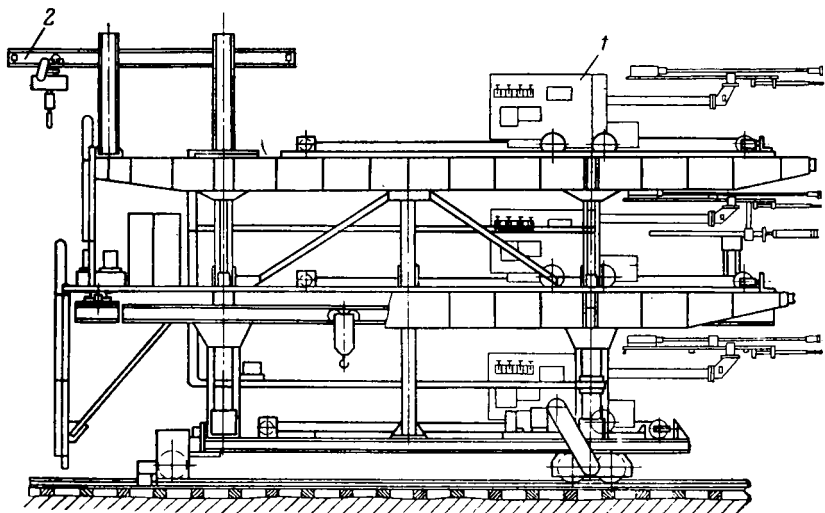


Рис. 156. Буровая рама на рельсовом ходу, оборудованная буровыми установками БУ-1

язми 2. Поперечные связи размещаются через 200 мм. В средней части рамы приварены трубчатые направляющие 3, по которым передвигается каретка 4 буровой машины 5. Опора 6 пневматической поддержки 7 или автоподатчика, опираясь на поперечные связи, передвигается по направляющим 3 по мере заглубления бура в шпур и выдвигания штока 9 автоподатчика. Рама 1 (рис. 155), приваривается к консольным крошечкам 10, которые входят в тупики хомутов 11, укрепленных на вертикальных стойках буровой рамы.

Для удобства обслуживания буровых машин на всех ярусах буровой рамы имеются рабочие подмости, на которых размещаются комплекты буров, распределители сжатого воздуха, бачки со смазочными материалами, водой и др. Платформы буровой рамы соединяются между собой лестницами. Для подъема элементов буровой техники буровая рама оборудуется краном-укосиной.

На рис. 156 показана буровая рама ПБА-1, оборудованная буровыми установками 1 типа БУ-1 или БА-1 вращательно-ударного действия. Рама имеет три яруса, на каждом из которых располагаются по две буровые установки. В нижнем ярусе имеется портал для пропуска транспортных и погрузочных средств. Буровая

ама самоходная, перемещается по рельсовому пути. На среднем русе буровой рамы при применении разрушающих врубов устанавливаются станок НКР-100М для бурения средней незаряжаемой кважины диаметром 105 мм. На верхнем ярусе имеется подъемник 2. Размеры буровой рамы ПБ1-1: высота 7,7 м, ширина 5,8 м, длина 14 м. Общая масса буровой рамы 59 т.

Буровые рамы, смонтированные на рельсовом пути, применяют главным образом при сооружении железнодорожных тоннелей, когда площадь сечения их остается на все время строительства остоянной и протяженность тоннеля значительна.

Буровые рамы на пневмоколесном ходу обычно монтируют на автомашине большой грузоподъемности или трайлере, буксируемом трактором или автомашиной. Число ярусов рамы для размещения уророй техники зависит от площади сечения тоннеля. Рамы оборудуются гидравлическими домкратами, которыми они раскрепляются забое при бурении. В зависимости от ширины тоннеля в забое размещается одна или две буровые рамы. При использовании двух ам проемы между ними во время работы перекрываются щитами. По окончании бурения шпуров рамы отводят от забоя и устанавливают одну за другой.

Буровая рама, смонтированная на трайлере, показана на ис. 157. Рама подается к забою трактором или автомашиной. Рама оборудована семью манипуляторами для бурильных машин БУ-1. конструкция рамы предусмотрен центральный проем для возможой подачи к забою бурильной установки СБУ-2К. Подобная буровая ама применялась при сооружении деривационного тоннеля Инури ГЭС.

Поскольку при применении буровых рам, монтируемых на автомашинах, пропуск погрузочно-транспортного оборудования под их нижним ярусом исключается, то во время погрузки породы раму необходимо убирать за пределы тоннеля. Это обстоятельство является существенным недостатком, особенно при сооружении тоннелей значительной протяженности. В этих условиях при сооружении тоннелей больших сечений целесообразно применять в забое две ярусные рамы, что обеспечивает большую их маневренность и исключает необходимость выведения рам полностью из тоннеля. Во время загрузки породы рамы размещаются одна за другой. К общим преимуществам буровых рам на пневмоколесном ходу по сравнению рамами, смонтированными на рельсовом пути, следует отнести их большую конструктивную легкость и маневренность, кроме того, применение таких рам исключает необходимость устройства специальных рельсовых путей.

При выборе типа буровой рамы в основном необходимо принимать внимание площадь сечения тоннеля, его длину и назначение. На рис. 158 показаны диаграммы, характеризующие области применения буровых рам в зависимости от площади сечения S , длины L и назначения тоннеля. Из рис. 158, а следует, что буровые рамы на рельсовом пути применяются в основном при сооружении тонне-

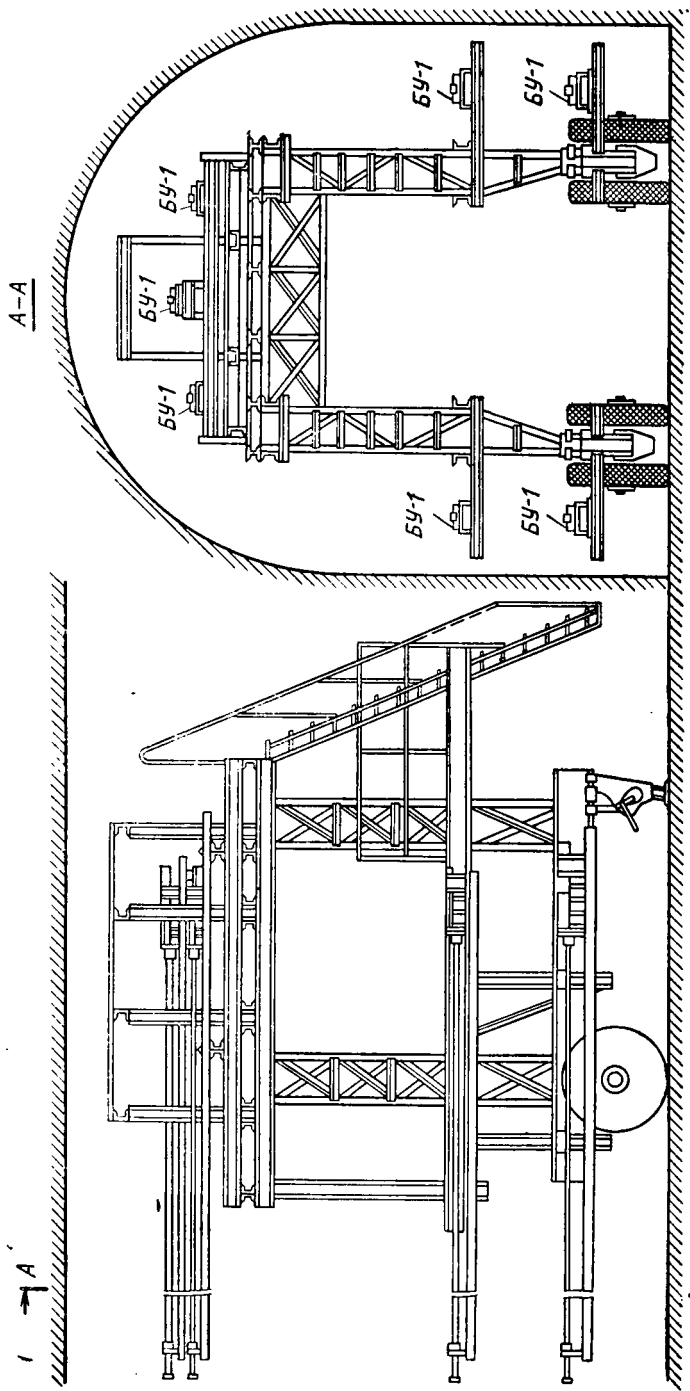


Рис. 157. Буровая рама на пневмоколесном ходу

с площадью сечения до 100 м^2 . Это положение может быть объяснено тем, что с ростом сечения тоннелей буровая рама на рельсовом пути становится весьма громоздкой, тогда как рамы на пневмоколесном ходу в этих условиях сохраняют мобильность. Диаграмма, приведенная на рис. 158, б, показывает, что буровые рамы на рельсовом пути применяются при значительной длине сооружаемого туннеля. Как видно из рис. 158, в, буровые рамы на рельсовом пути

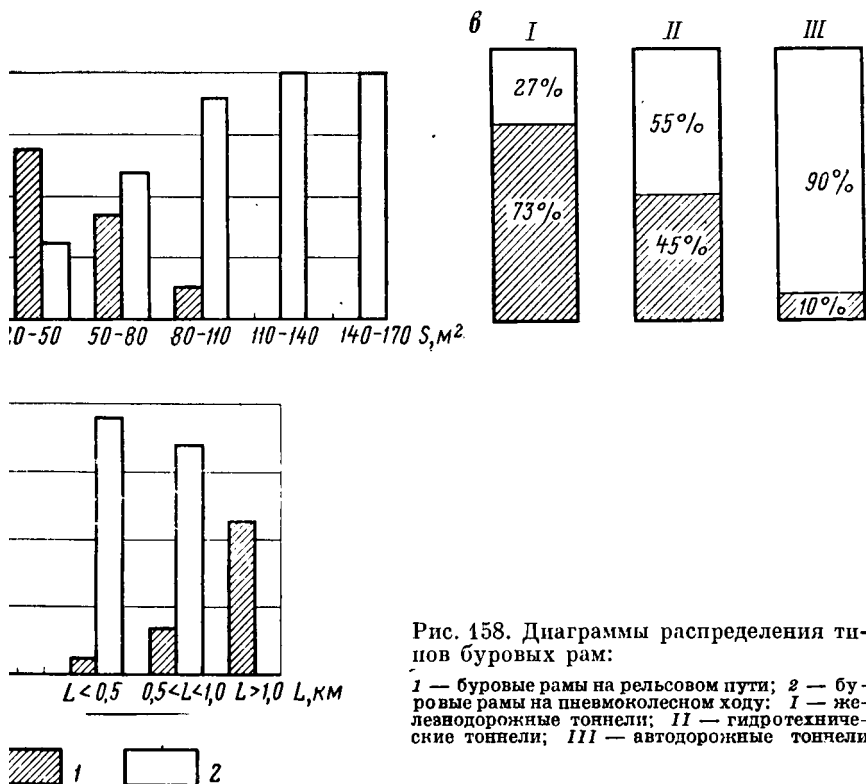


Рис. 158. Диаграммы распределения типов буровых рам:

I — буровые рамы на рельсовом пути; 2 — буровые рамы на пневмоколесном ходу; I — железнодорожные туннели; II — гидротехнические туннели; III — автодорожные туннели

более типичны для сооружения железнодорожных туннелей. автодорожных туннелей, как правило, всегда имеющих большую падь сечения, чаще применяют буровые рамы на пневмоколесном ходу. Для гидротехнических туннелей, площади сечений и длины которых весьма различны, не выявлено преимуществ рассматриваемых видов буровых рам.

В конкретных условиях сооружения туннелей, очевидно, необходимо учитывать не только рассмотренные выше факторы, но и ряд других специфических условий, например способ подхода к забою туннеля (через портал, строительный туннель или ствол), тип пригона бурового оборудования, объем работ и др.

Число бурильных машин, монтируемых на буровых рамах, изменяется в зависимости от их типа и площади сечения туннеля.

Т а б л и ц а

Наименование объекта строительства	Площадь сечения тоннеля, м ²	Число бурильных рам в забое	Общее число буровых машин	Площа- забоя, п ходяща: на одн машину,
Бурильные машины ударно-поворотного действия				
Асуанская ГЭС (АРЕ)	115	2	35	1,65
Хантайская ГЭС (СССР)	66	1	9	7,3
Гувер ГЭС (США)	142,6	2	30	2,3
Черчилл Фолз ГЭС (Канада)	85	1	24	3,5
Тоннель под Монбланом	80	1	15	5,6
Тоннель «Пирттикоски» (Фин- ляндия)	150	2	20	3,7
Тоннель Сен-Готардский (Швейцария)	70	1	12	3,0
Тоннель «Брокке» (Норвегия)	70	2	8	4,3
Тоннель Меградзорский (СССР)	45,3	1	7	6,3
Бурильные машины вращательно-ударного действия				
Ингури ГЭС (СССР)	82	1	9	9,1
Качбергский тоннель (Авст- рия)	88	1	11	8,0

В табл. 43 приведен ряд примеров практики применения буровых р на пневмоколесном ходу и число бурильных машин, смонтированных на них.

Бурильные установки

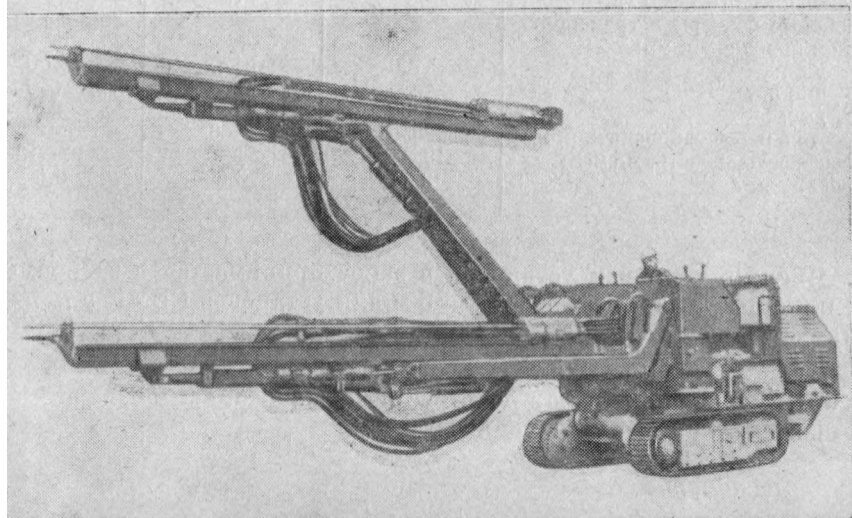
Бурильные установки находят в настоящее время широкое применение как при сооружении тоннелей и комплекса выработок ограниченной длины и различных площадей сечений, например в строительстве ГЭС и ГАЭС и других подобных объектов, когда бурильная установка (чаще самоходная) может быть легко перемещена из одного забоя в другой и приспособлена к различным площадям сечения выработок. В практике сооружения тоннелей нашли применение самоходные бурильные установки, смонтированные на гусеничном или пневмоколесном ходу и оборудованные главным образом бурильными машинами вращательно-ударного действия. В настоящее время в СССР серийно выпускается самоходная бурильная установка СБУ-2М (см. рис. 16), оборудованная двумя бурильными машинами вращательно-ударного действия. Эта установка предназначена для работы в забоях высотой до 5,5 м при радиусе обуривания с одной позиции установки 5,5—6 м.

За рубежом самоходные бурильные установки выпускает ряд фирм. На рис. 159 показана бурильная установка «Зальцгитте» (ФРГ) на гусеничном ходу.

Учитывая высокую производительность бурильных машин вращательно-ударного действия, число бурильных установок принимается из расчета: одна установка на 12 м² площади забоя.

*ровое оборудование, применяемое при разработке
нижнего уступа забоя тоннеля*

а обеспечения параллельного ведения работ по бурению скважин догрузке породы при разработке нижнего уступа забоя тоннеля



159. Бурильная установка «Зальцгиттер» (ФРГ)

меняются бурильные машины, приспособленные для бурения вертикальных скважин. К ним относятся станки с пневмоударниками (табл. 44) и самоходные малогабаритные бурильные машины вращательно-ударного действия (табл. 45).

Таблица 44

Показатели	Тип бурильного станка	
	1СБУ-125	1СБУ-125И
глубина буримой скважины, мм	105; 125	105; 125
диаметр бурильной трубы, мм	22	22
способ перемещения	Гусеничный	Пневмоколесный
мощность двигателя	17,2 кВт	38,2 л. с.
основные размеры, мм:		
длина	3600	4000
ширина	1850	2500
масса, т	4,6	4,0

Т а б л и ц а

Показатели	Тип бурильной машины		
	СМБК-5	СБУ-70У	НКР-100У
Диаметр буровой скважины, мм	105	60—70	105
Глубина бурения, м	35	50	50
Тип и мощность двигателя	Электрический (11 кВт)	Пневматический (16 л. с.) 16	Электрический (2,8 кВт)
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин			
Основные размеры в транспортном положении, мм:			
длина	3100	3170	1500
ширина	1850	1200	650
высота	1600	1780	620
Высота в рабочем положении, мм	2300	2460	—
Производительность, м/смену	10—12	20	10—12
Масса, т	3,34	3,0	0,6

Число бурильных установок в забое принимается в зависимости от ширины уступа из расчета 4—5 м для установок СМБК-5 и 3— для установок СБУ-70.

§ 62. Организация работ по бурению и заряданию шпуров и проветриванию забоя тоннеля

Бурение шпуров

Организация бурения шпуров с применением буровых рам не представляет значительных трудностей. Буровую раму подводят к забю и устанавливают в рабочую позицию, раскрепляют при помощи домкратов в горизонтальном положении. К трубопроводам рамы (воздушному и водяному) подсоединяют магистральные трубопроводы, включают освещение рамы и забоя, бурильным машинам придают рабочее положение согласно схеме расположения шпуров и производят забуривание шпуров.

Продолжительность выполнения перечисленных операций изменяется, например, при применении буровых рам с бурильными машинами ударно-поворотного действия на строительстве тоннелей 1-й категории ГЭС (США) расходовалось 20 мин, при сооружении тоннеля Ингури ГЭС — 60 мин, в транспортном тоннеле Тактогульской ГЭС при работе одной установки СБУ-2М — 21 мин. При одновременной работе большого числа бурильных машин весьма важное значение имеет точное распределение мест работы бурильщиков и число шпуров, которое каждый из них должен пробурить.

На рис. 160 показана схема разбивки на зоны для бурения шпуров забоя деривационного тоннеля Ингури ГЭС. Забой делится на девять зон, в каждой зоне должно быть пробурено 14 шпуров глубиной 4,2—4,4 м.

менением гранулированных ВВ. Для механизированного заряжания шпуров может быть использована машина ПМЗШ-2 (рис. 161) которая имеет: подъемно-поворотный механизм 1, загрузочный бункер ВВ 2, гидравлический корректор 3, пульт управления рабочую кабину 5, промежуточный бункер ВВ 6 на четыре пневматических устройства ЗП-2, опорные домкраты 7. Машина смонтирована на шасси автомобиля МАЗ-500.

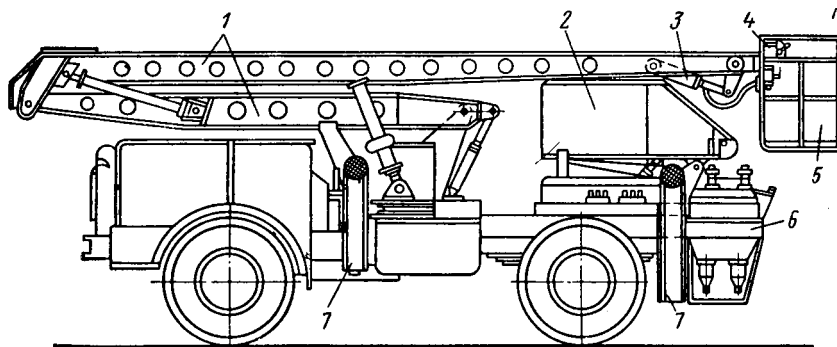


Рис. 161. Машина ПМЗШ-2

Техническая характеристика машин ПМЗШ-2

Максимальная высота подъема рабочей кабины, м	10
Фронт заряжания, м	8—12
Грузоподъемность рабочей кабины, кг	400
Угол поворота стрелы в горизонтальной плоскости, градус	360
Емкость основного бункера, м ³	0,8
Основные размеры машины в транспортном положении, мм:	
длина	7500
ширина	2600
высота	2800
Масса машины, т	12,5

Пульты управления подъемно-поворотным механизмом и бабелями из четырех пневмозаряжающих устройств дублированы и расположены в рабочей кабине и на раме автомашин. Машину обслуживают машинист и оператор. Бункер машины загружается гранулированным ВВ на складе взрывных материалов при помощи пневматического насоса. Машина в забое тоннеля подключается к сети сжатого воздуха. Затем рабочая камера, бункер с пневматическими зарядчиками и зарядными трубопроводами поднимаются к забое, что позволяет заряжать шпуров по всей площади сечения тоннеля до высоты 10 м. Монтаж взрывной сети также ведется из рабочей кабины. Среднее время на заряжание шпуров и сопутствующих операций составляет: подготовка машины, загрузка ВВ и подача в забой 25 мин, заряжание шпуров и монтаж взрывной сети (9С 100 шпуров) 105 мин, вспомогательные работы 11 мин.

Общее время на заряжание одного шпура глубиной 4 м составляет в среднем 1,05 мин.

ри сооружении тоннелей большой площади сечения и длины проетривание их является весьма сложным. Сложность обусловливается тем, что тоннели обычно проектируются в одну нитку, сооружение их осуществляется буровзрывным способом с использованием большого количества ВВ, а также различных машин с двигателями внутреннего сгорания (бульдозеры, экскаваторы автосамосвалы др.). При этом загрязнение воздуха выхлопными газами происходит по всей длине тоннеля. Кроме того, в тоннелях выполняют большой объем сварочных работ.

Тоннели могут проветриваться сквозной струей воздуха и при помощи вентиляторов и трубопроводов в глухих забоях с применением в основном нагнетательной и комбинированной схем проветривания. Проветривание тоннелей сквозной струей воздуха может быть осуществлено с использованием параллельных выработок, скважин и стволов, пройденных с поверхности. Например, для проветривания тоннеля Ингури ГЭС к забою была пробурена на расстоянии 100 м от портала скважина глубиной 43 м и диаметром 0,8 м. Вентилятор ВОКД-1,5 был установлен в тоннеле у скважины, нагнетание воздуха для проветривания забоя производилось по трубам.

При сооружении Сен-Готардского тоннеля протяженностью 15,32 км параллельно ему на расстоянии 30 м была проведена вспомогательная штольня площадью сечения $7,8 \text{ м}^2$, которая через каждые 250 м соединялась с тоннелем. Штольня создавала сквозную вентиляцию при проветривании тоннеля, а в случае аварии в тоннеле обеспечивала запасной выход.

При проветривании сквозных выработок большой площади сечения важное значение приобретает учет естественной тяги и управление ее интенсивностью при помощи вентиляторов-эжекторов. Естественное проветривание наиболее эффективно в выработках с малым гидродинамическим сопротивлением, т. е. в тоннелях. Дебит воздуха при этих условиях достигает значительной величины.

Проветривание тупиковых тоннелей осуществляется при помощи вентиляторов, устанавливаемых у портала тоннеля, путем нагнетания свежего воздуха по трубам. В зависимости от длины тоннеля могут быть приняты различные схемы проветривания.

При длине тоннеля до 1 км у портала устанавливают один вентилятор, который подает воздух по металлическому трубопроводу диаметром 1—1,2 м до забоя (рис. 162, а). Расстояние от конца трубопровода до забоя тоннеля (длина зоны отброса взрывных газов L_3) обычно принимается от 50 до 80 м.

В тоннелях длиной 1—1,5 км проветривание можно осуществить также при помощи одного вентилятора. При этом с целью снижения гидродинамического сопротивления нагнетание воздуха производится по двум параллельным трубопроводам (рис. 162, б) — металлическому 1 диаметром 1,2 м, доводимому до забоя, и гибкому 2 диаметром 1,2 м, который не доводится до забоя на 300 м. Расположение второго трубопровода с отставанием от забоя обуславливается стремлением

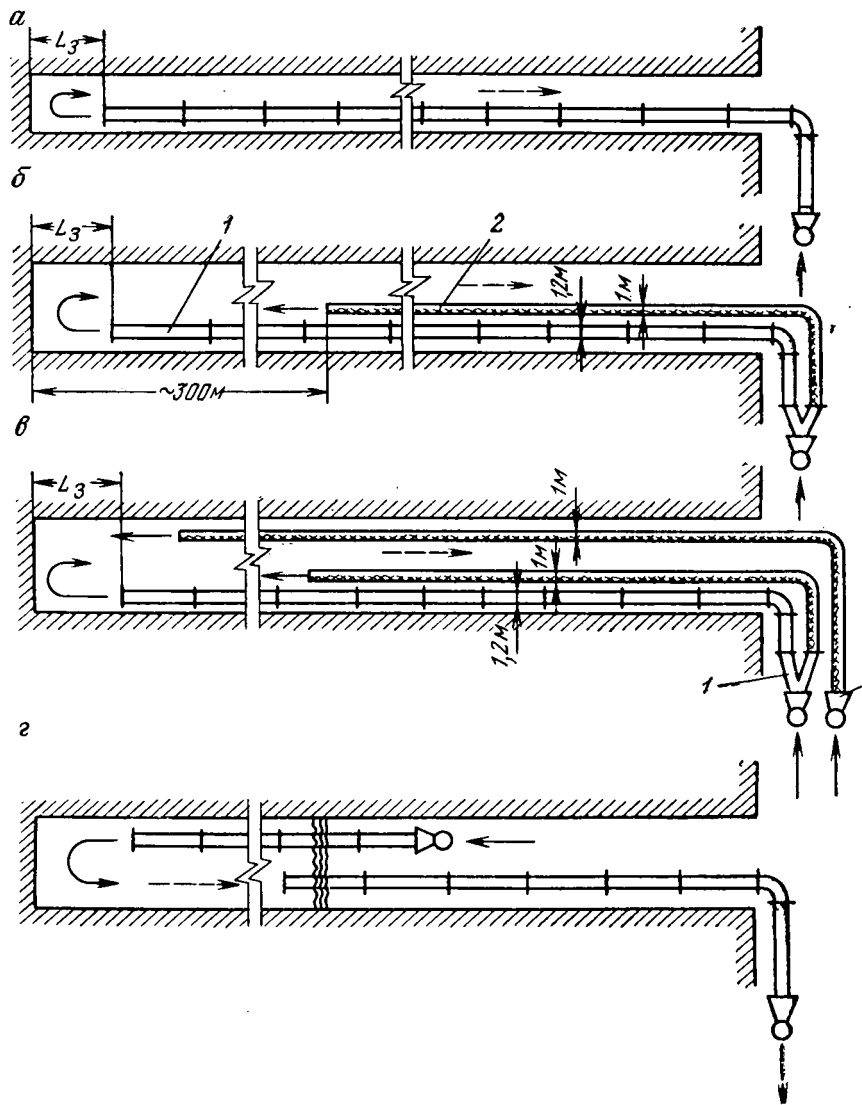


Рис. 162. Схемы проветривания одиночных забоев тоннелей

меньшить трудности перекладки звеньев трубопроводов в зоне изведения постоянной обделки, а также созданием условий для лучшего освежения воздуха по длине тоннеля на участке сосредоточения горно-строительных машин. Для обеспечения равномерной задачи свежего воздуха по длине тоннеля можно также в трубопроводе через каждые 80—100 м сделать вырезанные окна и регулировать подачу воздуха через них заслонками.

Для обеспечения подачи свежего воздуха к забою при длине тоннеля 1,5—2,5 км проветривание можно осуществить при помощи двух вентиляторов по трем трубопроводам (рис. 162, в). Вентилятор 1 нагнетает воздух по двум трубопроводам (металлическому диаметром 1,2 м и гибкому диаметром 1 м) и вентилятор 2 — по гибкому трубопроводу.

При весьма длинных тоннелях возможно применение нескольких вентиляторов, последовательно включенных в один трубопровод на расстоянии один от другого, исключающем рециркуляцию воздуха.

На рис. 162, г показана комбинированная схема проветривания. В этом случае для замены перемычки, которая вызывает затруднение организации транспорта, следует использовать воздушно-водяные весы, создаваемые туманообразователями.

Количество воздуха, необходимое для проветривания, должно определяться с учетом следующих факторов: а) по наибольшему числу людей, находящихся одновременно в тоннеле; б) по минимальной скорости движения воздуха по тоннелю; в) по продуктам взрывчатого разложения при производстве взрывных работ; г) по количеству вредных газов, образующихся при работе двигателей внутреннего сгорания и производстве электросварочных работ.

Количество воздуха для проветривания тоннелей можно определять по методике, разработанной Оргэнергостроем.

Продолжительность проветривания забоя тоннеля можно принимать от 30 до 40 мин.

Учитывая, что при сооружении тоннелей широко применяют подобное оборудование с двигателями внутреннего сгорания, необходимо организовать тщательную очистку выхлопных газов (киси углерода, сернистого газа, окислов азота и др.). В настоящее время для этой цели применяют каталитические нейтрализаторы КД-180, НКД-110, ВТКН-1 и КТГ-3.

Приведение забоя тоннеля в безопасное состояние

После проветривания забой тоннеля приводят в безопасное состояние. Необходимо тщательно проверить состояние пород кровли и боков тоннеля путем их остукивания и оборки отслаивающихся кусков породы. Оборка породы является трудоемкой операцией, качественное ее выполнение способствует повышению безопасности работ и в известной степени позволяет применять более легкую конструкцию временной крепи. При сооружении тоннелей для осуществления оборки породы весьма целесообразным

Т а б л и ц а

Показатели	Тип гидроподъемника	
	МШТС-2Т	МШТС-2ТП
Наибольшая высота подъема, м	17,8	11,0
Грузоподъемность двух кабин, кг	400	800—900
Наибольший вылет мачты, м	15,35	10
Угол поворота мачты, градус	360	360
Основные размеры, м:		
длина	10,7	7,2
ширина	2,37	2,4
высота в транспортном положении	3,30	3,65

является применение ударно-скалывающих машин. Для обор породы также используются специальные подъемники с кабин в которой размещаются рабочие, производящие оборку поро отбойными молотками. Обычно применяют гидроподъемники ти МШТС, техническая характеристика которых приведена в табл.*
Подъемники перемещаются на гусеничном ходу.

§ 63. Погрузка и транспортирование породы

Погрузка породы при сооружении тоннелей осуществляется толь механизированным способом. Продолжительность погрузки соси ялет 6—8,5 ч, или 25—30% продолжительности цикла.

Погрузочные машины

Погрузка породы осуществляется подземными экскаваторами, п грузочными машинами с нагребавшими лапами типа ПНБ и оди ковшовыми погрузчиками фронтального типа. В отечественн практике наибольшее применение имеют подземные одноковшов экскаваторы типа прямой механической лопаты. Они отличают по конструкции от экскаваторов, работающих на земной повер ности, укороченной стрелой и уменьшенным радиусом поворот а также меньшей длиной ходовой части для улучшения услови зачистки почвы тоннеля.

Техническая характеристика основных типов отечественных и з рубежных экскаваторов, используемых при сооружении тоннеле приведена в табл. 47.

Наряду с экскаваторами широкое распространение получи породопогрузочные машины непрерывного действия типа ПН.

В последние годы для погрузки породы находят применен одноковшовые фронтального типа погрузчики на пневмоколесн (рис. 163) и гусеничном ходу. Техническая характеристика фро тальных погрузчиков приведена в табл. 48.

Для окучивания развала породы после взрывных работ пр меняют бульдозеры.

Бульдозеры с двигателями внутреннего сгорания значительно ложнят проветривание тоннеля. Поэтому большой интерес представляет применение малогабаритного бульдозера типа БЭМ электрическим двигателем.

Сопоставляя применение погрузочных машин при сооружении туннелей, можно отметить, что в отечественной практике наибольшее распространение имеют экскаваторы Э-7515 и ЭП-1 и погрузочные

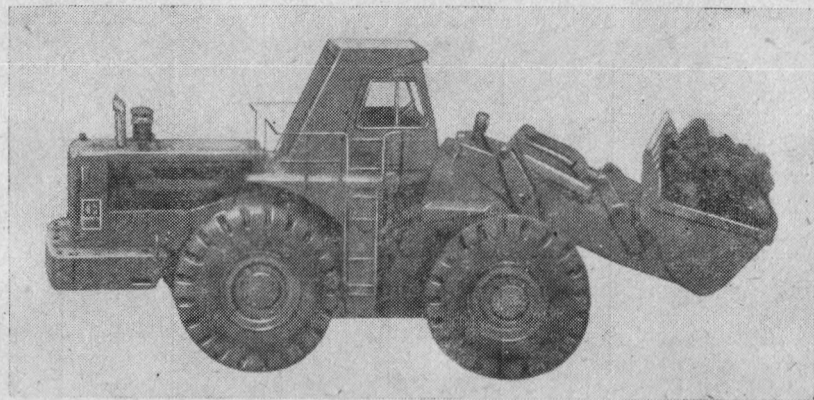


Рис. 163. Фронтальный самоходный погрузчик

шины типа ПНБ. Применение экскаваторов в последние годы сколько сдерживается ввиду их громоздкости, возможности их рмальной работы только в туннелях большой площади сечения

Таблица 47

Тип экскаватора	Емкость ковша, м ³	Мощность двигателя, кВт	Масса, т	Минимальные размеры тоннеля, м	
				ширина	высота

Отечественные экскаваторы

Э-7515	0,75	84	20,2	7	6
ЭП-1	1,0	55	35,6	10	6
Э-1251	1,25	80	76,3	12	10
Э-7114	2,0	140	89,0	18	14
Э-5114	1,2	55	33,4	Площадь сечения тоннеля 35—70 м ²	

Зарубежные экскаваторы

«Ландсверк» KL-250	1,0	80	33,6	8,6	5,8
«Ландсверк» KZ-260	1,0	80	33,0	7,0	5,3
«Бюссайрус» 42-B	1,32	55	—	10,2	5,7
«Бюссайрус» 32-B	1,0	60	—	5,8	4,2

Таблица

Тип погрузчика	Емкость ковша, м ³	Наибольшая высота разгрузки, м	Мощность двигателя, л. с.	Наименьший радиус поворота, м	Наибольшая скорость передвижения, км/ч	Масса, т
----------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-------------------------------	--	----------

Отечественные погрузчики

Д-538 *	1,25	2,3	95—105	5,0	40,0	8,5
Д-660 *	2,2	—	200	—	—	15,8
Д-584 *	3,0	3,3	180—240	7,5	49,5	18,3
Д-574 **	0,85	2,8	75	—	11,0	8,5
Д-543 **	2,8	3,3	140	—	8,0	23

Зарубежные погрузчики

«Катерпиллер-950» (США)	2,1	2,75	130	5,8	33,2	10,7
«Катерпиллер-966» (США)	3,06	2,95	170	6,32	34,0	14,6
«Катерпиллер-980» (США)	3,82	3,1	260	6,73	40,0	21,0
«Фадрома-2» (ПНР)	1,5	2,67	115	—	38,0	9,5
«Фадрома-3» (ПНР)	2,5	2,8	193	—	39,0	15,8
«Фадрома-3Р» (ПНР)	3,1	3,1	220	—	39,0	17,9

* На пневмокопленном ходу.

** На гусеничном ходу.

и необходимости достаточно равномерного и мелкого дробления породы.

На работу экскаватора значительное влияние оказывает величина угла поворота его стрелы к месту разгрузки. В забое тоннеля часто невозможно разместить автосамосвал параллельно экскаватору, т. е. в положение, соответствующее повороту экскаватора при разгрузке на 90°. В этих случаях автосамосвал приходится размещать сзади экскаватора, что увеличит продолжительность поворота. При повороте экскаватора ЭП-1 на 180° продолжительность цикла его поворота возрастает на 40—60%, что снижает его производительность. Кроме того, экскаваторы отличаются значительной металлоемкостью (до 35—60 т на 1 м³ емкости ковша).

Учитывая отмеченные недостатки, экскаваторы в настоящее время часто заменяются погрузочными машинами непрерывного действия ПНБ-3.

Практика применения машин типа ПНБ при сооружении тоннелей (Чиркейской, Тактогульской и других ГЭС) показала достаточную надежность их в работе. Важное значение имеет применение машин типа ПНБ при проведении подходов выработок для сооружения тоннелей, площадь сечения которых может быть значительно уменьшена, и будет определяться не размерами экскаватора, а размерами автосамосвалов.

Одноковшовые погрузчики фронтального типа в последнее время одыт применение при сооружении тоннелей. Погрузчики отличаются небольшими размерами, высокой мобильностью, возможностью использовать сменное рабочее оборудование (ковши различной емкости, рыхлители, челюстные захваты для длиномерных ериалов, бульдозерный лемех и др.), малой металлоемкостью (7 т на 1 м³ емкости ковша, т. е. в 6—8 раз меньше, чем у экскаваторов), а также хорошо ищуют почву тоннеля.

Практика применения итальных погрузчиков за ежом подтвердила достаю высокую их производельность (100—180 м³/ч). На рис. 164 представлен фик зависимости производельности самоходных позчиков от емкости их ша и длины доставки.

тнспортное оборудование

и сооружении тоннелей нспортирование породы в овном осуществляется авмосвалами, реже рельсо- и транспортом.

По конструктивному инению компоновочные схе- автосамосвалов можно усно разделить на две груп-

— автомашины с кузовом, расположенным на его раме, и полуцепы — автомашины, кузов которых одним концом опирается прицепное устройство тягача, а другим концом — на одну или ходовые оси. Самосвалы-полуприцепы обеспечивают меньший ворот, что позволяет применять их в более узких тоннелях, чем чные автосамосвалы.

Организация автотранспорта должна обеспечивать бесперебойную оту погрузочных машин. Как указывалось выше, для производельного использования автосамосвалов большое значение имеет ма подъезда и установки автосамосвала у экскаватора. Обычно, тывая стесненные условия, подъезд самосвала осуществляется етлевым разворотом (рис. 165, а). Такая схема разворота возкна в тех случаях, когда тоннель имеет ширину $B \geq 1,8l_{авт}$ — длина автосамосвала). В более узких тоннелях для разворота осамосвалов необходимо устраивать через 80—100 м ниши разом 5 × 3,5 м (рис. 165, б). Наличие ниш усложняет работы по ружению тоннеля. Более доступным способом разворота автосвалов является применение металлической плиты, укладываемой

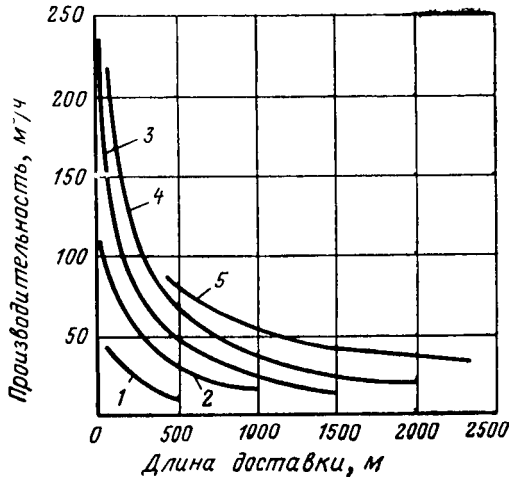


Рис. 164. Зависимость производительности самоходного погрузчика от емкости ковша и длины доставки:

1 — ковш емкостью 1,5 м³; 2 — ковш емкостью 3,8 м³; 3 — ковш емкостью 6 м³; 4 — ковш емкостью 8,3 м³; 5 — ковшовый погрузчик и думпер с кузовом на 10 м³

емой на расстоянии 15—20 м от забоя на выровненную почву тоннеля (рис. 165, а). Плита обычно имеет размеры 8×3 м и толщину 15 см. Автосамосвал наезжает передними колесами на плиту и с помощью каната лебедки грузоподъемностью 1,5—2 т разворачивается в рабочее положение. Эта схема может быть применена при ширине тоннеля $B \geq 1,4l_{авт.}$. Скорость движения автосамосвалов в тоннеле с выровненной почвой и при наличии дорожного полотна может быть

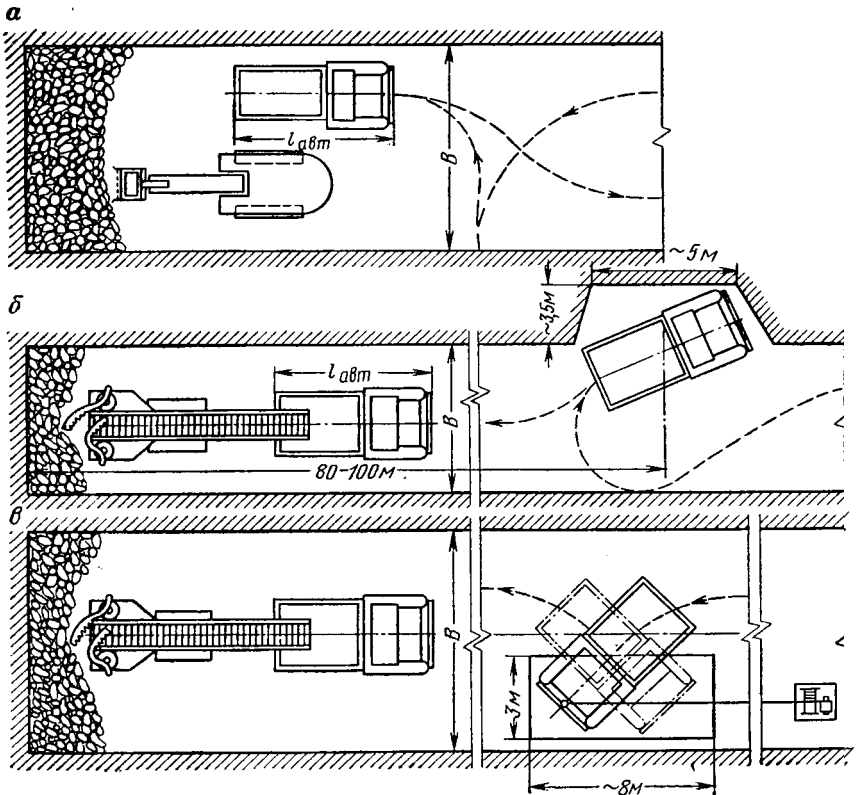


Рис. 165. Схемы разворота автосамосвала в тоннеле

принята 18—22 км/ч. В тоннелях, имеющих длину менее 1 км, скорость снижается на 40—50%.

Наряду с применением для транспортирования породы автосамосвалов за рубежом большое распространение получили думперы челночные автосамосвалы с поворотным управлением. При применении думперов исключается необходимость их разворота у забоя, что имеет важное значение при сооружении тоннелей сравнительно небольшой ширины.

В практике сооружения тоннелей применяют думперы гру-

подъемностью 6—15 т (фирмы «Нормет», «Эймко», «Келбл» и др.).

Для защиты пневматических шин самосвалов и увеличения роков их службы в условиях тяжелой эксплуатации часто по дорожью для лучшей передачи усилий на грунт и исключения провискольжения целесообразно применять шинозащитные предохранительные цепи. Цепи изготовляют из высокопрочных сталей со специальной формой прутков и колец.

При сооружении тоннелей ограниченной протяженности с непосредственным выходом на земную поверхность или при возможности разгрузки породы в подземные бункера могут быть применены самоходные на пневмоколесном ходу вагоны, а также погрузочно-разгрузочные машины (см. § 19).

При сооружении тоннелей значительной протяженности, особенно однопутных железнодорожных тоннелей и когда возникают начительные трудности с проветриванием забоя в связи с работой машин с двигателями внутреннего сгорания, возможно применение рельсового транспорта. В этих условиях, как это было указано выше, широко применяются буровые рамы на рельсовом ходу и иногда рельсовый транспорт будет также достаточно уместным. Примером применения рельсового транспорта может служить практика «асвучоррского железнодорожного тоннеля и ряда тоннелей на линии Абакан — Тайшет. Представляет интерес применение железнодорожного транспорта при сооружении южного участка автомобильного тоннеля через Сен-Готардский горный массив, где транспортирование породы осуществлялось по железнодорожному пути шириной колеи 900 мм поездами из четырех — шести вагонов емкостью по 30 м³, перемещаемых дизель-локомотивом мощностью 00—450 л. с. Порода в вагоны грузилась фронтальными погрузчиками «Катерпиллер-980В» с емкостью ковша 3,83 м³. Для исключения транспортных задержек у забоя и в связи с необходимостью наращивания рельсовых путей и переноса стрелочных переводов применялась технологическая платформа, укладываемая на почве непосредственно у забоя тоннеля, на которой были закреплены рельсовые пути и стрелки. Технологическая платформа состояла из пяти секций и имела общую длину 250 м с шириной у забоя 9 м.

Сопоставляя практику транспортирования породы автосамосвалами и по рельсовым путям, можно отметить, что при применении автосамосвалов обеспечивается большая маневренность транспорта, простота организации работ и высокая производительность, особенно при применении большегрузных самосвалов, сокращается длина транспортных коммуникаций на поверхности благодаря относительно крутым уклонам и малым радиусам закруглений на автодорогах, упрощается процесс отвалообразования.

Недостатки автотранспорта: ограничение расстояния транспортирования (длины тоннеля) в связи со сложностью обеспечения хорошего проветривания тоннеля даже при использовании фильтров для очистки выхлопных газов, большая зависимость от климатических условий на участке дороги вне тоннеля, сложность маневров в забое при сравнительно узком тоннеле, в результате чего увеличивается

цикл черпания экскаватора и, следовательно, снижается его производительность.

Применение рельсового транспорта целесообразно при исполнении большегрузных составов, при сооружении тоннелей большой протяженности и когда исключается возможность иметь строительные подходы к тоннелю (при весьма сложном рельефе поверхности).

Подземные дороги

В результате взрывных работ почва тоннеля имеет неровные затрудняющие движение транспорта. Для обеспечения достаточной скорости движения самоходного оборудования (автосамосвалов, самоходных вагонов и др.), снижения износа шин, исключения поломок рессор и других деталей транспортных механизмов необходимо на почве тоннеля делать специальное покрытие. Покрытие почвы тоннеля для временной дороги может быть из бетона, укладываемого слоем толщиной 15—20 см, или из щебня, пропитанного битумом. Испытания этих материалов для покрытия дорог, осуществленные на шахтах Джезказгана, выявили преимущества покрытия, состоящего из слоя щебня толщиной 20 см с размером фракции 40—70 мм, слоя щебня толщиной до 10 см с размером фракций 10—20 мм и слоя вяжущего толщиной 3—7 см, состоящего из смолы битума, извести и цемента. Почва тоннеля перед укладкой покрытия разравнивается. Дорога с таким покрытием обеспечивает эксплуатацию большегрузных автосамосвалов (до 12 тс на один скат) со скоростью движения до 30—40 км/ч. Ширину покрытия при двуполосном движении принимают 7—8 м. По бокам проезжей части тоннеля должны располагаться колесоотбойные брусья. Для надзора за состоянием дороги выделяются дорожные рабочие, производящие ремонт, очистку дороги и водоотводных канавок.

Организация погрузочно-транспортных работ

В связи с тем что эффективность погрузки породы при сооружении тоннелей находится в тесной связи с принятой технологией транспорта, при определении производительности погрузочных машин эти два процесса, т. е. погрузка и транспортирование породы, должны быть тесно увязаны между собой.

Общая продолжительность рейса автосамосвала с учетом времени на его загрузку

$$T_p = t_{\text{погр}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} + t_p + t_{\text{доп}}, \text{ мин},$$

где $t_{\text{погр}}$ — время на погрузку автосамосвала породой, мин; $t_{\text{пор}}$ — время на движение автосамосвала в грузовом и порожнем направлениях, мин; t_p — время на разгрузку автосамосвала, мин; $t_{\text{доп}}$ — время, необходимое на маневры при погрузке и разгрузке, мин.

Время на погрузку автосамосвала породой при помощи экскаватора

$$t_{\text{погр}} = \frac{1,1V_a k_0 t_{\text{ц}}}{\psi_3 q_3 \gamma_p}, \text{ мин.}$$

где $1,1V_a$ — грузоподъемность автосамосвала при условии заполнения кузова его с папкой, т; k_0 — коэффициент разрыхления породы; $t_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла работы экскаватора, мин. Продолжительность цикла работы экскаватора складывается из времени а черпание породы и поворот ковша на 90° . Для экскаватора мощностью ковша до 2 м^3 продолжительность цикла может быть принята $0,4-0,5$ мин; ψ_3 — коэффициент заполнения ковша экскаватора, равный $0,8$ при крупности породы до 400 мм; q_3 — емкость ковша экскаватора, м^3 ; γ_p — объемная масса породы в разрыхленном состоянии, $\text{т}/\text{м}^3$.

Время на движение автосамосвала в порожняковом и грузовом направлениях

$$t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} = \left(\frac{60L_{\text{гр}}}{v_{\text{гр}}} + \frac{60L_{\text{пор}}}{v_{\text{пор}}} \right) k', \text{ мин.}$$

где $L_{\text{гр}}$ и $L_{\text{пор}}$ — длина откаточного пути в грузовом и порожняковом направлениях, м; $v_{\text{гр}}$ и $v_{\text{пор}}$ — скорость движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, м/ч; k' — коэффициент, учитывающий разгон и замедление автосамосвалов при движении (принимается равным $1,1-1,2$).

Учитывая, что обычно $L_{\text{гр}} = L_{\text{пор}}$ и $v_{\text{гр}} = v_{\text{пор}}$, можно выразить продолжительность работы автосамосвала

$$t_{\text{дв}} = \frac{120Lk'}{v}, \text{ мин.}$$

Время на разгрузку автосамосвала t_p может быть принято равным $2-2,5$ мин. Время на дополнительные маневры в течение одного рейса (подъезды, установка, непредвиденные остановки в пути) $t_{\text{доп}} = 2,5 \div 3,5$ мин.

Сменная техническая производительность комплекса погрузочно-транспортных машин (экскаватор и автосамосвал)

$$P_{\text{см}} = 1,1V_a \frac{T_{\text{см}}}{T_p}, \text{ т/смену,}$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, ч; T_p — продолжительность загрузки автосамосвала, ч.

Эксплуатационная производительность

$$P_{\text{эк}} = P_{\text{см}} k_b, \text{ т/смену,}$$

где k_b — коэффициент использования сменного времени (может быть принят равным $0,7-0,8$).

Для обеспечения непрерывной работы экскаватора и ритмичной подачи порожних автосамосвалов их число может быть определено из выражения

$$N_{\text{авт}} = \frac{T_p}{t_{\text{погр}}} = 1 + \frac{\left(\frac{120Lk'}{v} + t_p + t_{\text{доп}} \right) \psi_3 q_3 \gamma_p}{1,1V_a k_0 t_{\text{ц}}}. \quad (25)$$

Анализируя совместные условия работы экскаватора и автосамосвалов, можно установить, что влияние процесса собственно загрузки, учитывая стесненные условия работы экскаватора и в связи с этим ограниченные возможности применения их с ковшами большой емкости, более ограничено, чем транспортирование породы. Применение автосамосвалов большой грузоподъемности имеет меньше ограничений.

На рис. 166 показана зависимость производительности погрузки P от грузоподъемности автосамосвала при постоянной емкости ковша экскаватора $q_3 = 1 \text{ м}^3$ и длине тоннеля $L = 2000 \text{ м}$ и график изменения производительности погрузки в зависимости от емкости ковша экскаватора при длине тоннеля 2000 м и грузоподъемности автосамосвала 10 т . Как видно из графика, увеличение грузоподъемности автосамосвала способствует более быстрому росту производительности погрузки.

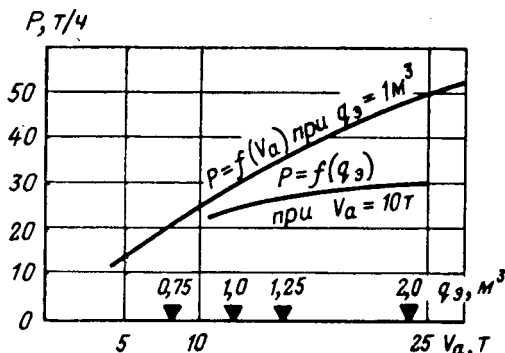


Рис. 166. Зависимость производительности погрузки от грузоподъемности автосамосвала и емкости ковша экскаватора ($L = 2000 \text{ м}$)

ности автосамосвала в зависимости от дальности транспортирования породы.

В табл. 50 приведены некоторые данные практики сооружения тоннелей при погрузке породы экскаваторами и транспортирование ее автосамосвалами. На рис. 167 представлена номограмма для определения необходимого числа автосамосвалов на один забой тоннеля в зависимости от расстояния транспортирования (от забоя до отвала породы) и времени загрузки породы в автосамосвал.

При погрузке породы фронтальными погрузчиками время загрузки автосамосвала может быть определено по той же методике, что и при погрузке экскаватором.

Т а б л и ц а

Емкость ковша экскаватора, м^3	Рекомендуемая грузоподъемность автосамосвала (т) при дальности транспортирования породы, км		
	до 1	до 3	более 3
0,5	3,5—5	7—10	10
0,75	5—7,5	7—10	14
1	7—10	10—14	14—20
2	14	20—27	27

Время на погрузку породы фронтальным грузчиком в автосамосвал

$$t_{\text{погр}} = \frac{1,1V_k \alpha t_{\text{ц}}}{\psi q_r \gamma_p}, \quad (26)$$

где ψ_r — коэффициент заполнения ковша грузчика, равный 0,8; q_r — емкость ковша грузчика, м³; $t_{\text{ц}}$ — продолжительность рабочего цикла погрузчика.

Продолжительность рабочего цикла погрузчика складывается из времени наполнения ковша, подъема его в транспортное положение, перемещения погрузчика к месту разгрузки, разгрузки ковша, возвращения погрузчика в забой, переключения скоростей и движения.

Т а б л и ц а 50

Наименование объекта строительства	Наименование выработки	Площадь сечения, м ²	Тип экскаватора и автосамосвала	Производительность погрузки, м ³ /ч	
				общая	без учета простоев
Ингури ГЭС	Штольня № 8	82,6	ЭП-1, КрАЗ-256	30	40
	Штрек Чегале	82,6	«Ландсверг» КЛ-260, КрАЗ-256	40	55
	Напорный тоннель № 6	82,6	ЭП-1, МАЗ-205	35	45
	Деривационный тоннель	82	ЭП-1, КрАЗ-256	55	—
Нурекская ГЭС	1-ый строительный тоннель, забой № 2с	78,3	ЭП-1, МАЗ-205	20	35
	1-й строительный тоннель, забой № 3с	73,2	Э-7515, МАЗ-205	20	25
	Транспортный тоннель	80	ЭП-1, МАЗ-205	23	40
Асуанская ГЭС	Основные тоннели	115	Э-1251, МАЗ-205	120 в смену	—
Чиркейская ГЭС	Автодорожный тоннель	65,6	Э-652, МАЗ-503	30	—
	Подводящий тоннель (верхний уступ)	54	Две машины ПНБ-3К, МАЗ-503	50	—

Продолжительность рабочего цикла погрузчиков в зависимости от емкости ковша изменяется: при емкости ковша до 2 м³ от 0, до 1 мин и при емкости 3—5 м³ от 1,0 до 1,2 мин.

Число автосамосвалов для обслуживания погрузчиков может быть определено так же, как экскаваторов.

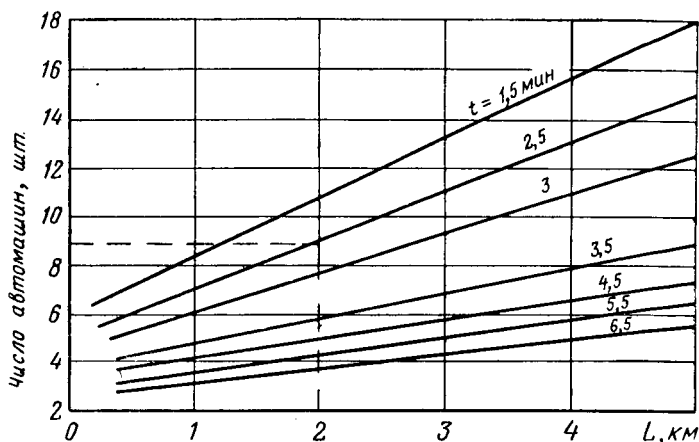


Рис. 167. Номограмма для определения количества автосамосвалов в зависимости от длины транспортирования L и времени загрузки одного автосамосвала $t_{\text{погр}}$

При погрузке породы погрузочными машинами типа ПНБ продолжительность загрузки автосамосвала определится согласно данным § 22, как

$$t_{\text{погр}} = \frac{1.1V_{\text{акр}}}{P_{\text{т}}}, \text{ мин}, \quad (2)$$

где $P_{\text{т}}$ — техническая производительность машины ПНБ,

$$P_{\text{т}} = ZnV_{\text{л}}, \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Погрузочные машины типа ПНБ применялись при сооружении ряда тоннелей. Данные по некоторым примерам приведены в табл. 51.

Т а б л и ц а

Наименование объекта строительства	Площадь сечения тоннеля, м ²	Расстояние транспортирования породы, км	Производительность погрузки породы машинам типа ПНБ, м ³ /ч	
			общая	без учета простоев
Чиркейская ГЭС	48,1	3,0	26	—
Нурекская ГЭС	52,5	—	20	30
Тактогульская ГЭС	37,4	1,0	23	45

Для погрузки и транспортирования породы при работе в нижнем уступе тоннеля применяются те же погрузочные и транспортные машины, что и при разработке верхнего уступа. Учитывая большую суммарную площадь сечения тоннеля при разработке нижнего уступа, погрузка породы в этих условиях экскаваторами более реальна.

§ 64. Временное крепление тоннелей

Временная крепь при сооружении тоннелей в основном выполняет функции ограждающей крепи, т. е. предохраняющей от возможных вывалов породы из кровли и боков тоннеля. В случае сооружения тоннеля в крепких монолитных породах с применением контурного взрывания шпуров и тщательной оборки породы после взрыва, учитывая ограниченное время нахождения тоннеля без постоянной обделки, временное крепление забоя тоннеля может не производиться. Возможность оставления тоннеля без временной крепи должна быть согласована с органами охраны труда и с горнотехнической инспекцией. В качестве временной крепи при сооружении тоннелей применяют металлическую арочную, штанговую и набрызгбетонную крепь (применение крепи из набрызгбетона см. в гл. VI).

Металлическую арочную крепь (рис. 168, а) обычно изготавливают из двутавровых балок 1 № 22—26. Элементы арки соединяются между собой с помощью накладок и болтов. Для обеспечения устойчивости арок они раскрепляются между собой с помощью межарочных связей в виде деревянных распорок 2 диаметром 18 см. Арки устанавливают в зависимости от устойчивости пород на расстоянии одна от другой 0,5—1,5 м. Пространство между арками затягивают деревянными или армоцементными затяжками (марчеванами) 3. Элементы арочной крепи устанавливают, начиная с боковых стен, с применением гидроподъемника типа МНТС. Недостатки крепи: значительная трудоемкость установки (затраты труда на 1 м тоннеля площадью сечения 80 м² достигают 4,2—4,5 чел-смен), высокая стоимость (стоимость крепления 1 м тоннеля площадью сечения 50 м² достигает 150 руб., а тоннеля площадью сечения 80 м² — 180 руб.), большой расход металла и затяжек. Эти недостатки сдерживают применение металлической арочной крепи.

Штанговая крепь (рис. 168, б) в настоящее время получает широкое применение в качестве временной крепи. На основании анализа различных конструкций штанговой крепи (см. § 35) можно признать, что наиболее перспективными являются железобетонные штанги, которые обеспечивают большую несущую способность, экономичность и антикоррозийность. Несколько сдерживается применение железобетонных штанг из-за усложненности работ при их установке по сравнению с металлическими штангами. Применение питателей для подачи раствора в скважины при установке железобетонных штанг снимает эти затруднения.

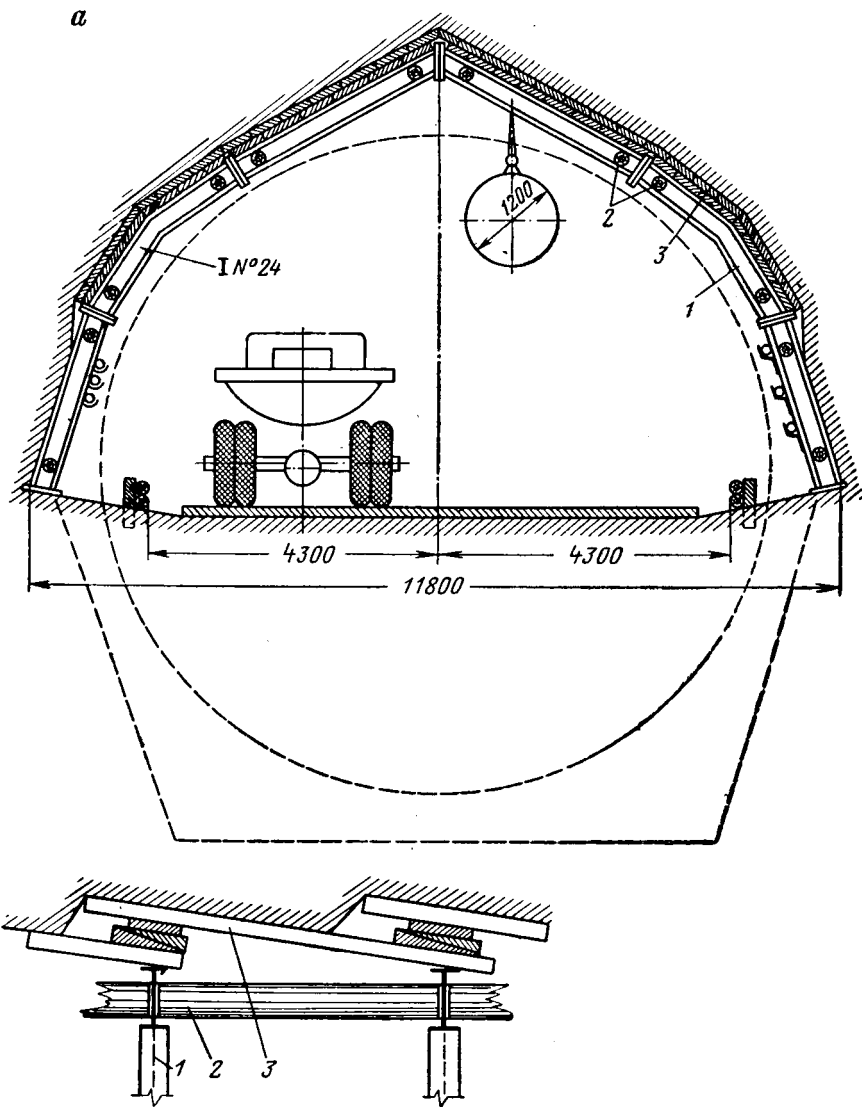


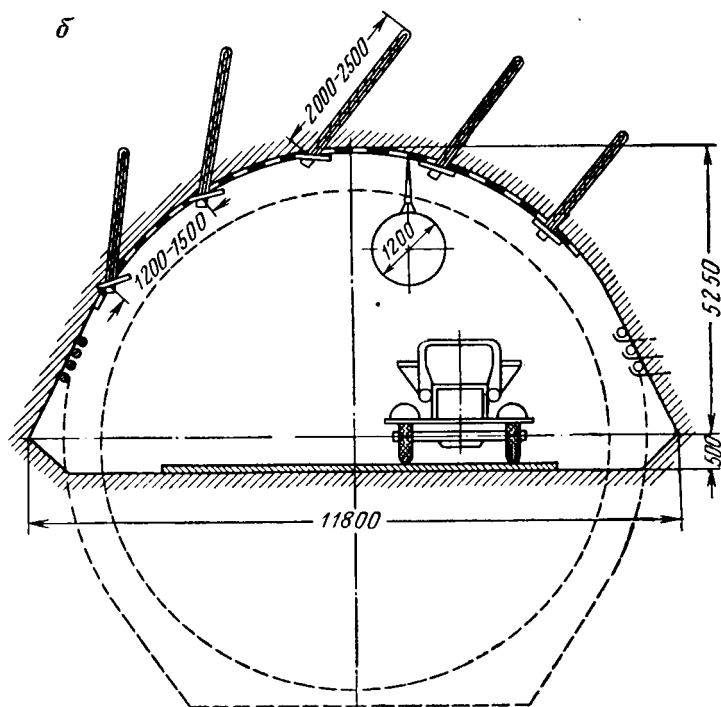
Рис. 168. Временная крепь верхнего уступа тоннелей

Наряду с применением железобетонных штанг можно признать перспективным применение полимерных штанг. Полимерные штанги стро приобретают прочность и надежно предохраняют породы расслоения.

При установке штанг бурение скважин можно осуществлять с верхних платформ буровых рам, а также с гидроподъемника типа ПТС, бурильными машинами на пневмоподдержках или с применением других приспособлений, рассмотренных в § 35.

За рубежом находят применение специальные буровые каретки для бурения скважин и установки в них штанг. Буровая каретка, обычно самоходная, оборудуется двумя автоподатчиками, имеющими параллельные оси и рабочую площадку со свободным перемещением в любом направлении и подъемом до 6—7 м. Один автоподатчик оборудуется бурильной машиной, а второй служит для размещения в скважине штанг. По окончании бурения скважины буровой автоподатчик отводится в сторону, а штанговый автоподатчик подводится к скважине, вводит и закрепляет в ней штангу (полимерную или металлическую).

Штанги устанавливают рядами. Расстояние между рядами и между штангами в ряду принимается 1,2—1,5 м. Длина штанг 2—5 м в зависимости от состояния пород кровли, диаметр 16—25 мм. В породах, склонных к обрушению в виде отдельных вывалов,



наряду со штанговой крепью применяется плетеная металлическая сетка из проволоки диаметром 6 мм, размером ячеек сетки 60 × 60 мм.

§ 65. Освещение и связь при сооружении тоннелей

В период сооружения тоннелей должно быть предусмотрено стационарное электрическое освещение. Напряжение в сети принимает не свыше 36 В для сырых тоннелей, 12 В на передвижных металлических подмостях, буровых рамах, опалубках и т. д.; не выше 127 В для сухих тоннелей. Напряжения для всех переносных ламп не более 12 В.

Возможно применение светильников РН-100 и РН-200 с лампами мощностью 100 и 200 Вт. Светильники подвешивают на высоте не менее 2,5 м от почвы тоннеля. Расстояние между светильниками изменяется в зависимости от площади сечения тоннеля: при площади сечения до 30 м² — через 8 м, при площади сечения до 70 м² — через 6 м. На буровых рамах можно устанавливать светильники РН-60-1 и РН-60-2 с лампами мощностью 60 Вт. В камерах большой площади сечения могут быть применены прожекторы заливающего света ПЗС-35 и ПЗС-45 с лампами мощностью 500—2000 Вт.

Линии связи должны выполняться из кабеля марки ТРШ ТМШК. Для связи абонентов диспетчерской сети с общестроительной телефонной станцией можно применять диспетчерскую станцию ИДС системы ЦБ на 20 номеров.

§ 66. Возведение обделки тоннелей

Длительные сроки службы тоннелей и высокие эксплуатационные требования к ним определяют выбор конструкции обделки. Обделка должна обеспечить полное восприятие давления со стороны горных пород и напора воды изнутри в гидротехнических тоннелях эксплуатации без ремонта в течение установленного срока, коррозийную стойкость, водонепроницаемость и экономичность. Конструкция обделки также должна создавать условия для возможной полной механизации всех основных операций при ее возведении и не сдерживать скорости сооружения тоннеля в целом. При проектировании конструкции обделки необходимо также учитывать форму сечения тоннелей, способ проходческих работ при их сооружении и др.

Весьма важное значение имеет также сохранение первоначального состояния пород в процессе сооружения тоннеля, предотвращение чрезмерной деформации непосредственно окружающих тоннель пород (образование трещин в породах, разуплотнение их и т. п.). При сооружении тоннелей буровзрывным способом, учитывая ударное воздействие взрывных волн, вызывающих нарушение зоны порк прилегающих к тоннелю, необходимо обязательно применять многосерийное и контурное взрывание, а для особо ответственных выработок — предварительное щелеобразование.

Применение проходческих комбайнов при сооружении тоннелей позволит создать более благоприятные условия для возведения целки тоннелей и даже возможно облегчить ее конструкцию.

Ниже рассматривается производство работ по возведению различных конструкций обделки, принятых в практике сооружения тунелей. В настоящее время наиболее широкое применение нашли эдующие типы обделки: из монолитного бетона, комбинированные зборные.

Возведение обделки из сборных элементов в виде железобетонных оков и тюбингов, металлических тюбингов рассматривается в § 77.

зведение монолитной бетонной обделки

эолитная бетонная обделка тоннеля может быть выполнена из брызгбетона, обычного бетона, прессованного бетона. Возведение делки из прессованного бетона рассматривается в § 77.

Обделка из набрызгбетона применяется в прочных однородных родах, не имеющих явно выраженных нарушений в виде трещин, цельностей и заколов, в породах сухих или слабо влажных без но выраженных течей воды из трещин.

Обделка из обычного монолитного бетона имеет широкое при- нение в породах хотя и однородных, но с часто меняющейся струк- рой, в явно выраженными геологическими нарушениями, а также зменяющимися физико-механическими свойствами.

Рассмотрим производство работ по возведению этих разновид- стей бетонных обделок.

Н а б р ы з г б е т о н н а я о б д е л к а. Обделка выработок набрызгбетона должна возводиться в непосредственной близости забоя. Слой набрызгбетона необходимо наносить возможно бы- рее, сразу же после взрывных работ и оборки породы. Для бы- рейшего приобретения набрызгбетоном прочности необходимо вво- ть в его состав добавки-ускорители. Состав набрызгбетона может ть принят аналогично указанному в § 37.

Для панесения набрызгбетона в тоннелях целесообразно примене- е специальных установок. На рис. 169, *а* показана установка М-2, обеспечивающая комплексную увязку всех работ по при- нению набрызгбетона. Установка включает: шнековый перегру- ный механизм 1 с бункером емкостью 2 м³ сухой смеси, машину 2 па БМ-68 для набрызгбетона, телескопическую стрелу 3, подвиж- ю направляющую 4, привод направляющий 5 и сопло 6.

Техническая характеристика установки УСМ-2

Производительность в смену, м ³ :	
по сухой смеси	20
по набрызгбетону	12,5
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	10
Основные размеры в транспортном положении, м:	
длина	11,3
ширина	2,5
высота	3,9
Масса, т	14

Площадь обрабатываемой поверхности тоннеля с одной позиции установки, м² 80—180
 Численность обслуживающего персонала, человек 2

Установка УСМ-2 успешно работала при строительстве тоннеля Жинвальской ГЭС.

Установка для набрызгбетона на гусеничной тележке показана на рис. 169, б, она имеет привод 1, подъемную стрелу 2, кабину оператора 3, стрелу манипулятора 4 и сопло 5.

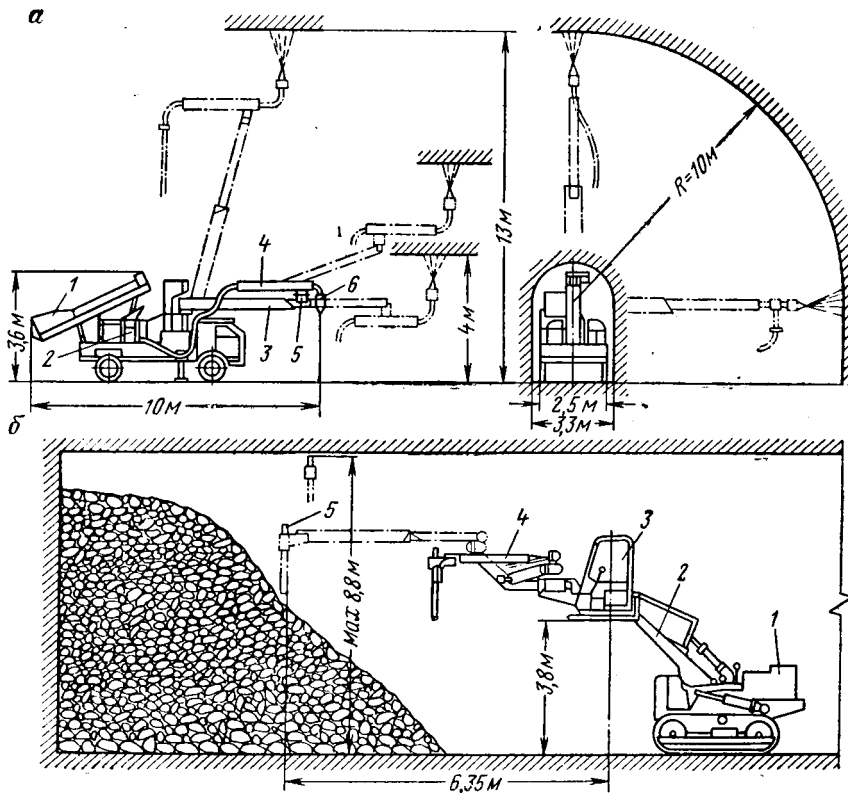


Рис. 169. Установки для нанесения набрызгбетона

Монолитная бетонная обделка. Состав бетонной смеси для монолитной обделки тоннеля может быть принят аналогично указанному в § 36. При сооружении выработок больш сечений применяется только механизированная укладка бетонной смеси, поэтому бетонная смесь должна иметь $V : Ц = 0,5 \div 0,8$, расход цемента 280—320 кг, максимальную крупность заполнителя 40 мм, осадку конуса 6—8 см, время твердения 2—5 ч.

Оборудование для приготовления бетонной смеси принимает в зависимости от объема и разбросанности работ на сооружаемом объекте. Возможны следующие решения: стационарный центральный

тонный завод; стационарный или передвижной бетонный завод портала тоннеля; бетонорастворные узлы, располагаемые в выработке. При большом объеме горно-строительных работ (практика строительства ГЭС) наибольшее распространение получили центральные бетонные заводы, обеспечивающие интенсивное и качественное приготовление бетонной смеси. При этом бетонный завод обслуживает строительство ряда объектов, что снижает стоимость сварного бетона и др. Однако при центральном бетонном заводе возникают трудности с доставкой бетонной смеси на объекты строительства, которые должны быть в этом случае расположены возможно близко от завода, а также необходимость иметь хорошие дороги, что в условиях гористой местности может вызвать дополнительные затруднения.

Расположение бетонного завода возле портала тоннеля позволяет резко сократить дальность перевозки бетонной смеси и применять бетон с небольшим сроком схватывания. К недостаткам этого типа заводов необходимо отнести большую стоимость бетонной смеси по сравнению с бетонной смесью, полученной на центральном бетонном заводе, невысокую производительность (10—15 м³/ч), большие накладные расходы и расходы по обслуживанию.

Расположение бетонорастворных узлов непосредственно в тоннелях целесообразно при их значительной протяженности (3—4 км) площади сечения более 50 м². Преимущество такого расположения бетонорастворных узлов заключается в возможности применять бетоны с равным сроком схватывания, недостатки — малая производительность (5—7 м³/ч), ряд организационных сложностей (доставка и хранение материалов, недостаточная точность дозировки др.).

Доставка бетонной смеси обычно увязывается со способом транспортирования породы из забоя. Так, применяемые для вывоза породы ленточные самосвалы могут быть использованы и для доставки бетонной смеси. Здесь необходимо лишь учитывать продолжительность доставки, которая не должна превышать укладочного срока бетона. Предельная продолжительность доставки бетонной смеси при применении цементов с началом схватывания не более 1 ч может быть принята для южных районов не более 30 мин и северных — до 60 мин. Это положение ограничивает расстояние доставки бетонной смеси ленточными самосвалами до 3—4 км. При большем расстоянии применяются автобетоносмесители, автобетоновозы и бетоновозы, смонтированные на рельсовом ходу.

Автобетоносмесители по принципу приготовления бетонной смеси можно подразделить на два типа: с гравитационным и принудительным перемешиванием. Автобетоносмесители с гравитационным перемешиванием применяют главным образом для приготовления пластичных бетонных смесей с осадкой конуса более 5—6 см. Автобетоносмесители с принудительным перемешиванием обеспечивают возможность приготовления жестких бетонных смесей. Техническая характеристика автобетоносмесителей, выпускаемых отечественными заводами, приведена в табл. 52.

Т а б л и ц а

Показатели	Тип автобетоносмесителя	
	С-1036	С-942
Геометрический объем барабана, м ³	6,1	5,9
Объем бетонной смеси за один замес, м ³	2—2,5	3,2
Угол наклона оси барабана, градус	15	18
Частота вращения барабана, об/мин:		
при погрузке и перемешивании	8,5—12	9,15—14
при выгрузке	6—8,5	5,1—9
Продолжительность перемешивания бетонной смеси, мин	15—20	15
Продолжительность выгрузки бетонной смеси без барабана, мин	15	15
Максимальная скорость передвижения, км/ч	50	60
Масса, т	3,3	13,3
Установочная база	Шасси МАЗ-503	Шасси КраЗ-258

При сооружении тоннелей с применением рельсового транспорта бетоновозы монтируются на колесных скатах. Большинство бетоновозов перемешивает бетонную смесь на месте ее укладки.

В настоящее время разработан передвижной бетоносмеситель для тоннельных работ, обеспечивающий доставку, вторичное перемешивание или приготовление бетонной смеси.

Техническая характеристика бетоносмесителя

Емкость по выходу бетонной смеси, м ³	2,5
Геометрическая емкость барабана, м ³	3,4
Мощность двигателя, кВт	13
Основные размеры, м:	
длина	4,8
ширина	13,5
высота	1,9
Масса, т	4,45

Укладка бетонной смеси может быть осуществлена при помощи пневмобетоноукладчиков и бетононасосов.

Пневмобетоноукладчики отличаются большой простотой конструкции и надежностью при эксплуатации, когда к бетону не предъявляются повышенные требования по плотности, однородности и водонепроницаемости, т. е. при бетонировании тоннелей, работающих в безнапорном режиме и малой скорости потока, а так же в строительных тоннелях. Пневмобетоноукладчики нецелесообразно применять при бетонировании густоармированных конструкций в

Показатели	Тип пневмобетонукладчика		
	ПБУ-300	ПБУ-500	ПБУ-800
производительность, м ³ /ч	3	15	24
дальность транспортирования, м:			
по горизонтали	200	200	200
по вертикали	35	35	35
диаметр бетоновода, мм	150	150	150—180
рекомендуемая осадка конуса, см	7—9	7—9	7—9
максимальная крупность заполнителя, мм	45	45	60
емкость камеры, м ³	0,3	0,5	0,8
основные размеры, мм:			
длина	1380	1800	1890
ширина	1050	1800	2450
высота	1820	2000	2430

рных тоннелях и в тоннелях при наличии облицовки из металлической обечайки. Техническая характеристика наиболее широко применяемых пневмобетонукладчиков приведена в табл. 53.

Бетононасосы по принципу работы подразделяются на поршневые насосы типа СБ) и работающие по методу продавливания бетонной смеси (насос «Сквизинг», ФРГ). Бетононасосы могут быть рекомендованы при возведении бетонной обделки в тоннелях, требующих высшего качества бетона, т. е. в напорных тоннелях с густомированной обделкой или с обделкой при наличии металлической обечайки. Техническая характеристика бетононасосов приведена в табл. 54.

На рис. 170 показана схема самоходного перегружателя бетонной смеси из автосамосвала в пневмобетонукладчик. Перегружатель смонтирован на гусеничной тележке 1, на которой размещаются воздушный ресивер 2 и два пневмобетонукладчика 3 типа ПБУ-500. Бетонная смесь из автосамосвала перегружается в скип 4 емкостью 1 м³. Скип имеет желоб 5, а рама его — катки 6. При выходе скипа по наклонным направляющим 7 на рабочую площадку 8 он опрокидывается и выгружает бетонную смесь в пневмобетонукладчики. Наличие двух пневмобетонукладчиков позволяет одновременно производить подачу бетонной смеси по обе стороны тоннеля. Самоходный перегружатель был применен при бетонировании ступеней нижнего уступа отводящего тоннеля Ингури ГЭС.

Для возведения обделки при сооружении тоннелей применяют различные конструкции опалубки: переставные, сборно-разборные бинговые и передвижные механизированные (одно- и многосекционные).

Переставная опалубка (рис. 171) состоит из двух секций длиной 3 м. Секция включает кружальные арки, устанавливаемые через 1 м. Каждая арка состоит из двух стеновых и одного сводового элементов, сборной деревянной палубы и установочных рашпанов. Уста-

новка опалубки на месте производится на опорных брусках на в ровненной почве тоннеля. Отрыв опалубки от бетона производит при помощи трех винтовых домкратов 1 и фаркопа 2. Перемещен опалубки на новую позицию осуществляется по опорным брусья при помощи лебедок. Подобная конструкция опалубки была принята при сооружении гидротехнического тоннеля Коршуновского ГОУ площадью сечения 40 м². Масса опалубки 21,7 т. Сложность пер движки и трудность достижения правильности установки опалубки

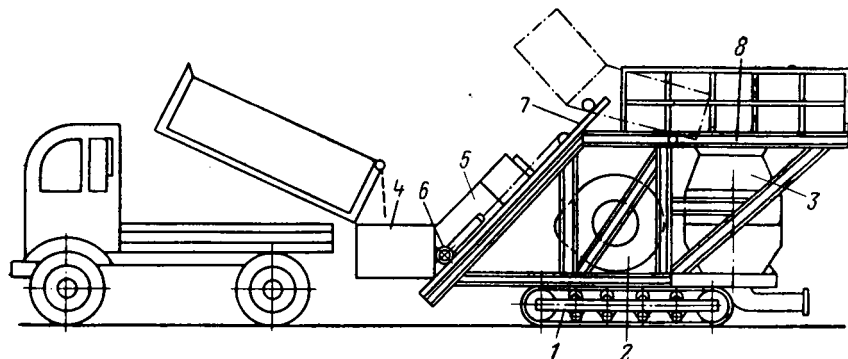


Рис. 170. Самоходный перегружатель бетонной смеси

в рабочее положение не обеспечивают ей достаточного применения на практике, особенно при сооружении тоннелей значительной протяженности. Затраты труда на монтаж и демонтаж опалубки достигают 13—17 чел-ч на 1 м, а затраты времени на эти работы — 3,5—5 ч. При установке опалубки допускается отклонение от проекта не более $\pm 2,5$ см.

Сборно-разборная тубинговая опалубка ОМТ-1 (рис. 172) применялась при возведении обделки верхнего уступа водоподводящего тоннеля Асуанской ГЭС. Опалубка состояла из 15 тубингов, в том числе: двух опорных 1, десяти нормальных 2, двух смежных 3 и одного замкового 4. Тубинги сварные стальные, коробчатого сечения с ребрами жесткости, соединяемые между собой болтами. Для отрыва тубингов от бетона в них смонтированы винтовые домкраты 5 с руколовкой — площадкой заподлицо с наружной поверхностью тубинга. Ширина кольца тубингов 1,5 м. В один комплект опалубки входит девять колец: восемь колец образовывали бетонизируемый блок длиной 12 м и одно кольцо перекрывало ранее уложенный бетон. Длина секции опалубки 13,5 м.

Монтаж опалубки и ее разборку осуществляли при помощи эректора 6, смонтированного на самоходной порталной тележке перемещающейся по рельсовым путям 8. Эректор может перемещаться по порталу в поперечном направлении. Рука 9 эректора поворотная и имеет возможность телескопически удлиняться. Монтаж тубинговой опалубки начинается с установки опорных тубингов, которые укладываются на выровненную бетонную дорожку 10. Опорные

Показатели	Тип бетононасоса				
	СБ-68	СБ-9	СБ-7	«Сквилинг»	
				А	В
Производительность, м ³ /ч	5	10	40	4 ÷ 20	6 ÷ 45
Дальность транспортирования, м:					
по горизонтали	100	250	250	150	45
по вертикали	10	40	30	200	70
Диаметр трубопровода, мм	150	150	290	75—115	100—115
Максимальная крупность заполнителя, мм	40	40	120	30	38
Мощность двигателя, кВт	11	17	60	60—80 л. с.	80 л. с.
Основные размеры, м:					
длина	3,0	2,46	5,94	4—5,2	4,6—8,4
ширина	0,83	1,35	2,0	1—2,3	1,5—2,3
высота	1,0	1,7	3,17	1,5—2,3	1,7—3,6
Масса, т	1,05	2,84	12,0	3,3—7,5	5,9—10,2

тубинги в проектном положении закрепляются при помощи вертикальных домкратов 11, а для исключения смещения опалубки — дополнительно анкерами 12. Арматурный каркас 13 закрепляется анкерами в бетонной подготовке 14. Далее при помощи эректора устанавливаются нормальные и другие тубинги, которые одновременно сболчиваются между собой.

К недостаткам опалубки из тубингов необходимо отнести: сложное механическое оснащение, большую массу опалубки (до 350 кг/м²), значительный расход времени на перестановку опалубки (перестановка одного кольца опалубки занимает 5—7 ч) и большое число рабочих-монтажников (4—5 человек на кольцо).

В настоящее время находят применение механизированные передвижные опалубки, состоящие из одной или нескольких секций. При односекционных опалубках бетон выдерживается в опалубке последовательно с основными операциями по бетонированию. При использовании многосекционных опалубок бетон выдерживается в опалубке параллельно с основными операциями по бетонированию, т. е. многосекционные опалубки могут быть отнесены к группе проносных опалубок.

Механизированная односекционная передвижная опалубка (рис. 173) обычно имеет длину 6—6,2 м и состоит из четырех основных элементов: порталной рамы-перестановщика 1, верхней секции опалубки 2 и двух боковых секций 3. Портальная рама-перестановщик воспринимает все нагрузки при бетонировании и служит для передвижки опалубки на новую позицию. Давление на перестановщик от верхней секции опалубки передается через четыре опорных домкрата 4, а от боковых секций — через четыре домкрата 5. Верхняя

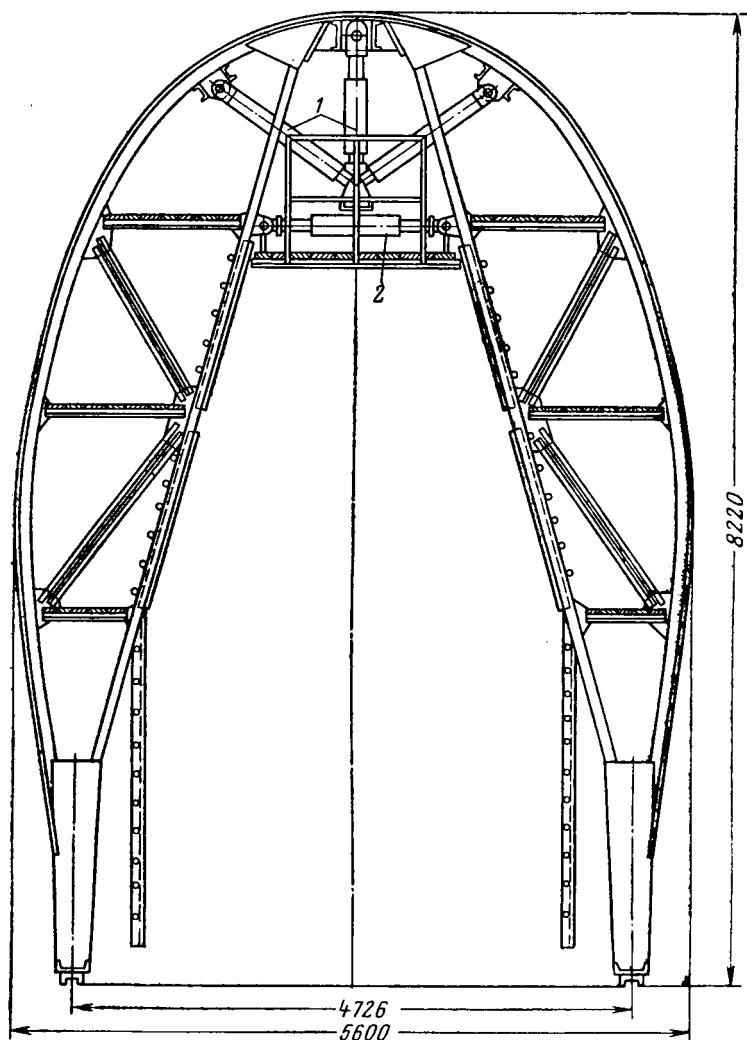
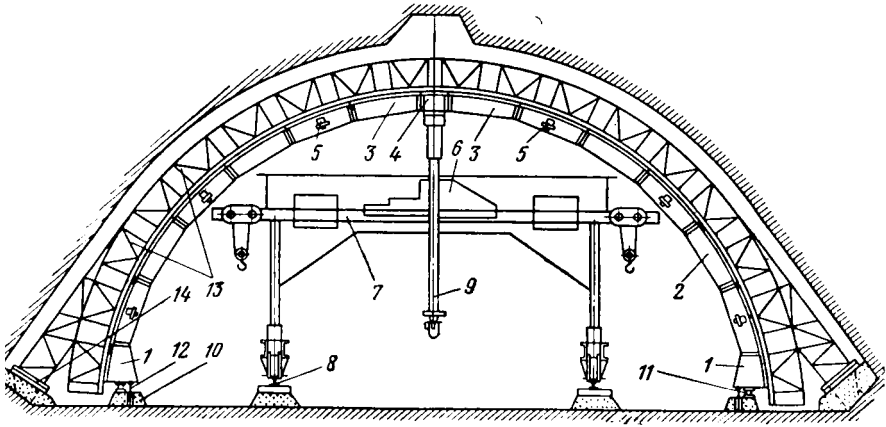


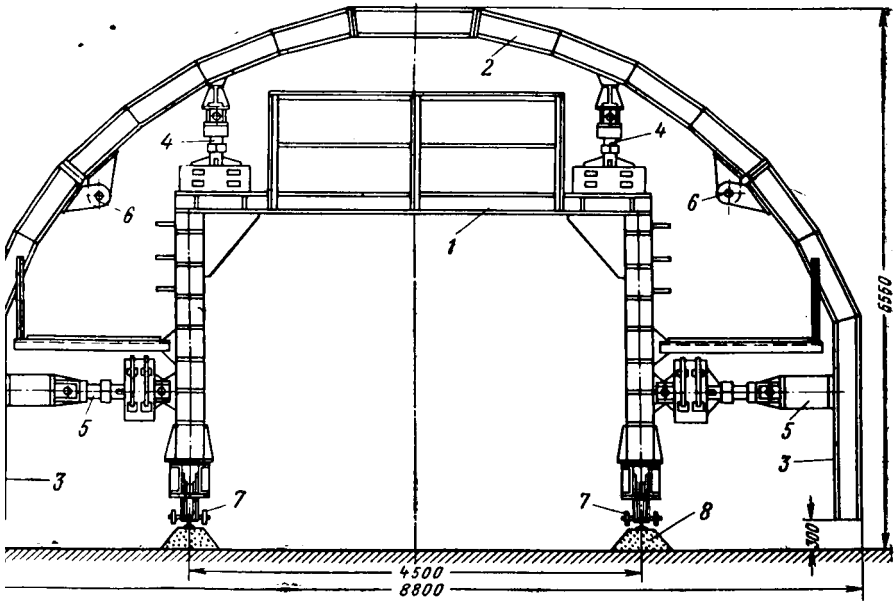
Рис. 171. Переставная опалубка

и боковые секции соединены между собой шарнирами 6. Для закрепления перестановщика при отрыве опалубки служат захваты, установленные на вертикальных стойках портальной рамы. В транспортном положении верхняя секция опалубки опускается при помощи домкратов 4 на 10—12 см, а боковые секции стягиваются домкратами 5 на 15—20 см. Портальная рама-перестановщик устанавливается на рельсовом пути, уложенном на бетонной подготовке 8.

Установка опалубки на новую позицию производится под наблюдением маркшейдера точно по отметкам как в плане, так и в профиле.



с. 172. Сборно-разборная опалубка



с. 173. Односекционная механизированная опалубка

Портальная рама вместе с опалубкой перемещается при помощи лебедки или специального двигателя, смонтированных на пересновщике.

На месте установки при помощи домкратов 4 поднимается в рабочее положение верхняя секция опалубки, а затем домкратам устанавливаются боковые секции. После проверки расположения опалубки устанавливают торцовую опалубку. Торцовую опалубку

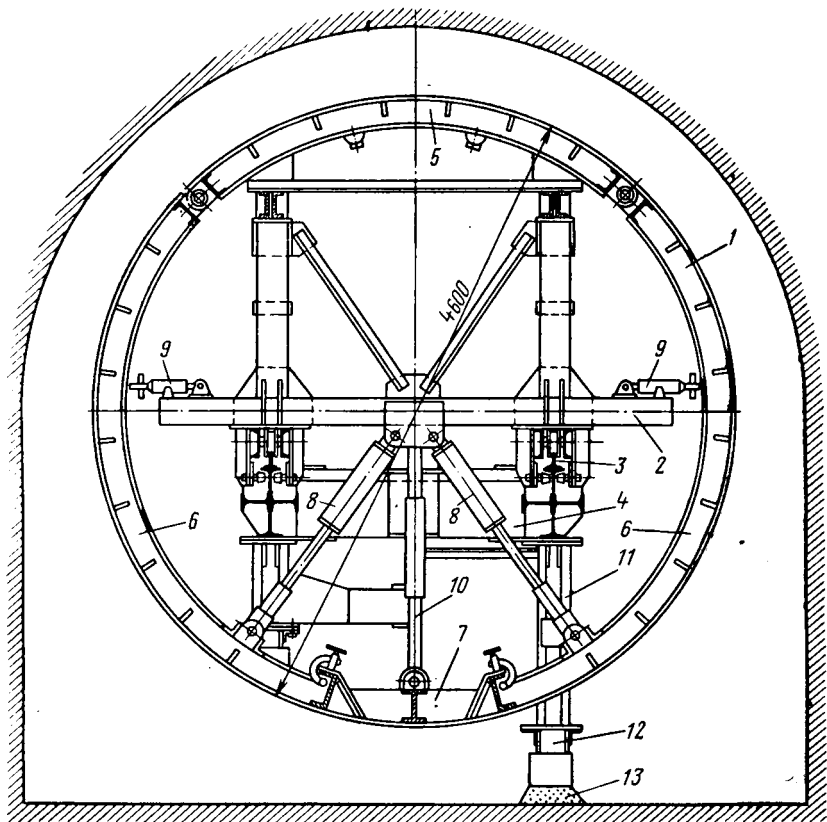


Рис. 174. Односекционная передвижная шагающая опалубка

принимают в виде сетки с ячейками 5×5 мм и закрепляют анкера в боках тоннеля. После этого приступают к бетонированию. Бетонирование ведут с обеих сторон одновременно с опережением с одной стороны не более 0,5 м по высоте. Для подачи бетонной смеси опалубку в ней предусматриваются люки с откидными створками. Площадь сечения люков изменяется от 0,5 до 0,7 м². По длине секции опалубки в 6 м располагается 12—14 люков. По мере бетонирования люки закрывают створками. Для обеспечения плотности бетона применяют вибраторы глубинного типа. Замок свода бетонируют с торца.

После выстойки бетона опалубка отрывается от него в следующем порядке: в первую очередь снимается торцовая опалубка, далее и помощи боковых домкратов поочередно отрываются боковые щиты и затем верхняя секция. После опускания верхней секции опалубка передвигается на новую заходку.

При сооружении тоннелей круглого сечения возможно применение передвижной односекционной опалубки шагающего типа (рис. 174). Каркас опалубки 1 оборудован тележками 2, которые катываются по рельсам 3, смонтированным на опорном мосту 4. Основание опалубки состоит из четырех частей: верхней 5, шарнирно с ней связанных двух боковых частей 6 и замковой части 7. Боковые части устанавливаются в рабочее положение при помощи домкратов 8, укрепленных шарнирно на каркасе опалубки. Эти домкраты также служат для отрыва боковых частей опалубки от бетона. Положение боковых частей фиксируется винтовыми упорами 9. Замковая часть 7 при помощи домкрата 10 может быть поднята вверх (или опущена) на 40—50 см. Опорный мост 4 опалубки представляет собой мост с двумя порталами 11, имеющими гидравлические домкраты 12, помощью которых они опираются на бетонные опоры 13 на почве неустойчивости. Длина опорного моста принимается равной двойной длине секции опалубки.

Схема производства работ при применении шагающей опалубки показана на рис. 175. Полный цикл работ состоит из трех основных стадий.

Стадия I — бетонирование тоннеля. Опалубка находится в рабочем положении. Боковые части опалубки развернуты, а замковая часть занимает крайнее нижнее положение. Тележка каркаса опалубки полностью опирается роликами на опорный мост 2.

Стадия II — бетонирование закончено. Опалубка находится в прежнем положении. Производится выдержка бетона. Гидродомкраты 3 порталов опорного моста выключаются, т. е. освобождаются от нагрузки. Опорный мост опускается и ложится на рольганги тележки 1 каркаса опалубки. Опорный мост, освобожденный от нагрузки, передвигается вперед при помощи лебедки на длину секции опалубки. После передвижки моста гидродомкраты 3 порталов вводятся в рабочее положение, и опорный мост вновь поддерживает каркас опалубки, т. е. ролики 4 тележки каркаса опалубки опираются на рельсы 5 опорного моста.

Стадия III — после выдержки бетона производится отрыв опалубки. При помощи гидродомкрата 6 поднимается замковая часть опалубки на высоту 40—50 см, а затем домкратами 7 сводятся боковые части. Опорные домкраты порталов опускаются на 6—10 см, в результате чего отрывается верхняя часть опалубки. После освобождения опалубки она перекачивается и устанавливается в новое положение. Домкратами 7 боковые части опалубки разводятся, замковая часть опускается, опорные домкраты порталов моста поднимаются и верхняя часть опалубки занимает рабочее положение. Далее цикл работ повторяется.

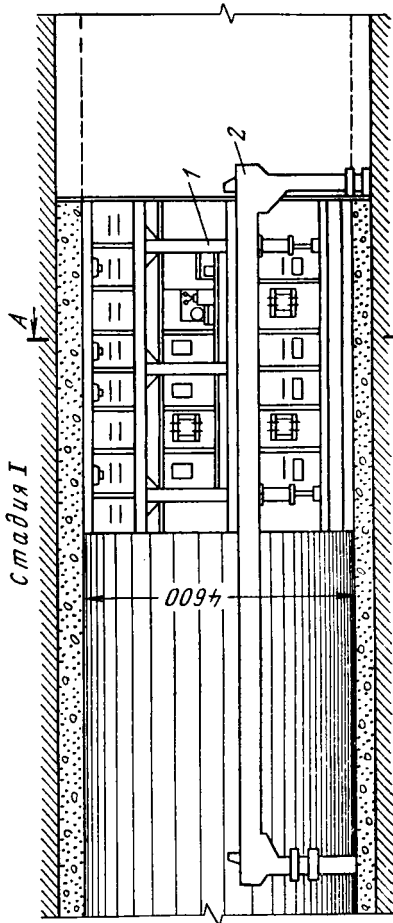
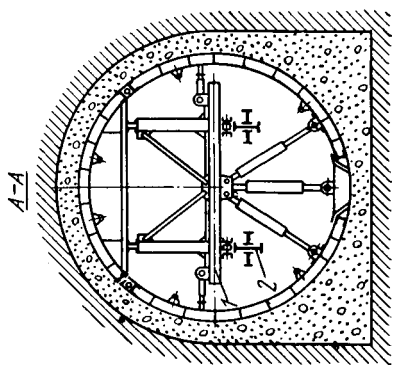
Опалубка впервые была запроектирована для бетонирования напорного участка Дангаринского гидротехнического тоннеля диаметром 4,6 м. Длина опалубки была принята 6 м, масса 23 т.

На рис. 176 показана передвижная многосекционная опалубка. Полный комплект такой опалубки включает одну тележку передвижения 1 и три секции опалубки 2. Длина каждой секции 6 м, общая длина опалубки 18 м. Секция опалубки состоит из верхней части 3 и боковых частей 4, связанных между собой шарнирами 5. Опускание и подъем верхней части опалубки осуществляются вертикальными гидродомкратами 6, а боковых — гидродомкратами 7.

Многосекционная опалубка не получила достаточного распространения на практике, так как требует больших затрат времени на монтаж и демонтаж отдельных секций и более сложна в конструкции по сравнению с односекционной опалубкой.

Многосекционная опалубка обеспечивает возможность непрерывного бетонирования, что способствует повышению общей скорости сооружения тоннеля. При применении односекционных опалубок для получения высоких скоростей бетонирования наряду с сокращением сроков распалубки целесообразно увеличение длины секций до 15 м.

Схема передвижной опалубки для бетонирования стен тоннеля показана на рис. 177. Опалубка имеет порталный мост 1, перемещающийся по рельсовому пути. На мосту установлены две передвижные тележки 2 с рычажными гидрозакватами 3, служащими для перестановки секций опалубки и



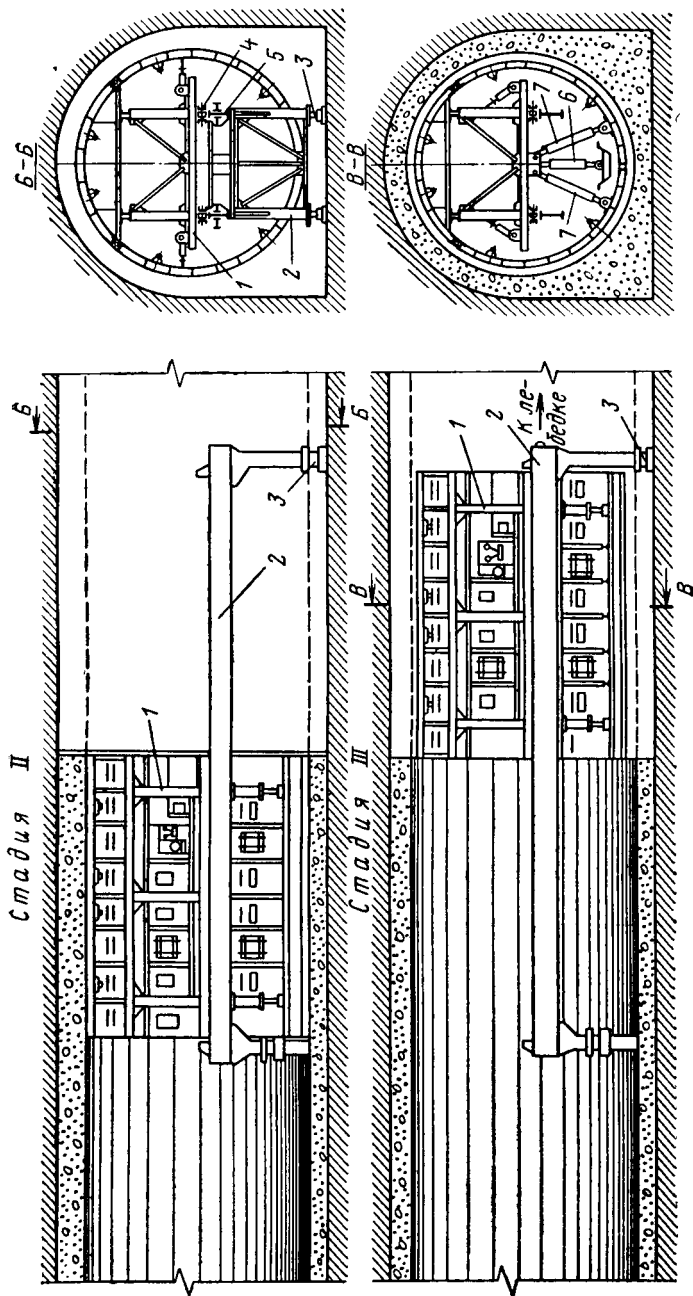


Рис. 175. Схема производства работ при применении шагающей опалубки

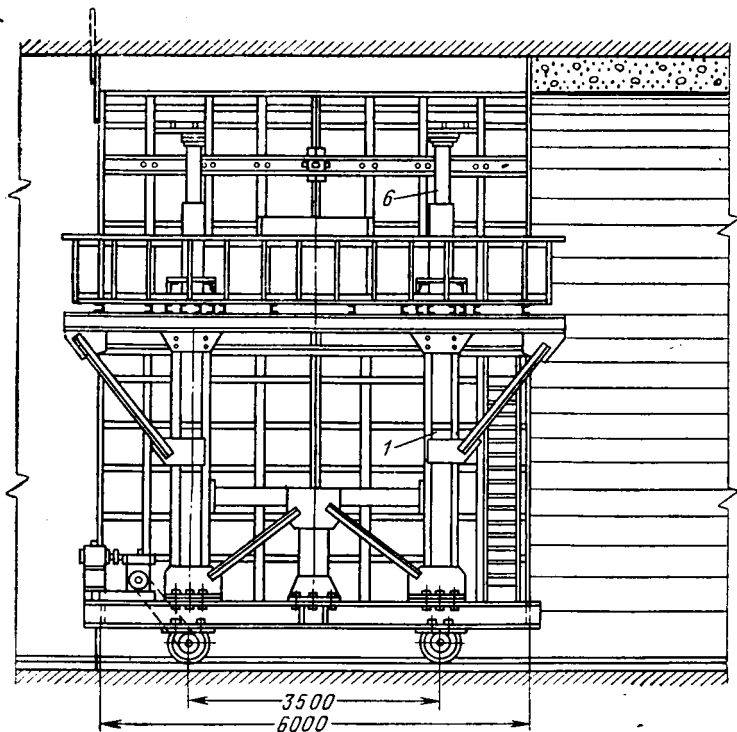
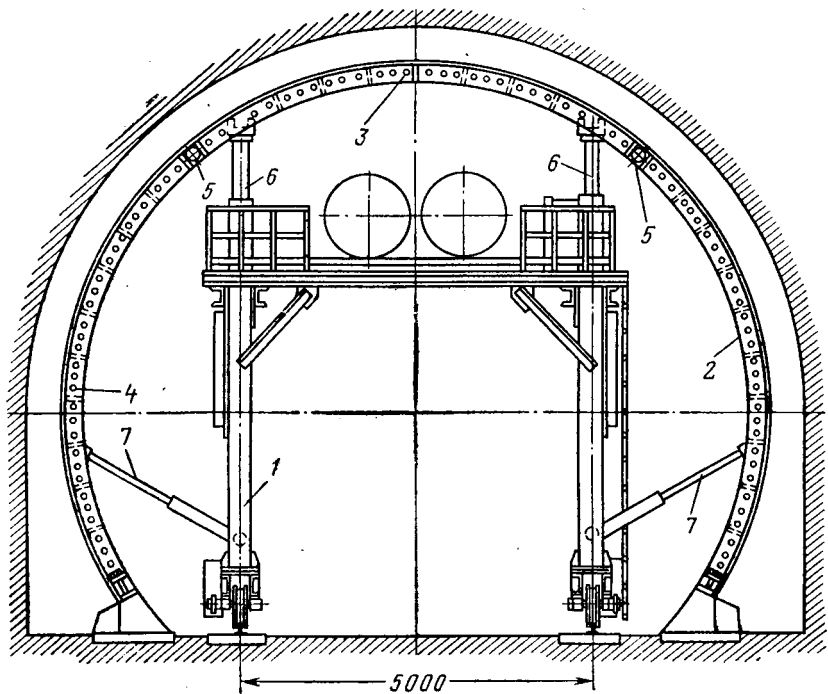


Рис. 176. Передвижная многосекционная опалубка

Рис. 177. Передвижная опалубка для бетонирования стен тоннеля

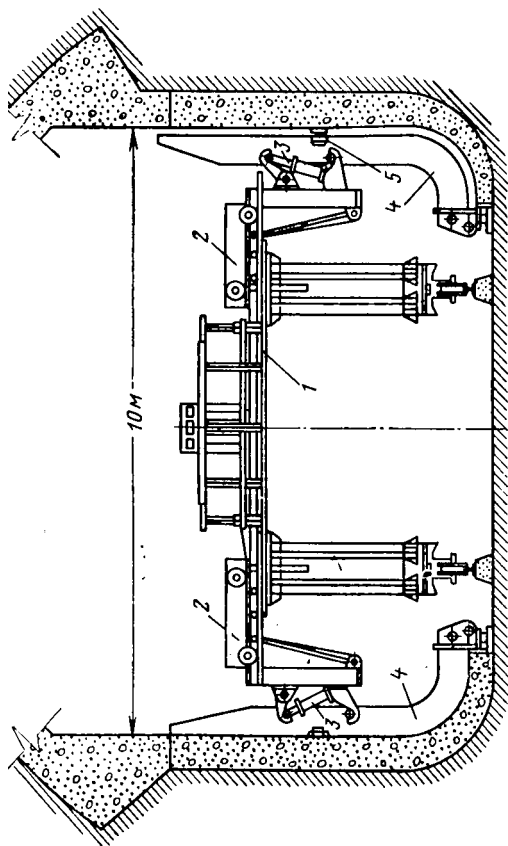
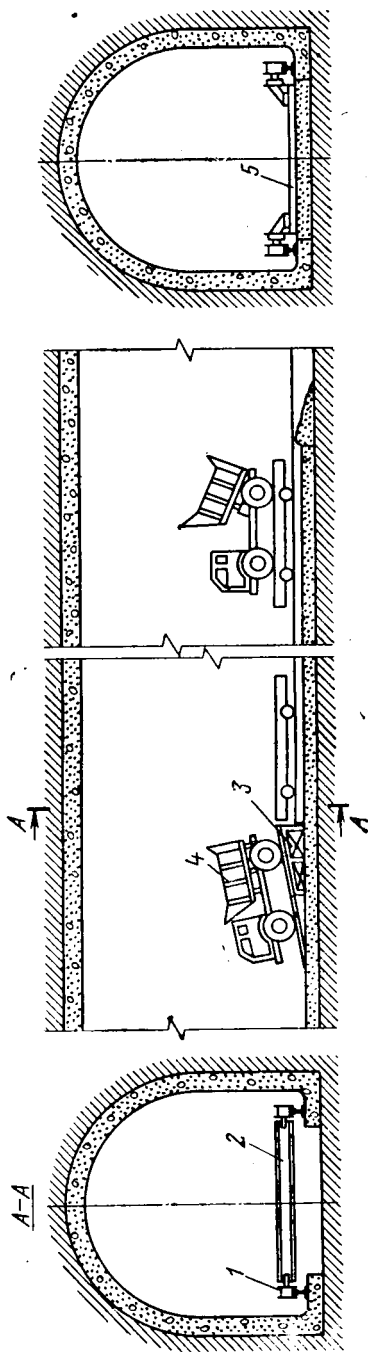


Рис. 178. Схема бетонирования лотка тоннеля



установки их в заданном рабочем положении. Операции по снятию опалубки выполняются в следующем порядке: порталный мост устанавливается напротив секции опалубки и рычаги гидрозамка накладываются на захватные оси каркаса опалубки 4, далее включается система гидроотрыва 5 опалубки и секция захватам поднимается и устанавливается в транспортное положение. Длина одной секции опалубки 6 м.

Бетонирование лотка тоннеля обычно производится после ведения свода и стен тоннеля. Схема бетонирования лотка тоннеля показана на рис. 178. На бетонное основание стен тоннеля накладывается рельсовый путь 1, по которому перемещается самоходная тележка 2. Через въездную эстакаду 3 автосамосвал 4 с бетонной смесью наезжает на самоходную тележку и доставляет к месту бетонирования. Укладка бетонной смеси производится путем опускания кузова автосамосвала и выравнивания ее шаблоном также перемещающимся по рельсовым направляющим.

Обобщая практику применения различных конструкций опалубки при сооружении тоннелей, можно сделать следующие выводы:

переставные опалубки, учитывая значительные затраты труда и времени на их монтаж и демонтаж, могут применяться только в тоннелях ограниченной длины и сечения и в тоннелях вспомогательного назначения;

сборно-разборная тубинговая опалубка может быть применена при значительной толщине отделки из бетона и особенно железобетона и в большом пролете тоннеля (например, тоннели Асуанского ГЭС имели толщину железобетонной отделки 1 м и пролет тоннеля 15 м);

передвижные механизированные опалубки наиболее универсальны и могут быть использованы при сооружении тоннелей различных форм и сечений и особенно при значительной их длине и тяжести.

Возведение комбинированной отделки

Комбинированные отделки могут иметь следующие конструктивные решения: а) набрызгбетонная отделка в сочетании со штангами. Набрызгбетон наносится или непосредственно на поверхность тоннеля, или по металлической сетке, закрепляемой штангами; б) приварительно-напряженные анкера в сочетании с набрызгбетоном, наносимым по металлической сетке; в) монолитный бетон в комбинации с арматурно-опалубочными панелями и иногда дополнительно с набрызгбетоном, наносимым на панели (отделка системы Бонльда).

Рассмотрим производство работ по возведению указанных разновидностей комбинированных отделок.

Отделка из набрызгбетона в сочетании со штангами. Этот вид комбинированной отделки подкрепляется, иногда применяемой в качестве временной (см. § 64). Обычно длина штанг принимается 2—3 м, а расстояние между ними в про-

между рядами 1,2—1,5 м. Арматурная сетка может быть принята размерами ячеек 6 × 6 и 7 × 7 см при толщине проволоки 4—м. Толщину покрытия набрызгбетоном обычно принимают 10—см. В зависимости от горно-геологических условий несущую способность обделки можно изменять путем изменения длины штанг и расстояния между ними, толщины набрызгбетона и конструкции.

В породах достаточно прочных набрызгбетон можно наносить после установки штанг. В породах менее устойчивых и трещиноватых более целесообразно в первую очередь наносить тонким слоем (около 1 м) набрызгбетон, а затем устанавливать штанги. Если предусмотрено наличие металлической сетки, то к штангам прикрепляется сетка, а далее с отставанием во времени на 3—5 сут после нанесения этого слоя наносится второй слой набрызгбетона до проектной толщины обделки. Такая последовательность возведения обделки позволит учесть первоначальное смещение породы кровли с частичным восприятием нагрузки штангами, а уже после известной стабилизации породного массива усилить обделку вторым слоем набрызгбетона. Оборудование для установки штанг и нанесения набрызгбетона может быть принято согласно § 37.

За рубежом в качестве набрызгбетона известно применение так называемый проволочный сталобетон, наносимый методом набрызга. Сталобетон представляет собой бетонную смесь, имеющую следующий состав по массе: 1 : 2,4 : 0,4 : 0,25 : 0,15 (цемент марки 350—450, песок крупностью 0—5 мм, вода, отрезки стальной проволоки диаметром 0,15—0,25 мм и длиной 1,5—2,5 см и пластифицированная добавка). Вследствие наличия отрезков стальной проволоки увеличивается прочность наносимого покрытия (до 300% сравнению с обычным бетоном), повышается водонепроницаемость бетона, ограничивается отскок и распространение усадочных трещин.

Обделка из предварительно-напряженных анкеров в сочетании с набрызгбетоном. Обделка с применением предварительно-напряженных анкеров исключает возможность возникновения деформаций в массиве породы, сдавая вокруг тоннеля несущую обжатую породную зону, способную воспринимать нагрузки со стороны вышележащих пород в зоне, посредственно прилегающей к тоннелю.

Конструкция предварительно-напряженного анкера показана на рис. 179. Анкер состоит из трех основных частей (рис. 179, а): основной части, или зоны анкерования 1, где стержень или прядь анкера путем инъекции раствора закрепляется и передает усилие породе; свободной части 2, где стержень или прядь анкера свободно перемещаются, равномерно удлиняясь и передавая натяжение одного участка к другому без трения; активной или головной части анкера, где осуществляется непосредственное натяжение стержня и прядей при помощи домкрата.

В зависимости от типа рабочего элемента (тяжа) анкер может быть одностержневой, прядевой и пучковой. В одностержневом анкере в качестве тяжа используется стальной стержень периоди-

ческого профиля, в пучковом анкере тяж выполняется из стальной проволоки диаметром 4—6 мм и в прядевом — из проволоочной пряди, включающей 7—9 проволок.

Одностержневой анкер (рис. 179, б) имеет наиболее простую конструкцию. Стержень 1 периодического профиля принимает диаметр 20—50 мм, на конце стержня имеется резьба 2. На стержне для отделения зоны заделки закреплен манжета-пакер 3. Ус-

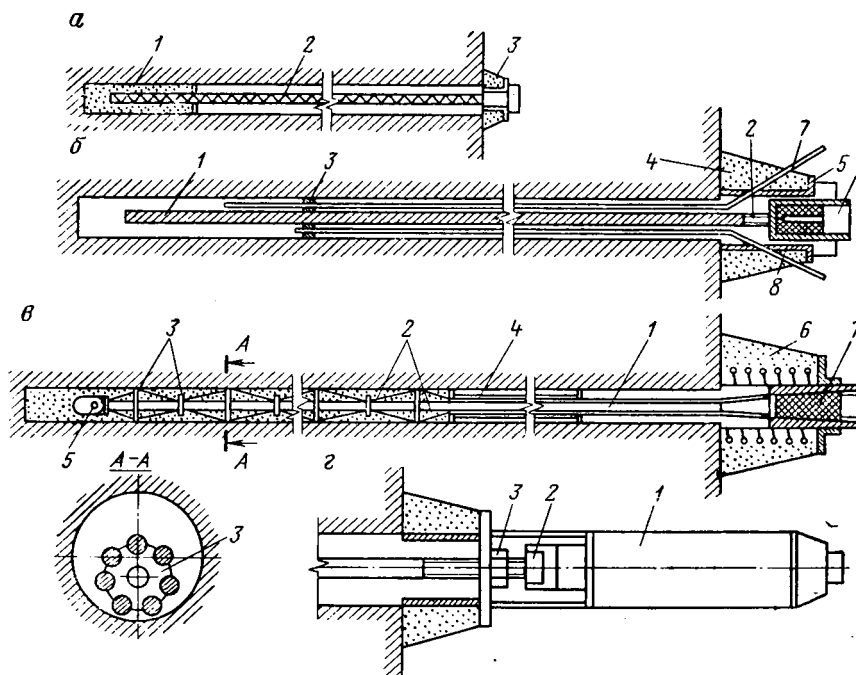


Рис. 179. Конструкция предварительно-напряженного анкера

скважины имеет бетонный оголовок 4, опорную плиту 5 и натяжную гайку 6. Через бетонный оголовок пропущена трубка 7 для нагнетания раствора за манжету анкера и трубка 8 для выхода воздуха.

Прядевой анкер (рис. 179, в) отличается наличием центральной расположенной трубки 1 для нагнетания раствора и прядей каната. Для равномерного распределения прядей по сечению скважины устанавливаются диафрагмы 3 и для изоляции зоны анкерования манжета 4. Анкер заканчивается направляющей головкой 5, обжимающей ввод его в скважину. В устье скважины размещается железобетонный оголовок 6 с опорным натяжным устройством 7. Пучков анкер по конструкции аналогичен прядевому анкеру.

На выбор конструкции предварительно-напряженного анкера и его размеров оказывают влияние упругие и прочностные характеристики материала рабочей части анкера; физико-механические характеристики массива пород на контуре тоннеля; состав растворов

ля омоноличивания анкера и др. В наиболее ответственных под-
емных сооружениях (например, машинных залах ГЭС) обычно
применяются предварительно-напряженные анкера прядевые или
учковые. Сборка анкеров осуществляется на полигоне и затем они
оставляются к месту работ. Скважины бурят обычно диаметром
5—105 мм. Скважины должны быть очищены от буровой мелочи.
Скважину вводится в первую очередь направляющая головка,
абочая часть анкера с центральной трубкой и манжетой. После
ведения анкера в устье скважины устанавливается трубка для
твода воздуха и устье омоноличивается железобетоном. Если имеются
грессивные воды, могущие вызвать коррозию анкерных прядей
ли стержня, необходимо их покрыть битумом или кузбаслаком.

После установки анкера раствор нагнетают через нагнетательную
рубку в пассивную зону скважины. Величину пассивной зоны
принимают в зависимости от усилия натяжения и свойств пород.
В скальных породах величину зоны принимают 3—4 м, в песчани-
тых породах 4—6 м и в глинистых грунтах до 8 м. После затверде-
ния раствора производится натяжение анкера при помощи гидро-
омкрата 1 (рис. 179, а). Анкер натягается через натяжную го-
овку 2 и затем закрепляется гайкой 3, после этого домкрат сни-
ается. В последнюю очередь производится вторичное нагнетание
аствора в рабочую часть анкера. Для омоноличивания анкера
ришивается цементно-песчаный раствор с $B : Ц = 0,45 \div 0,5$ и
рочностью не менее 300 кгс/см^2 . Давление при нагнетании раствора
остигает 25 кгс/см^2 . Сила сцепления между раствором и арматурой
ля различного типа тяжей и прочности раствора изменяется в следу-
ющих пределах. При тяжах из периодического профиля и растворе
пределом прочности 200 кгс/см^2 — $18—40 \text{ кгс/см}^2$ и при прочности
 00 кгс/см^2 — $50—50 \text{ кгс/см}^2$, при прядевых тяжах соответственно
 $0—35$ и $40—45 \text{ кгс/см}^2$. Сила сцепления также изменяется в зави-
имости от свойств закрепляемых пород и их влажности. Для за-
репления тяжей анкеров возможно применение в качестве раствора
олимерных смол.

Несущая способность или усилие натяжения анкера изменяется
зависимости от его конструкции. Стержневые анкера имеют натя-
жение 10—20 тс, анкера из высокопрочных прядей 120—160 тс.
С ростом диаметра скважины несущая способность анкера увеличи-
ается. Затраты труда на установку анкера длиной 10 м составляют:
тержневые анкера диаметром 25—35 мм — 0,7 чел-смену, предва-
рительно-напряженные анкера из прядей — 2,5 чел-смену, анкера
учковые — 4,1 чел-смену.

В практике сооружения камер значительных сечений в зависи-
ности от свойств пород длина анкеров обычно составляет 8—15 м,
особо ответственных случаях (весьма большие сечения камер,
рещиноватые и недостаточно прочные породы) длина анкеров до-
одится до 20—25 м с усилием натяжения анкера до 125—170 тс
с шагом их установки 3×3 и 3×5 м.

За последние годы при сооружении камер больших сечений пред-
варительно-напряженные анкера получили широкое применение.

В качестве примера на рис. 180 показана схема анкерной креп машинного зала ГЭС «Вальдек-11» (ФРГ). Машинный зал имел пр лет 34 м при высоте 40,4 м. Зал сооружался в сильно трещиноваты песчаниках и сланцах. Обделка свода была принята из набрызг бетона толщиной 20 см с двумя рядами металлической сетки и анкерами длиной 6 м с предварительным натяжением 12 тс. В подпятовы участках зала были установлены анкера длиной по 23,5 м с предв рительным натяжением 170 тс. Скважины бурились диаметром 116 м

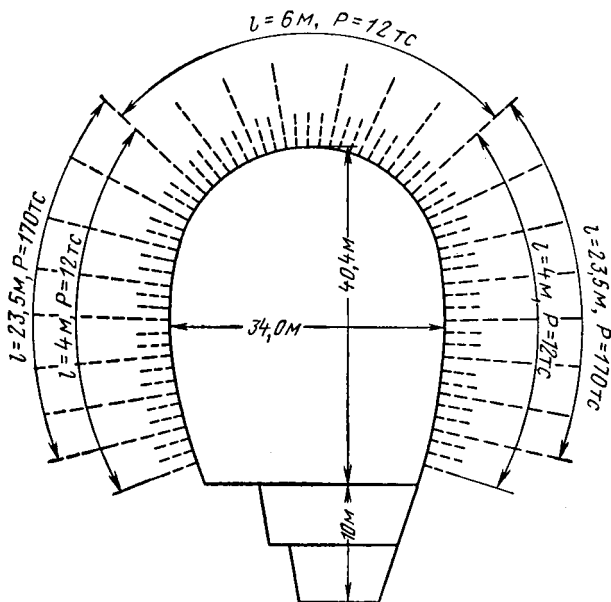


Рис. 180. Схема расположения предварительно-напряженных анкеров в камере

по сетке $4 \times 4 \text{ м}$. Анкера пучковые — из 33 проволок диаметром 8 мм. В стенах зала устанавливались стержневые анкера периодического профиля длиной 4 м и диаметром 16 мм, покрытые от коррозии пластмассой. Анкера закреплялись полимерными смолами. Натяжение стержней 10—12 тс. Стены зала закреплялись набрызгом бетоном в три слоя: один слой по породе до установки анкеров а затем два слоя по 8 см по металлическим сеткам.

Комбинированная обделка системы Бернольда. В 1968 г. при сооружении тоннеля «Фраунтобель» (Швейцария) была предложена комбинированная обделка, получившая наименование обделки системы Бернольда. Обделка основана на использовании специально отштампованных стальных панелей 1 (рис. 181, а), которые устанавливаются на монтажных крепежных арках. Панели изготавливают из фасонных перфорированных листов рифленой стали толщиной 1, 2 и 3 мм, согнутых в холодном состо-

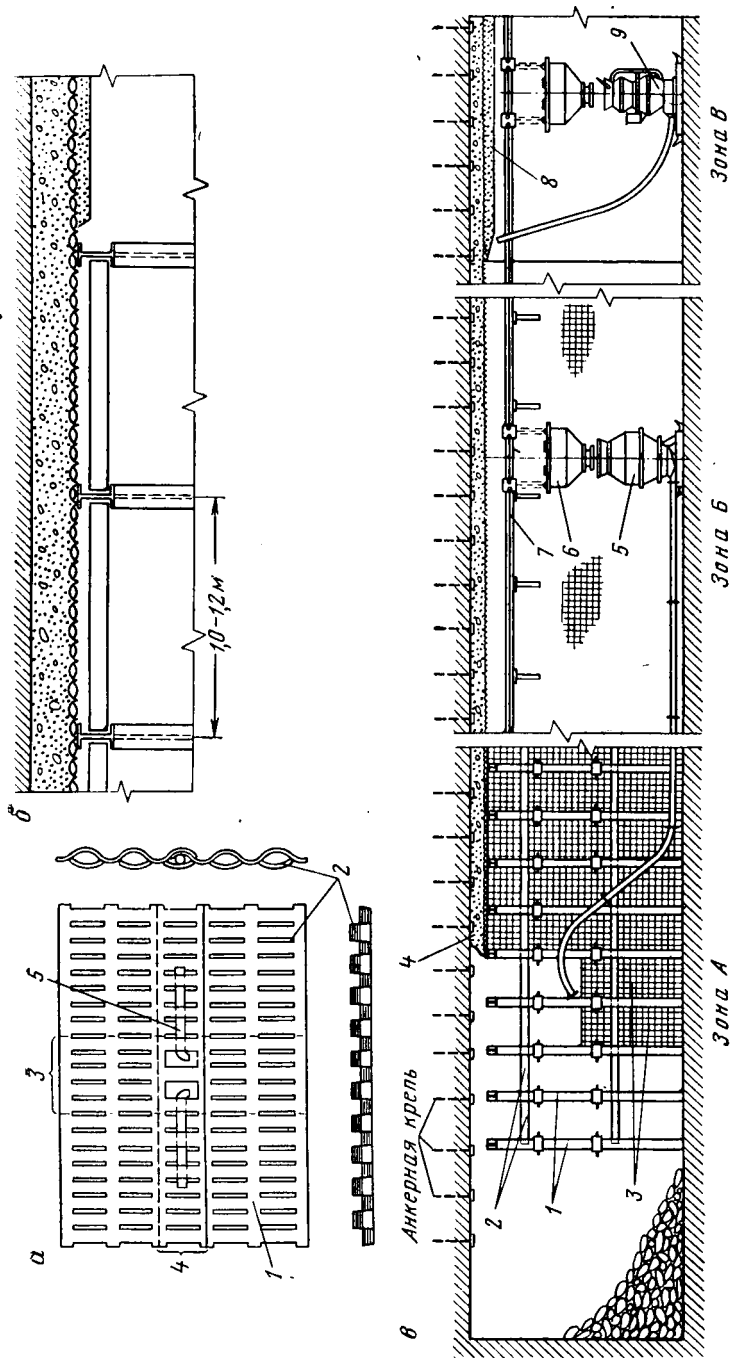


Рис. 181. Обделка системы Бернолька

янии по форме монтажных кружал. Размеры панелей в зависимости от расстояния между арками-кружалами изменяют от $1,08 \times 1$ до $1,32 \times 1,2$ м с массой от 11 до 33 кг. Панели имеют сквозные V-образные ребра; такая форма ребер придает им значительную жесткость и надежный контакт с бетоном. В процессе бетонирования бетонная смесь проникает через прорезы 2 в панелях и омоноличивает конструкцию, при этом обеспечивается хорошее сцепление панелей с бетоном, а форма прорезей в них препятствует вытеканию бетонной смеси даже при ее вибрировании. Таким образом, панели, как и являясь одновременно арматурой и опалубкой, образуют тонкую стенную армированную обделку. Стыковка панелей осуществляется внахлестку по образующей контура тоннеля 3 и вдоль продольной оси тоннеля 4, что обеспечивает равнопрочность создаваемой обделки. Стыкуемые панели соединяются между собой при помощи специальных штырей 5. Монтажные арки (рис. 181, б) для обеспечения быстрой их установки имеют четыре шарнира. Шаг установки арок 1—1,2 м, комплект включает 6—12 арок. Число арок определяется также скоростью подвигания забоя, так как они должны оставаться на месте на период твердения бетона, т. е. в течение 36—48 ч. Арки доставляются в забой сложенными в шарнирах. Процесс перестановки арок занимает 20—30 мин. Для большей устойчивости арки раскрепляются между собой межарочными стержнями.

Технология возведения обделки в зависимости от горно-геологических условий может быть осуществлена с заполнением пространства между породой и панелями бетоном, набрызгбетоном и торкретбетоном.

При возведении обделки с применением бетона производственные работы осуществляются следующим образом (рис. 181, в).

З о н а А. По окончании горнопроходческих работ цикла устанавливаются монтажные арки 1, раскрепляемые стержнями 2. Далее по обеим сторонам тоннеля монтируются панели 3 и начинается укладка бетонной смеси 4. Бетон укладывается слоями толщиной около 15 см и тщательно вибрируется до появления бетона в ответственных панелях. Обычно принимается бетон марки 400—500 кгс/см² жесткопластичной консистенции при $B : Ц = 0,45 \div 0,55$, с размером крупного заполнителя до 30 мм. Подача бетонной смеси производится бетоноукладочной машиной 5. Бетонная смесь в машину поступает в кубелях 6 по монорельсовой дороге 7. Торцовая опалубка выполняется из решетчатых пластин или сетки.

З о н а Б. Укладка бетонной смеси за панели закончена. Бетон приобрел прочность, позволяющую разобрать монтажные арки для переноса их в зону А.

З о н а В. При длительном сроке службы тоннеля для предотвращения внутренней поверхности панелей от коррозии их покрывают торкретбетоном 8 с толщиной слоя 2—5 см. Торкретбетон подается машиной 9.

При сооружении тоннелей в достаточно устойчивых породах, требующих обделки небольшой толщины, вместо бетона применяются набрызгбетон или торкретбетон. В этом случае панели монтируют

о всему контуру тоннеля и на каждые 10—15 м² поверхности свода одной из панелей приваривается патрубок для нагнетания раствора. Набрызгбетон укладывается толщиной от 10 до 20 см в два — четыре слоя. После достижения набрызгбетоном необходимой прочности через патрубки нагнетают цементный раствор под давлением — 2 кгс/см².

Комбинированная обделка системы Бернольда получила широкое применение на практике, что объясняется возможностью использования ее в различных горно-геологических условиях, значительной грузонесущей способностью и уменьшением до 30% потерь при раскопе набрызгбетона.

Применение обделки системы Бернольда в скальных породах целесообразно.

67. Технологические схемы и организация работ при сооружении тоннелей

Как указывалось ранее, сооружение тоннелей в крепких породах в зависимости от площади их сечения осуществляется сплошным или уступным забоями.

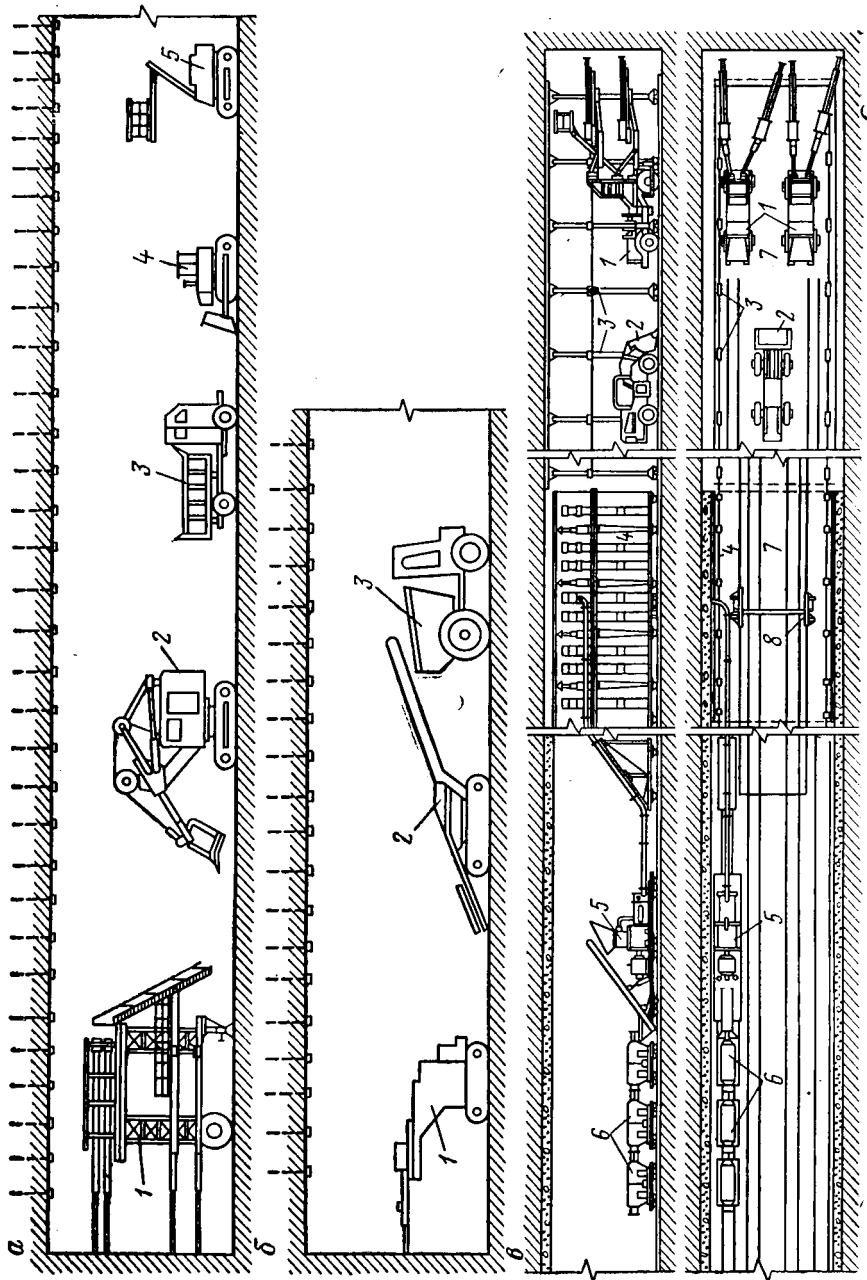
Выемка породы и возведение постоянной обделки выполняются параллельно. Отдельные операции по выемке породы при буровзрывном способе осуществляются только последовательно, что обусловливается спецификой этого способа, а также типом применяемого оборудования и объемами работ.

Технологические схемы и организация работ при выемке породы

Выемка породы при буровзрывном способе в зависимости от свойств пересекемых пород, площади сечения, протяженности и назначения туннеля, как указывалось ранее, осуществляется с использованием различного проходческого оборудования. Обобщая практику сооружения тоннелей и рассмотренное ранее проходческое и транспортное оборудование, можно установить наиболее типичные технологические схемы механизации работ по выемке породы при сооружении тоннелей.

На рис. 182, а показаны технологические схемы выемки породы при сооружении тоннеля сплошным забоем или разработке верхнего ступа при площади сечения тоннеля более 60 м². Для бурения шуров в забое установлены одна или две буровые рамы 1, для порузки породы принят экскаватор 2, транспортирование породы осуществляется автосамосвалами 3. Для вспомогательных работ используется бульдозер 4 и для оборки породы и зарядания шпуров — гидроподъемник 5.

На рис. 182, б показана технологическая схема при площади сечения забоя тоннеля до 50 м². В забое установлены одна или две урильные установки 1 типа СБУ-2К, погрузочная машина 2 типа ИБ-3К и думпер 3 для транспортирования породы.



Указанные технологические схемы нашли широкое применение при сооружении гидротехнических, строительных и транспортных тоннелей. При больших площадях сечений тоннеля (60—80 м²) в забое могут быть установлены две самоходные бурильные установки 1 (рис. 182, а) на пневмоколесном ходу, оборудованные пятью манипуляторами. На четырех манипуляторах смонтированы бурильные машины, а на одном подвешена рабочая люлька для выполнения работ по разметке и заряданию шпуров и т. д. Погрузка взорванной породы производится двумя фронтальными погрузчиками 2 в вагоны, подаваемые по железнодорожным путям. Забой тоннеля крепится передвижной ограждающей крепью 3. Для возведения бетонной обделки используются передвижная секционная опалубка 4, бетононасос 5, бетоновозы 6, технологическая передвижная платформа 7. Эта технологическая схема применялась при сооружении южного участка автомобильного тоннеля через Сен-Готардский горный массив.

На рис. 183, а показан график сооружения напорного тоннеля Ингури ГЭС с площадью сечения в черне 82 м². Комплекс оборудования тоннеля при выемке породы состоял из буровой рамы, оснащенной семью бурильными машинами БУ-1 и дополнительно бурильной установкой СБУ-2К. Погрузка породы производилась экскаватором ЭП-1, а транспортирование породы — автосамосвалами КраЗ-256. В период погрузки при дальности возки 4 км использовалось 8—10 автосамосвалов.

Численность проходческой бригады 42 человека. В состав бригады кроме проходчиков входили слесари, электрики и взрывники. В июле 1968 г. в течение 28 дней было сооружено 131 м тоннеля, выполнено 35 циклов при среднем подвигании забоя за цикл на 3,75 м. Объем выемки породы (интенсивность) составил 10 740 м³/мес, производительность труда 8,7 м³/смену.

На рис. 183, б показан исполнительный график сооружения транспортного тоннеля Чиркейской ГЭС. Площадь сечения тоннеля 65,6 м². Комплекс оборудования тоннеля при выемке породы состоял из двух бурильных установок СБУ-2, экскаватора Э-652 и думперов-самосвалов для транспортирования породы. Проходческая бригада состояла из 23 человек. Средняя суточная скорость сооружения тоннеля 2,3 м. Объем выемки породы в среднем составил 4850 м³/мес, производительность труда 3,6 м³/смену.

На рис. 183, в показан исполнительный график сооружения верхнего уступа подводящего тоннеля Нурекской ГЭС. Площадь сечения уступа 54 м². Комплекс оборудования при выемке породы состоял из двух бурильных установок СБУ-4, двух погрузочных машин ПНБ-3К, автосамосвалов МАЗ-503. Продолжительность проходческого цикла 12 ч, за месяц было осуществлено 50 циклов. Проходческая бригада состояла из 33 человек, скорость сооружения тоннеля составила 167 м/мес, производительность труда 4,65 м³/смену, объем выемки породы 9000 м³/мес.

На рис. 184 представлена технологическая схема разработки нижнего уступа тоннеля. В забое в зависимости от его ширины для

Наименование операций	Объем работ	I смена				II смена				III смена				IV смена											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Подача буровой рамы к забоям и бурение шпуров, м	440	■																				■			
Заряжание шпуров, шт отвозка буровой рамы	108							■																	
Взрывание и проветривание забоя	—																								
Оборка профиля тоннеля	—																								
Включивание взорванной породы	—																								
Погрузка породы, м ³	330																								
Установка штанговой крепи, шт.	46	■																							

б

Наименование операций	Объем работ	Продолжительность, ч	I смена				II смена				III смена				IV смена												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Бурение шпуров, м	287	12,5	■																								
Заряжание и взрывание шпуров, проветривание забоя, шт.	108	2,5																									
Погрузка породы, м ³	150	5																									
Установка штанговой крепи, шт.	26	9,5	■																								

Наименование операций	Объем работ	Продолжительность, ч	I смена						II смена																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
Разметка шпуров и маркшейдерские работы	—	0,5	■																						
Подготовка к бурению шпуров	—	0,5	■																						
Бурение шпуров, м	346	3,5																							
Установка временной штанговой крепи	—	3																							
Заряжание шпуров, шт.	90	2																							
Проветривание забоя	—	0,5																							
Подготовка к погрузке породы	—	0,75																							
Погрузка породы, м ³	183	4																							
Оборка стен и поверхности забоя	—	2,5																							
Вспомогательные работы	—	9	■																						

Рис. 183. Графики организации работ по выемке породы при сооружении тоннелей

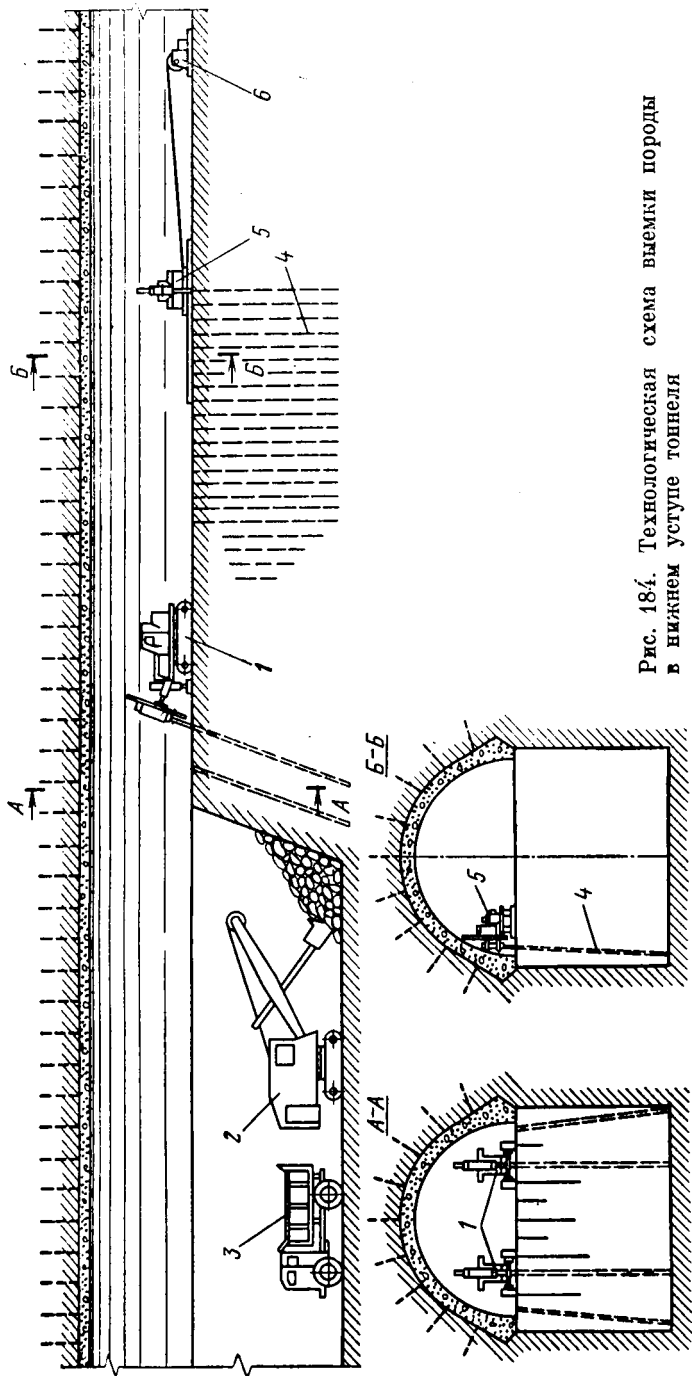


Рис. 184. Технологическая схема выемки породы в нижнем уступе тоннеля

бурения скважин устанавливают одну или две бурильные установки 1 типа СБМК-5 или СБУ-70. Погрузка взорванной породы учитывая значительную площадь сечения забоя (суммарная площадь сечения двух уступов), обычно осуществляется экскаваторами 2; а транспортирование автосамосвалами 3.

Бурение скважин 4 для образования щели осуществляется станком 5 типа НКР-100М, перемещающимся по металлическим направляющим при помощи лебедки 6.

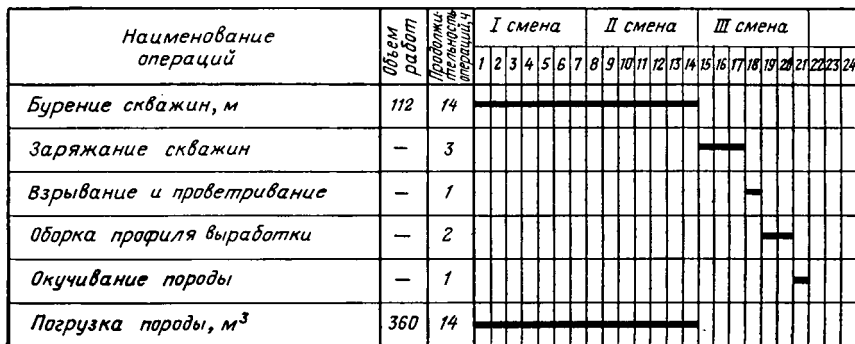


Рис. 185. График организации работ по выемке породы в нижнем уступе тоннеля

График организации работ по выемке породы в нижнем уступе показан на рис. 185. График предусматривает выполнение цикла работ в течение трех смен. Подвигание забоя в сутки 10 м, в месяц 250 м.

Для обеспечения наиболее полного использования рабочей силы и принятого проходческого оборудования и ритмичного выполнения всех основных операций в заранее установленное время и без простоев необходима цикличная организация работ.

Продолжительность цикла

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{бур}} + T_{\text{погр}} + T_{\text{всп}}$$

где $T_{\text{бур}}$, $T_{\text{погр}}$, $T_{\text{всп}}$ — время на бурение шпуров, погрузку породы и вспомогательные операции (см. § 58).

На основании обобщения практики сооружения тоннелей сплошным забоем и разработки верхнего уступа тоннеля при уступно забое можно считать наиболее рациональной продолжительности цикла 12—24 ч кратной продолжительности смены.

Таким образом, продолжительность цикла

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{см}} m_{\text{см}},$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность рабочей смены (6—8 ч); $m_{\text{см}}$ — числ смен в цикле (две — четыре).

При разработке нижнего уступа забоя тоннеля, учитывая широкое применение нисходящего расположения скважин и в связи с эти

возможность одновременного производства работ по бурению шуров и погрузке породы, целесообразно, чтобы

$$T_{\text{бур}} = T_{\text{погр}}.$$

Продолжительность бурения скважин

$$T_{\text{бур}} = \frac{H_y \alpha_1 N_p Z}{\beta k_1 v \sin \alpha}, \text{ ч};$$

продолжительность погрузки породы

$$T_{\text{погр}} = \frac{\mu k_0 l_{\text{ц}} S_y}{P}, \text{ ч},$$

где H_y — высота уступа, м; α_1 — коэффициент перебура скважин; N_p — число скважин в ряду,

$$N_p = \frac{B}{b} + 1;$$

B — ширина уступа тоннеля, м; b — расстояние между скважинами в ряду, м; z — расстояние между рядами скважин, м,

$$z = \frac{l_{\text{ц}}}{W};$$

$l_{\text{ц}}$ — подвигание забоя уступа за цикл, м; W — с. п. п., м; β — коэффициент одновременности работы бурильных установок; k_1 — число бурильных установок, размещаемых на уступе; v — скорость бурения скважин в единицу общего времени, м/ч; α — угол наклона скважин в ряду, градус; μ — коэффициент излишка сечения забоя; k_0 — коэффициент разрыхления породы; S_y — площадь забоя уступа, м²; P — производительность погрузки породы, м³/ч.

Приравнивая выражения $T_{\text{бур}}$ и $T_{\text{погр}}$, получим

$$\frac{H_y \alpha_1 \left(\frac{B}{b} + 1 \right)}{\beta k_1 v \sin \alpha W} = \frac{\mu k_0 S_y}{P};$$

преобразуя это равенство, будем иметь

$$\frac{\beta k_1 v \sin \alpha W}{P} = \frac{\alpha_1 H_y \left(\frac{B}{b} + 1 \right)}{\mu k_0 S_y},$$

или

$$\frac{k_1 v}{P} = \frac{\alpha_1 H_y \left(\frac{B}{b} + 1 \right)}{\mu k_0 S_y W \sin \alpha \beta}. \quad (28)$$

Таким образом, путем подбора типа бурового и погрузочного оборудования (левая сторона выражения) для соответствующих условий сооружения тоннеля (правая сторона выражения) можно обеспечить равенство продолжительности операций бурения скважин и погрузки породы в уступе (методика предложена В. М. Молтковым).

*Технологические схемы и организация работ
при возведении обделки тоннеля*

Производство работ по выемке породы и возведению монолитной бетонной обделки тоннеля может быть осуществлено по двум схемам — параллельной и последовательной. При параллельной схеме работы по выемке породы и возведению обделки совмещаются в

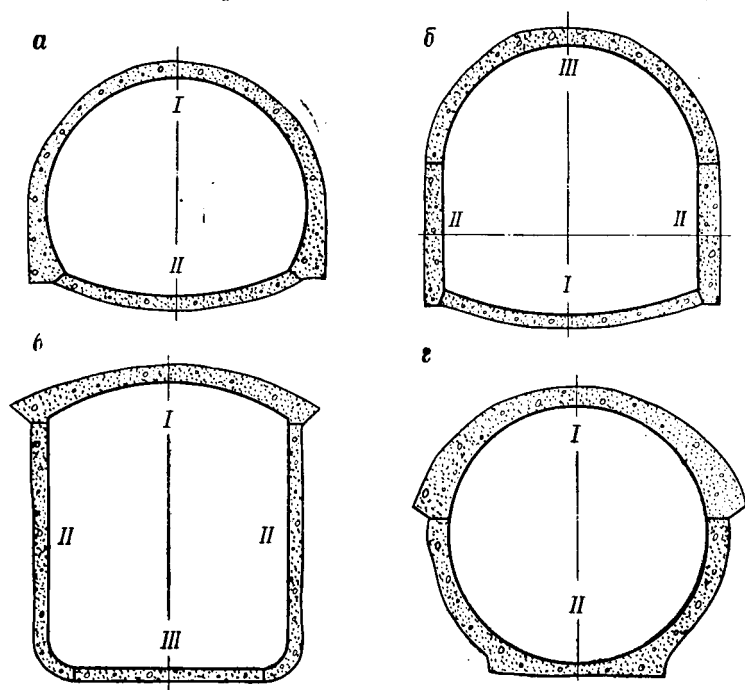


Рис. 186. Очередность возведения обделки тоннеля

времени, а при последовательной — возведение обделки производится после окончания работ по выемке породы или на всю длину тоннеля, или на отдельных его участках между подходными выработками. Параллельная схема типична для тоннелей значительной протяженности, при наличии устойчивых пород, когда постоянная обделка может отставать от забоя по выемке породы на 100—250 м. Работы по выемке породы и возведению обделки в этих условиях должны снижать безопасности работ и не вызывать взаимных помех, сдерживающих их нормальное выполнение.

При параллельной схеме скорость возведения обделки должна быть увязана со скоростью выемки породы.

В СССР параллельная схема имеет наибольшее распространение. Последовательная схема может применяться в тоннелях при наличии крепких пород, допускающих поддержание кровли на определенный период на временной крепи, а также в тоннелях ограниченной длины

организационном отношении последовательная схема работ является более простой, но она не может обеспечить достаточно высокой скорости сооружения тоннеля.

Ряд схем очередности этапов работ по возведению обделки приведен на рис. 186. При сплошной разработке забоя тоннеля наибольшее распространение получила схема очередности этапов работ «д, стены — лоток» (рис. 186, а). Эту схему наиболее часто применяют в тоннелях с площадью сечения 70—80 м². На рис. 186, б указана схема «лоток — стены — свод». При этом варианте улучшаются условия работы обделки (исключается вероятность просадки обделки), повышается устойчивость тоннеля, исключается необходимость очистки основания для укладки пят свода. К недостаткам этой схемы можно отнести необходимость устраивать дважды дорожку полностью и сложность работы по возведению обделки.

При уступной разработке забоя тоннеля применяется схема возведения обделки «свод — стены — лоток» (рис. 186, в). При этом сокращается время поддержания тоннеля на временной крепи. На рис. 186, г показана схема «свод — стены, лоток». Данная схема характеризуется сложностью производства работ при возведении обделки в стенах и лотке и может применяться в тоннелях, имеющих круглую форму сечения. В тоннелях круглой формы сечением площадью около 20 м² наиболее целесообразно возводить обделку сразу по всему периметру.

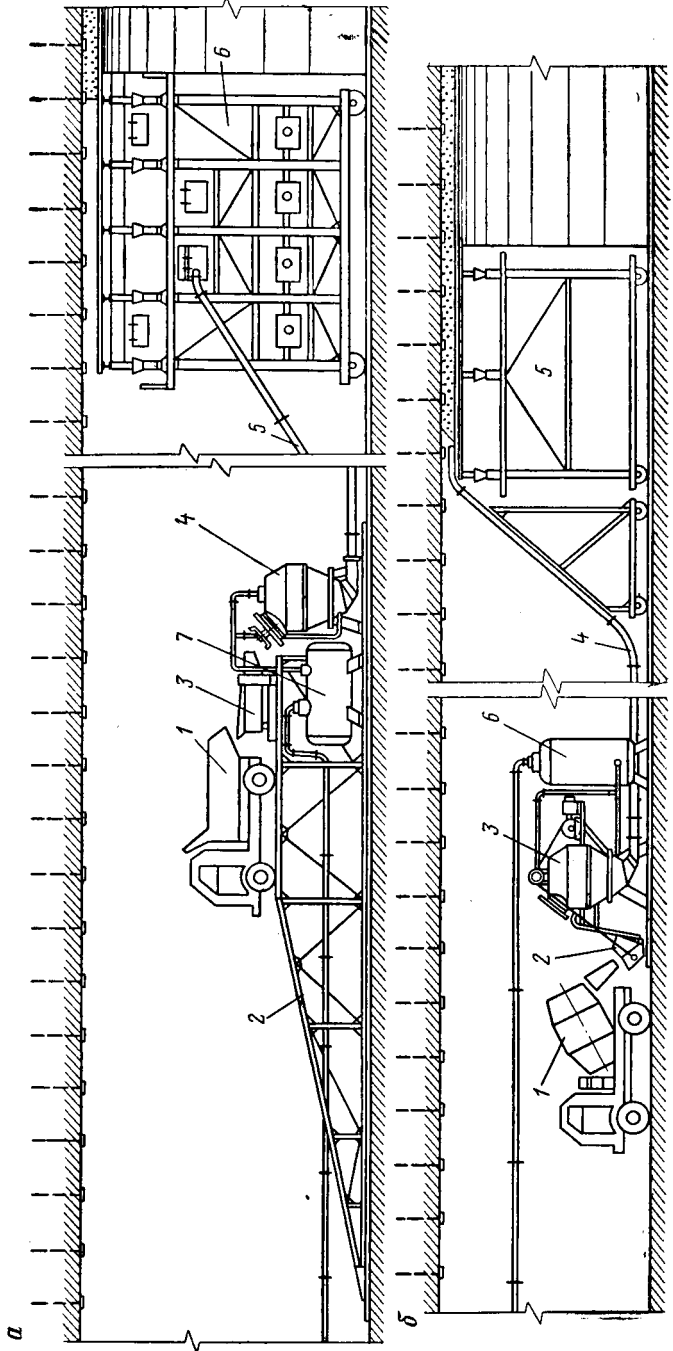
Ряд технологических схем возведения монолитной бетонной обделки в тоннелях показан на рис. 187.

На рис. 187, а показана схема производства работ в тоннеле, рожаемом сплошным забоем. Подача бетонной смеси осуществляется самосвалом 1. Для удобства разгрузки самосвал въезжает пандус 2, где разгружается в бункер — перегружатель 3. Из бункера бетонная смесь поступает в бетоноукладчик 4 типа ПБУ-500 далее по бетоноводу 5 за опалубку 6. Равномерная подача воздуха в бетоноукладчик осуществляется через ресивер 7. Опалубка передвижная, длина секций около 6 м.

На рис. 187, б показана схема возведения обделки при разработке уступа тоннеля. Подача бетонной смеси осуществляется бетоносмесителем 1 типа С-1036, который разгружается в ковш приемника 2 пневмобетоноукладчика 3 типа ПБУ-800. Из пневмобетоноукладчика бетонная смесь по бетоноводу 4 подается за опалубку 5. Сжатый воздух в пневмобетоноукладчик поступает из компрессора 6.

На рис. 187, в показана схема возведения монолитной бетонной обделки при сооружении тоннеля уступным забоем. Подача бетонной смеси осуществляется бетоновозами 1. Из бетоновозов бетонная смесь поступает в ковш наклонного скребкового транспортера 2 и далее в бетононасос 3. Из насоса бетонная смесь по бетоноводу поступает за опалубку 4. Опалубка односекционная передвижная длиной 16—20 м.

На рис. 188, а показан график организации работ по бетонированию тоннеля Ингури ГЭС площадью сечения 79 м². Для бетониро-



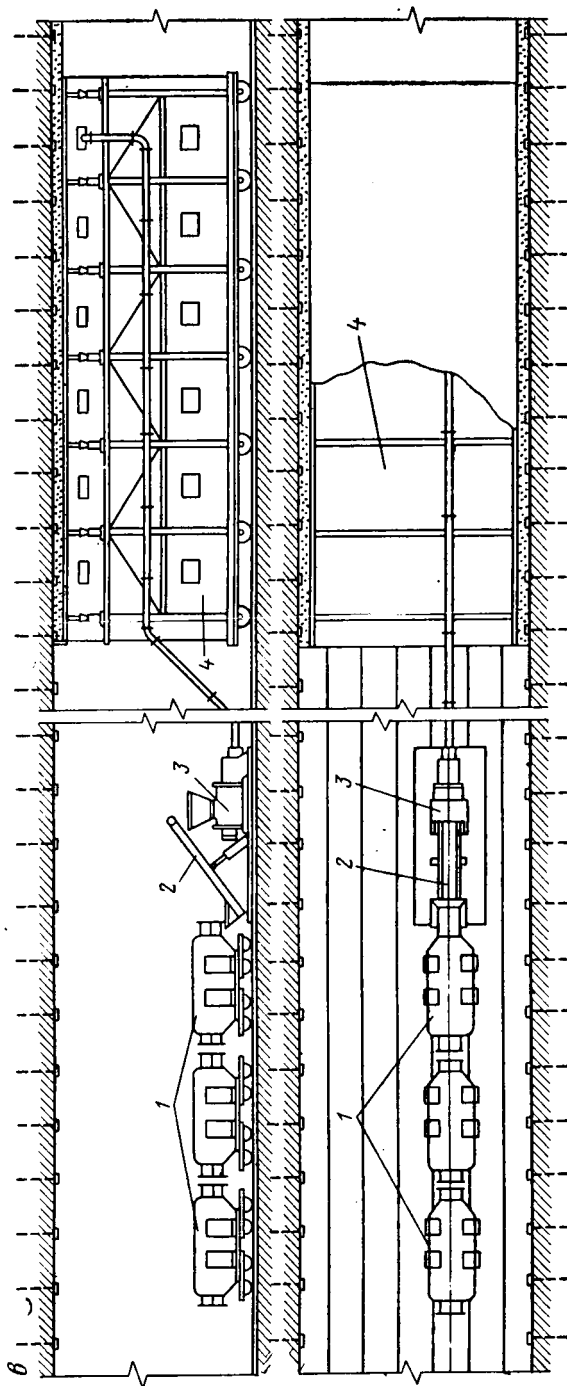


Рис. 187. Технологические схемы возведения обделки тоннеля

вания использовалось следующее оборудование: механизированная тубинговая опалубка с секциями длиной 12 м и два пневмобетонукладчика ПБУ-500. Доставка бетонной смеси производилась автосамосвалами МАЗ-503. Скорость бетонирования составила 120 м/ч при затратах труда на 1 м³ уложенного бетона 5,4 чел-ч.

На рис. 188, б представлен график бетонирования тоннеля площадью сечения в свету 65 м² с применением следующего оборудования: механизированной передвижной опалубки с секциями длин

а

Наименование операций	I смена		II смена		III смена		IV смена	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Укладка бетонной смеси								
Перестановка опалубки								
Подготовительно-заключительные операции								

б

Наименование операций	Объем работ за цикл	I смена		II смена		III смена		IV смена		V смена	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Укладка бетонной смеси, м ³	90										
Демонтаж, передвижка и монтаж опалубки, т	50										
Установка торцевой опалубки, м ²	16										
Очистка основания для установки опалубки, м	8										

Рис. 188. Схема организации работ при бетонировании тоннелей

8 м, двух пневмобетонукладчиков ПБУ-500, бункера-перегрузителя емкостью 2,5 м³, пандуса и автосамосвалов МАЗ-503. Средняя скорость бетонирования 130 м/мес, затраты труда на 1 м³ уложенного бетона 2,6 чел-ч.

Расчет параметров бетонирования. Методы расчета приняты исходя из следующих предпосылок: бетонирование осуществляется с заданной скоростью и циклично; производительность укладки бетонной смеси, длина заходки бетонирования, длина секции опалубки ограничиваются технологически целесообразными пределами; уплотнение бетонной смеси завершается в начале ее схватывания в двух последних слоях бетонирования.

При определении параметров бетонирования предполагают известными: размеры тоннеля, расход бетонной смеси на 1 м тоннеля

технологические свойства бетонной смеси. Скорость бетонирования эдполагается заданной из условия параллельности проходческих бетонных работ либо календарного плана строительства. Методичй предусмотрены условия строительства с высокой технической щаченностью и мощной производственной базой.

Порядок расчета принимается следующий.

Определяется длина заходки бетонирования

$$l_3 = (6 \div 7) t_{\text{см}} \frac{v_{\text{сб}}}{\lg v_{\text{сб}}}, \text{ м,}$$

з $t_{\text{см}}$ — продолжительность смены, сут; $v_{\text{сб}}$ — скорость бетонирования, м/сут.

Устанавливается продолжительность цикла бетонирования

$$t_{\text{цик}} = \frac{l_3}{v_6}, \text{ ч,}$$

з v_6 — скорость бетонирования, м/ч.

Продолжительность цикла принимается кратной продолжительности смены.

Для выполнения этого условия необходимо внести коррективку в величину l_3 . При применении механизированной опалубки ина секций

$$l_3 = \frac{l_3}{n}.$$

Для односекционной опалубки $n = 1$, $30 \geq l_3 \geq 10$; для много- секционной опалубки $n = 2, 3, \dots, 5, 6$; $10 \geq l_3 \geq 2$.

Суммарная продолжительность операций, выполняемых в составе кла последовательно, устанавливается с учетом типа опалубки. я переставной опалубки $t_i = t_{\text{пз}}$, для механизированной много- секционной опалубки

$$t'_i = n \frac{l_3}{v_0} + t_{\text{пз}},$$

з n — отношение длины заходки к длине секции; v_0 — скорость рестановки опалубки, м/ч,

$$v_0 = (0,8 \div 1) \lg l_3.$$

ия механизированной односекционной опалубки

$$t''_i = \frac{l_3}{v'_0} + t_{\text{в}} + t_{\text{пз}},$$

з $t_{\text{в}}$ — время выдержки бетона в опалубке, ч,

$$v'_0 = (3 \div 4) \lg l_3;$$

з $t_{\text{пз}}$ — продолжительность подготовительно-заключительных опе- ций,

$$t_{\text{пз}} = \tau \sqrt{S_{\text{к}}},$$

где τ — показатель удельных затрат времени на подготовительные заключительные операции, равный 0,6—1,2 м/ч. Наименьшее и близкое к нему значение τ может быть принято при механизации установки торцовых опалубок, использовании гибких бетонов, для распределения бетонной смеси за опалубкой; S_B — площадь сечения выработки, м².

Производительность укладки бетонной смеси

$$P_y = \frac{S v_0}{1 - \frac{t_1 v_0}{l_3}}, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Выполнение требования послойности укладки бетонной смеси с качественным ее уплотнением проверяется выражением

$$l_3 \leq \frac{U}{3Sh} (t_y - t_1) P_y,$$

где U — периметр обделки, м; S — площадь сечения обделки с учетом переборов, м²; h — толщина слоя бетонирования, равная 0, 0,5 м; t_y — укладочный возраст бетонной смеси, ч; t_1 — интервал времени между приготовлением и укладкой бетонной смеси за обделку, ч.

Величина t_1 устанавливается исходя из типа транспортного оборудования, используемого для доставки бетонной смеси. При доставке бетонной смеси транспортными средствами, оборудованными побудителями бетонной смеси, $t_1 = 0 \div t_m$ (t_m — продолжительность маневров при выгрузке бетонной смеси в приемную емкость на месте укладки, ч).

При использовании транспортных средств, не оборудованных побудителями (использование подобных средств целесообразно только в тех случаях, когда время на транспортирование не превышает 30 мин, а выдержка бетона не входит в состав цикла), $t_1 = t_{тр} + t_m$, где $t_{тр}$ — продолжительность транспортирования смеси от бетонного завода к месту укладки, ч.

Если требование послойности укладки бетонной смеси не удовлетворяется, следует откорректировать исходные данные: увеличить укладочный возраст бетонной смеси, или, что менее целесообразно, несколько уменьшить толщину слоя бетонирования (до 0,3 м).

Продолжительность укладки бетонной смеси

$$t_y = \frac{S l_3}{P_y}, \text{ ч.}$$

Продолжительность перестановки опалубки

$$t_{п.о} = \frac{l_3}{v_0}.$$

Длина комплекта опалубки

$$L_{оп} = l_B + l_3,$$

l_b — длина участка, на котором осуществляется выдержка бетона палубке параллельно с укладкой бетонной смеси, м.

Величина l_b определяется исходя из типа используемой опалубки. При применении механизированной односекционной опалубки $l_b = 0$. Так как в этом случае $l_3 = l_c$, то $L = l_c$.

При применении переставных (механизированных) опалубок $l_b = t_b v_6$ и, следовательно,

$$L = t_b v_6 + l_3.$$

При применении механизированной многосекционной опалубки одну комплекта ее следует уточнить исходя из возможности использования числа секций в комплекте, выраженного целым числом. Число секций

$$n = \frac{1}{l_c} (t_b v_6 + l_3). \quad (34)$$

Продолжительность цикла бетонирования при длине секции лубки 6—8 м и площади сечения тоннеля 50—100 м² может быть принята равной 18—30 ч. Средняя интенсивность укладки бетонной смеси в практике сооружения тоннелей при строительстве ряда ГЭС менялась от 1500 до 2000 м³/мес. При использовании автобетонозатов для доставки бетонной смеси, бетононасосов и механизированных односекционных опалубок при параллельном ведении работ интенсивность бетонирования может быть значительно повышена доведена до 4000 м³/мес. В зависимости от интенсивности укладки бетонной смеси скорость бетонирования может быть доведена до 200—250 м/мес, а затраты труда снижены до 1,5—1,4 ч/м³.

При возведении обделки по элементам образуются стыки, которые необходимо омоноличивать. Для заполнения полости стыка обычно имеют набрызгбетон или торкрет-бетон. Набрызгбетоном омоноличиваются главным образом стыки неармированные или имеющие небольшую армировку. Состав набрызгбетона по объему сухой смеси цемент : песок : гравий (щебень) рекомендуется принимать от 1,5 : 1 до 1 : 2,5 : 1. Марка цемента не ниже 400, влажность цементов 4—5%, гравий (щебень) крупностью до 20 мм, водоцементное отношение 0,45—0,5.

Торкрет-бетоном целесообразно омоноличивать стыки при их широте и глубине не более 20 см. Состав торкрет-бетона по сухой смеси цемент : песок рекомендуется от 1 : 2,5 до 1 : 3, влажность цемента 4%, водоцементное отношение 0,35.

После раскруживания крепи и достижения бетоном необходимой прочности в гидротехнических тоннелях должна производиться цементация для заполнения цементным раствором, нагнетаемым давлением, зазоров и пустот, образовавшихся между обделкой тоннеля и горными породами. Нагнетание раствора производится сгруппированным на 50—60 м. В безнапорных тоннелях давление при цементации принимается 2—3 кгс/см². Состав раствора (цемент, песок и вода) принимается 1 : 1 : 0,6.

Наряду с заполнительной цементацией для придания горнь породам вокруг тоннеля монолитности и водонепроницаемости прои водится укрепительная цементация. Давление при укрепительн цементации в напорных тоннелях должно быть в 1,5—2 раза выш действующего внутреннего гидростатического напора, а глубин скважин $l_{ск} = (0,7 \div 0,8)D_t$, где D_t — диаметр тоннеля.

Состав раствора для укрепительной цементации принимает исходя из условия заполнения тонких трещин и создания прочно

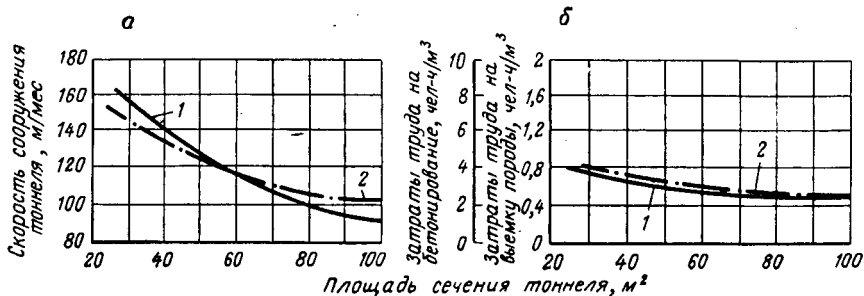


Рис. 189. Графики средних скоростей сооружения тоннелей и затрат труда:

1 — выемка породы; 2 — возведение обделки

цементного камня. Водоцементное отношение раствора при мелко трещиноватых породах принимается 1—8, при крупнотрещиноватых породах 0,6—2. Нагнетание раствора осуществляется цементационными насосами.

График средних скоростей сооружения тоннелей в породах средней крепости при буровзрывном способе выемки породы и монолитной бетонной обделке, достигнутых в отечественной практике, показан на рис. 189, а, а график средних затрат труда на выемку 1 м³ породы и укладку 1 м³ бетонной смеси — на рис. 189, б.

Как видно из графиков, скорость сооружения тоннелей по выемке породы и возведению бетонной обделки, а также затраты труда на выполнение этих работ практически равны. Учитывая же значительно большую трудоемкость работ по выемке породы, можно отметить, что работы по возведению бетонной обделки требуют более высокого уровня механизации.

Строительные подходы при сооружении тоннелей

В зависимости от протяженности тоннеля, горно геологических условий, определяющих технологические особенности сооружения тоннеля, топографии земной поверхности на трассе тоннеля работ по сооружению тоннеля осуществляют через его порталы, а также через так называемые строительные подходы, устраиваемые путем вскрытия трассы тоннеля по ее длине в промежуточных точках. Сооружение тоннелей через порталы в целом можно признать более целесообразным, так как в этом случае обеспечивается во

ажность иметь у порталов хорошо оборудованные строительные площадки, где могут быть размещены: центральная компрессорная анция, механические мастерские, бетонный завод, энергетический ел и др., а также возможность создать достаточно комфортные овия для проходчиков, т. е. иметь административно-бытовой мбинат, столовую и общежитие, что особенно важно при соору- ении тоннеля в тяжелых климатических условиях и при без- рожье на трассе тоннеля. Кроме того, при наличии только двух боев тоннеля, сооружаемого через порталы, создаются более альные условия для обеспечения забоев квалифицированными драми и всем необходимым горным оборудованием и материалами, о будет способствовать повышению скорости строительства. Однако и сооружении весьма протяженных тоннелей через порталы зна- тельно возрастают общие сроки строительства, а также возникает ид технических трудностей, т. е. усложняются проветривание оя и организация транспорта, снижается производительность анспорта, возрастает опасность работ, что иногда вызывает необ- идимость иметь параллельно тоннелю вспомогательную выработку, риодически сбиваемую с тоннелем. Таким образом, сооружение ннелей через порталы целесообразно в основном при ограниченной к протяженности — 2,5—3 км, причем эта величина должна уточ- иться в зависимости от конкретной обстановки строительства. ороужение тоннелей через порталы независимо от их протяжен- сти обычно обуславливается наличием весьма сложной топографии мной поверхности на трассе тоннеля. Так, при сооружении через рталы ряда весьма протяженных тоннелей (автомобильные тонн- ли через Монблан — 11,6 км, через перевал Тюя-Ашу — 2,6 км, елезнодорожный тоннель Нью-Каскад — 12,5 км) с очень сложным рельефом по трассе тоннеля, исключалась возможность иметь омежуточные строительные подходы.

Промежуточные подходы при сооружении тоннелей могут быть полнены в виде штолен и вертикальных или наклонных стволов. иболее целесообразно иметь строительные подходы в виде штолен большой длины, что упрощает организацию транспортирования роды из основного тоннеля, доставку громоздкого проходческого рудования (экскаваторы, буровые рамы и др.) и не вызывает ачительного удорожания работ. Штольневой способ вскрытия ннелей возможен при относительно спокойном с пологими скло- ми рельефе местности.

Расстояние между подходными штольнями по трассе тоннеля меняется от 2,2 до 3,7 км. Так, при сооружении напорного тонн- ля Ингури ГЭС длиной 15 км было принято восемь подходных голен.

Строительные подходы к тоннелю в виде вертикальных и на- онных стволов могут иметь место при сложном гористом рельефе трассе тоннеля, когда штольневые подходы исключаются. Стро- ельные подходы в виде вертикальных или наклонных стволов сравнению со штольнями являются менее совершенными, так как оружение ствола является процессом более сложным, чем штольни.

Для приема породы на горизонте тоннеля у стволов необходимо иметь околоствольные дворы для перегрузки породы, поступающей из забоев тоннеля, в подъемные сосуды ствола; для доставки в тоннель громоздкого оборудования сечение стволов должно быть значительным; для откачки воды из тоннеля необходимо иметь по стволу водоотлив и др.

В качестве примера применение подходящих вертикальных и клонных стволов к трассе тоннеля можно привести строительство тоннеля для переброса воды от рек Арпы и Элегис в оз. Севан. трассе тоннеля общей длиной около 48 км было заложено четыре ствола глубиной до 663 м, расстояние между стволами около 8 км.

При сооружении Байкало-Амурской магистрали Северо-Монгольского тоннеля длиной около 15 км намечается проходка на трассе тоннеля трех вертикальных стволов глубиной от 165 до 340 м диаметром 7,5 м. Расстояние между стволами будет 4,1—4,8 км.

Отношение объема породы от проведения подходящих выработок к основным тоннелям изменяется в зависимости от рельефа поверхности. В средних условиях при сооружении ряда тоннелей при строительстве ГЭС это отношение изменялось от 10 до 16%.

Глава XII

СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ В ПОРОДАХ СРЕДНЕЙ ПРОЧНОСТИ И МЯГКИХ

При сооружении тоннелей значительной протяженности на их трассе могут быть встречены породы, обладающие резко отличающимися физико-механическими свойствами, а также имеющие многочисленные участки с нарушениями (сильно раздроблены, перемяты и имеют большую трещиноватость).

В этих условиях в связи с весьма значительным горным давлением исключается возможность одновременной разработки в сечении тоннеля за один прием. Разработку забоя тоннеля производится отдельными участками с обязательным применением временной крепи, что создает ряд затруднений для широкого использования средств механизации работ при выемке породы при возведении обделки тоннеля.

Выемку породы в этих условиях обычно осуществляют при помощи ручных пневматических инструментов, а погрузку породы с применением легких малогабаритных погрузочных устройств (главным образом перегружателей). Возведение обделки в большинстве случаев в связи с необходимостью постепенной разборки временной крепи и ограниченностью фронта работ приходится осуществлять также с применением малых средств механизации.

В указанных горно-геологических условиях нашли применение следующие способы сооружения тоннелей:

- а) с последовательным раскрытием профиля тоннеля на полное сечение;
 - б) с раскрытием в первую очередь сводчатой части сечения тоннеля;
 - в) с раскрытием в первую очередь сечения тоннеля по контуру.
3. В начале работ по сооружению тоннеля для исключения возможности обрушения пород необходимо укрепить лобовой откос, т. е.

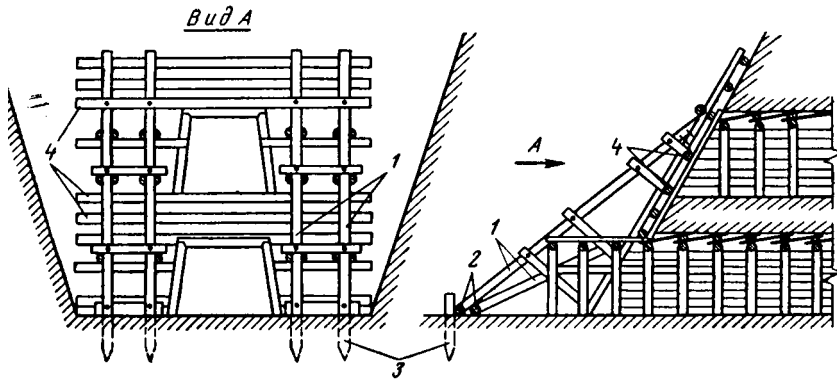


рис. 190. Схема врезки тоннеля

осуществить крепление врезки. Крепление врезки (рис. 190) осуществляется системой контрфорсных балок 1, которые опираются концами в балки 2, уложенные перпендикулярно к оси тоннеля. Балки 2 опираются в сваи 3, забитые на глубину до 2 м. На лобовом торе укладывают верхние рамы 4, каждая рама подпирается контрфорсными балками 1. Пространство между верхними рамами плотно обивается досками, которые тщательно расклиниваются. Для предотвращения осыпей с лобового откоса устанавливают несколько тяжелых рам как продолжение крепи направляющей штольни.

8. Сооружение тоннеля с раскрытием его на полное сечение

Этот способ сооружения тоннеля характеризуется следующей схемой ведения работ (рис. 191, а). В первую очередь проходят нижнюю ленту 1, предназначенную для транспортирования породы, доски материала и других целей. Затем проводят верхнюю ленту 2, которая служит для производства работ по расширению сводчатой части тоннеля. Расширение сводчатой части тоннеля осуществляется в два приема — расширение малой каверны 3 и затем большой калотты 4. После разработки сводчатой части тоннеля приступают к расширению его нижней части — к оссы. Эта работа начинается с разработки части профиля 5, называемой штроцетой, которая соединяет нижнюю и верхнюю ленты. Далее разрабатываются боковые части штроссы 6, после чего приступают к возведению обделки стен, а затем свода 7 тоннеля.

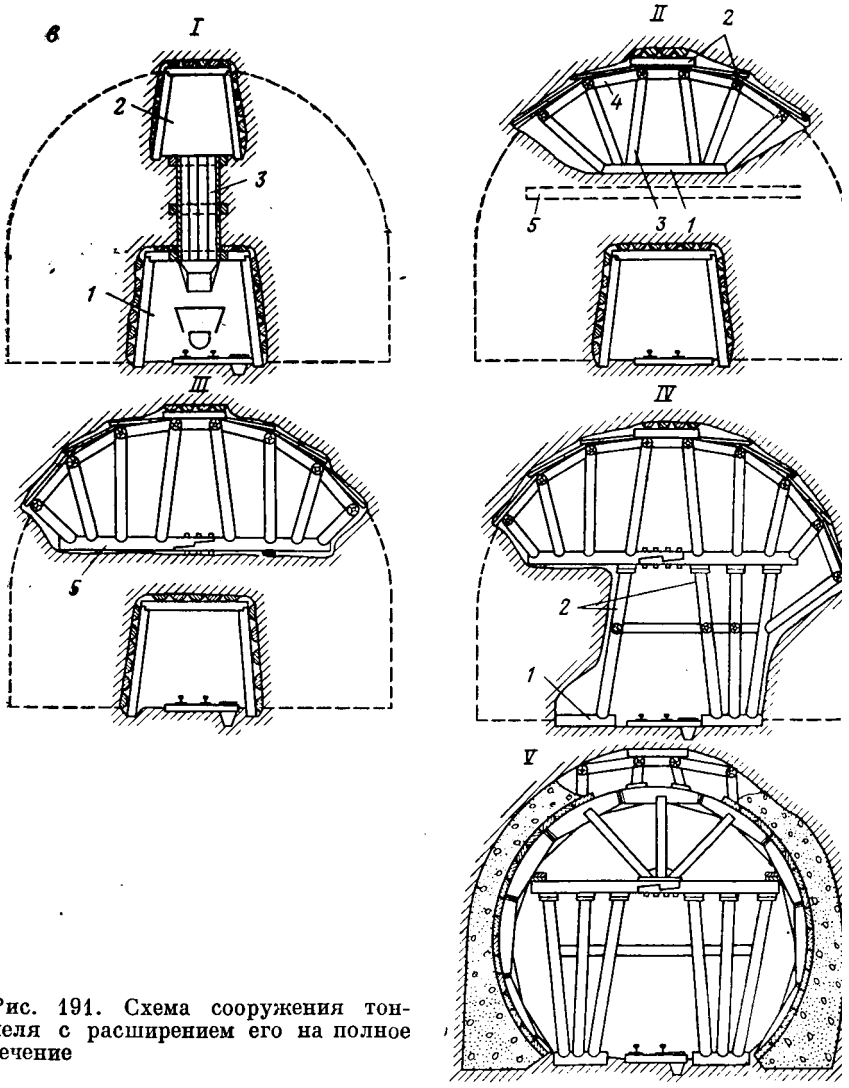
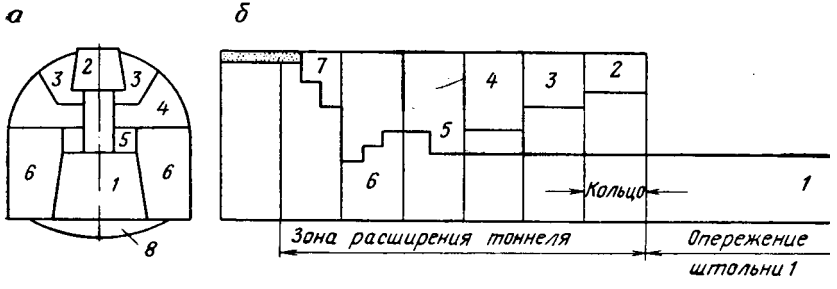


Рис. 191. Схема сооружения туннеля с расширением его на полное сечение

сле окончания работ по возведению обделки осуществляется зработка обратного свода тоннеля 8 и его крепление. Разработка инеля по длине с постепенным раскрытием его профиля производится отдельными кольцами длиной 4—6 м (рис. 191, б).

Основные этапы разработки тоннеля показаны на рис. 191, в. нижняя штольня 1 (этап I) закрепляется крепежными рамами из железа и реже металла и проводится с опережением на четыре — пять колец, т. е. на 20—25 м. Верхнюю штольню 2 проводят возжью малым сечением и через каждые 6—10 м сбивают с нижней ольной восстающими выработками-фурнелями 3, служащими для уска породы при разработке калотты.

Разработка малой калотты (этап II) начинается с укладки на стоянии 1,5—2 м перпендикулярно к оси верхней штольни на ее же в канавки глубиной около 0,5 м балок 1 из бревен, называемых малыми швеллерами. Далее под верхняки крепи верхней штольни ладывают первые два продольных прогона 2, называемые лонгаринами, которые поддерживаются стойками-штендерами 3, опирающимися на малые швеллеры. По мере разработки малой калотты ганавливают по радиусу штендеры, опирающиеся на малый швеллер и поддерживающие лонгарины. Для обеспечения устойчивости епи между лонгаринами пробиваются распорки 4, а кровля между лонгаринами закрепляется затяжками — марчеванами.

Когда на концах швеллера малой калотты нельзя уже поставить шендеры, приступают к работам по установке большого швеллера ап III). Для этого между малыми швеллерами в почве верхней ольной делают поперечные траншеи шириной около 0,5 м, в которые ладывают швеллеры 5 большой калотты. Швеллер большой катты делается из толстых бревен с обтеской на два канта и по длине жолько меньше ширины тоннеля на уровне его пят. Для облегчения работы по доставке и укладке швеллера его делают составным. ладка швеллера должна быть строго горизонтальна. После ладки большого швеллера на нем устанавливают под ранее поставленные лонгарины новые более длинные штендеры. При этом необходимо обеспечить тщательное раскливание их, чтобы можно ло передать на них все давление от лонгарин. После этого удаляют ольный швеллер и короткие штендеры.

Когда большая калотта будет разработана на полное сечение, иступают к разработке средней части штроссы. Для этого пред- рительно в нижней штольне в одной вертикальной плоскости ольными швеллерами укладывают лежаки 1 (этап IV). Лежаки ают из отрезков толстых бревен длиной 1,5—1,7 м и укладывают ижней штольне, в сделанных в ее боках нишах. На лежаки уста- вливают штендеры 2 штроссы, которые должны воспринять давле- е со стороны больших швеллеров. Разработка штроссы начинается ередины кольца в обе стороны симметрично. Центральные штен- ы штроссы для правильного распределения усилий необходимо змещать так, чтобы они со штендерами большой калотты, идущими ервых лонгарин, образовывали прямую линию. Когда все штен- ы трассы будут установлены, приступают к распирению штроссы

на полный профиль (этап V). После разработки тоннеля на пол сечение приступают к возведению обделки в направлении св вверх. Обделку возводят с обеих сторон тоннеля одновременно.

После возведения обделки необходимо произвести нагнeta цементного раствора за крепь.

Преимущества этого способа сооружения тоннеля: монолитно обделки по всему профилю тоннеля и относительно быстрое сооружение тоннеля благодаря производству работ по выемке пор и возведению обделки на широком фронте. Скорость сооружения тоннеля 1,5—2,5 м/сут.

К недостаткам способа необходимо отнести большую сложность временной крепи, что требует высокой квалификации рабочих и значительных затрат ручного труда. Кроме того, конструкция временной крепи не обеспечивает достаточной жесткости и прочности. Креп состоит из нескольких образующихся в результате последовательной установки крепей, что приводит в конечном итоге к значительной податливости, достигающей 20—25 см. Такая податливость крепи исключает возможность применения этого способа сооружения тоннелей в условиях городской застройки.

§ 69. Сооружение тоннеля с раскрытием в первую очередь сводчатой части сечения

Возможны две схемы разработки забоя тоннеля этим способом одноштольневая и двухштольневая. При одноштольневой схеме (рис. 192, а) работы начинают с проведения верхней штольни. Затем расширяют калотту 2 и возводят постоянную обделку свода. После затвердения бетона обделки разрабатывают среднюю часть строссы 4, а затем ее боковые части 5 с последующим подведением стен обделки под пяты свода 6.

При двухштольневой схеме работы по сооружению тоннеля (рис. 192, б) начинают с проведения нижней штольни 1. Затем проводят верхнюю штольню 2, разрабатывают калотту 3 и возводят обделку свода 4. После набора бетоном свода соответствующей прочности разрабатывают среднюю часть строссы 5, а затем боковые части 6. После этого подводят стены обделки под пяты свода 7.

Сопоставляя указанные схемы сооружения тоннеля, можно отметить следующее:

а) преимуществами одноштольневой схемы является меньшая стоимость работ, более безопасная и производительная разработка калотты, так как работы осуществляются в нетронутой массе породы. К недостаткам одноштольневой схемы можно отнести: трудности в работах из-за транспорта по штольням в связи с наличием встречных потоков (породы и крепежных материалов) при одновременной работе по выемке породы и возведению обделки в калотте.

б) двухштольневая схема сооружения тоннеля имеет только одно преимущество — независимость транспортирования породы и ма

алов по нижней штольне, верхняя штольня используется только я работ по расширению калотты.

Одноштольная схема может быть рекомендована при сооружении тоннелей небольшой длины в устойчивых породах. Двухштольная схема является более универсальной.

Этапы развития работ при сооружении тоннеля по двухштольной схеме показаны на рис. 193, а. Работы начинают с проведения жней штольни 1. Верхнюю ольную 2 проводят с отставанием нижней примерно на 30 м. Через 8—12 м (1—2 кольца) штольни являют между собой фурнелями, горые служат для передачи роды из верхней штольни на жнюю (этап I). Далее из верхней ольной в обе ее боковые стоны симметрично разрабатывают лотту (этап II). Разработка лотты производится аналогично ссмотренному ранее способу (см. 18). Временная крепь состоит

лонгарин и штендеров. Штендеры опираются через подкладки досок непосредственно на почву. После разработки калотты на ину 8—12 м (эти работы должны осуществляться возможно быстро) иступают к возведению обделки свода (этап III). Для этого в пятах да выравнивают породу и укладывают продольные толстые доски и делают подготовку из тощега бетона толщиной 10—15 см. Затем ганавливают кружала, которые поддерживаются подкружальными йками. Для устойчивости подкружальные стойки между собой скрепляют распорками и после этого приступают к возведению делки свода. По мере возведения обделки логгарины и штендеры абирают, а марчеваны временно поддерживают короткими стойми, устанавливаемыми на кружальные ребра (этап IV). После зршения обделки свода и достижения бетоном прочности не менее % от проектной, т. е. приблизительно через четыре — пять суток жно приступить к разборке кружальных ребер и опалубки и далее разработке штросса (этап V).

После разработки средней части штроссы производят подводку и обделки под пяты свода (этап VI). Эта операция весьма ответенная и осуществляется она в строгом порядке отдельными задками. Последовательность работ по возведению обделки под пяты да показана на рис. 193, б (цифрами обозначен порядок разотки заходок). Разработку каждой заходки можно начинать шь после того, как возведенная обделка стен предыдущей заходки берет достаточную прочность.

Достоинства этого способа сооружения тоннелей: простота конукции временной крепи и достаточная ее надежность; небольшой ж поддержания свода на временной крепи, что уменьшает опасть нарушения устойчивости пород кровли.

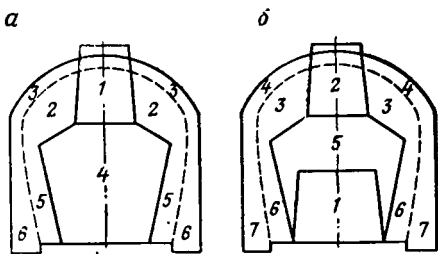
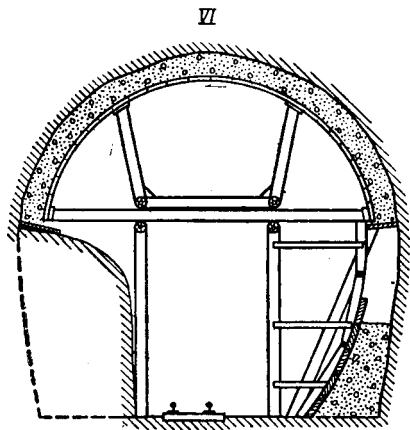
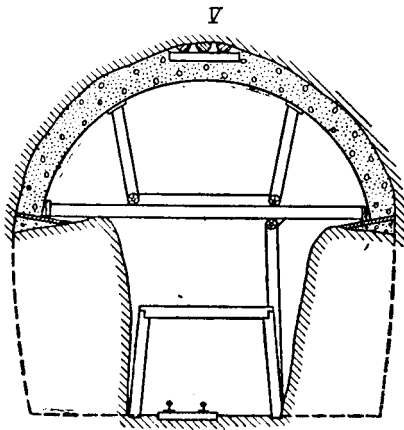
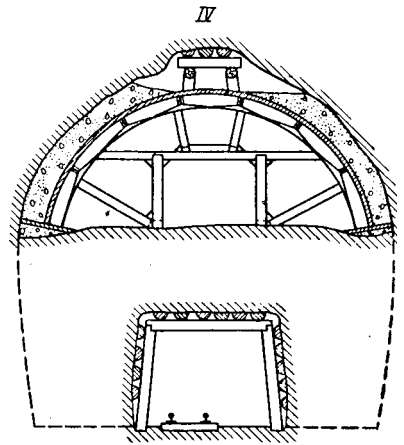
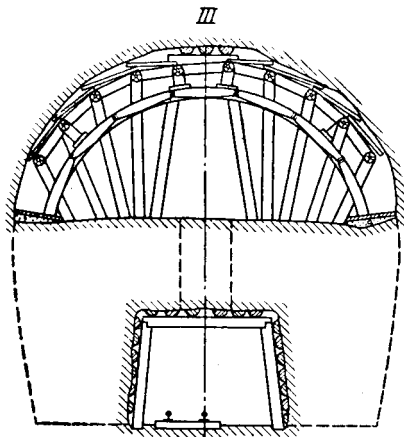
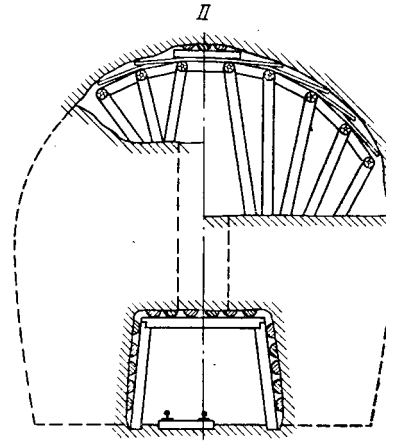
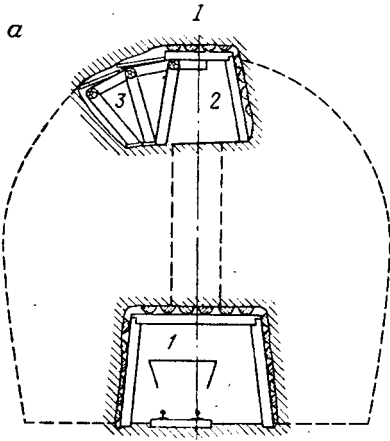


Рис. 192. Схемы сооружения тоннеля с раскрытием в первую очередь сводчатой части сечения



К недостаткам способа необходимо отнести:

расчлененность обделки тоннеля между сводчатой частью и стенами, а также в стенах, что резко снижает ее монолитность. Этот недостаток особенно необходимо учитывать при сооружении гидротехнических тоннелей;

выемка породы в штроссе под пятами свода должна осуществляться в стесненных условиях без применения средств механизации работ. При наличии трещиноватых пород эта работа весьма затруднительна и может исключить возможность применения данного способа сооружения тоннеля;

скорость сооружения тоннеля невысока вследствие задержек, связанных с необходимостью выдержки монолитной бетонной обделки в своде.

70. Сооружение тоннеля с раскрытием в первую очередь по сечению по контуру

Сооружение тоннеля с раскрытием в первую очередь его сечения по контуру (рис. 194, а) начинают с проведения двух боковых штролен 1 центральной штольни 2, которые сбивают между собой поперечными выработками 3. По мере разработки штролен 1 в них возводят обделку 1'. При этом породу выдают на поверхность через выработки 3 и центральную штольню 2. После разработки и закрепления первого яруса тоннеля приступают к работам во втором ярусе, где возводят штольню 4 и возводят обделку 4' и т. д. К моменту окончания возведения обделки стен проводят верхнюю штольню 6 и разрабатывают калотту 7. Порода от разработки калотты поступает рез фуэрнел 8 на нижнюю центральную штольню. После разработки калотты возводят обделку свода 9 с опиранием ее на пятаи ранее возведенные стены. После набора бетоном обделки свода необходимой прочности можно приступить к разработке центрального дика породы 10. Выемка целика производится под защитой обделки в безопасных условиях и может выполняться с использованием щитной проходческой техники.

Отдельные этапы производства работ при сооружении тоннеля показаны на рис. 194, б. Этап 1 соответствует тому моменту, когда

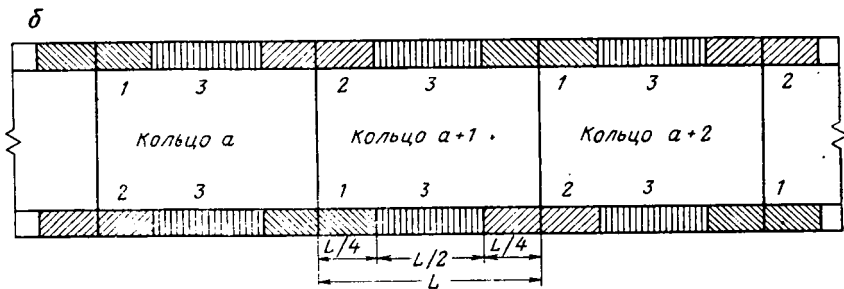


Рис. 193. Этапы работ при сооружении тоннеля по двухштольневой схеме с раскрытием в первую очередь сводчатой части сечения

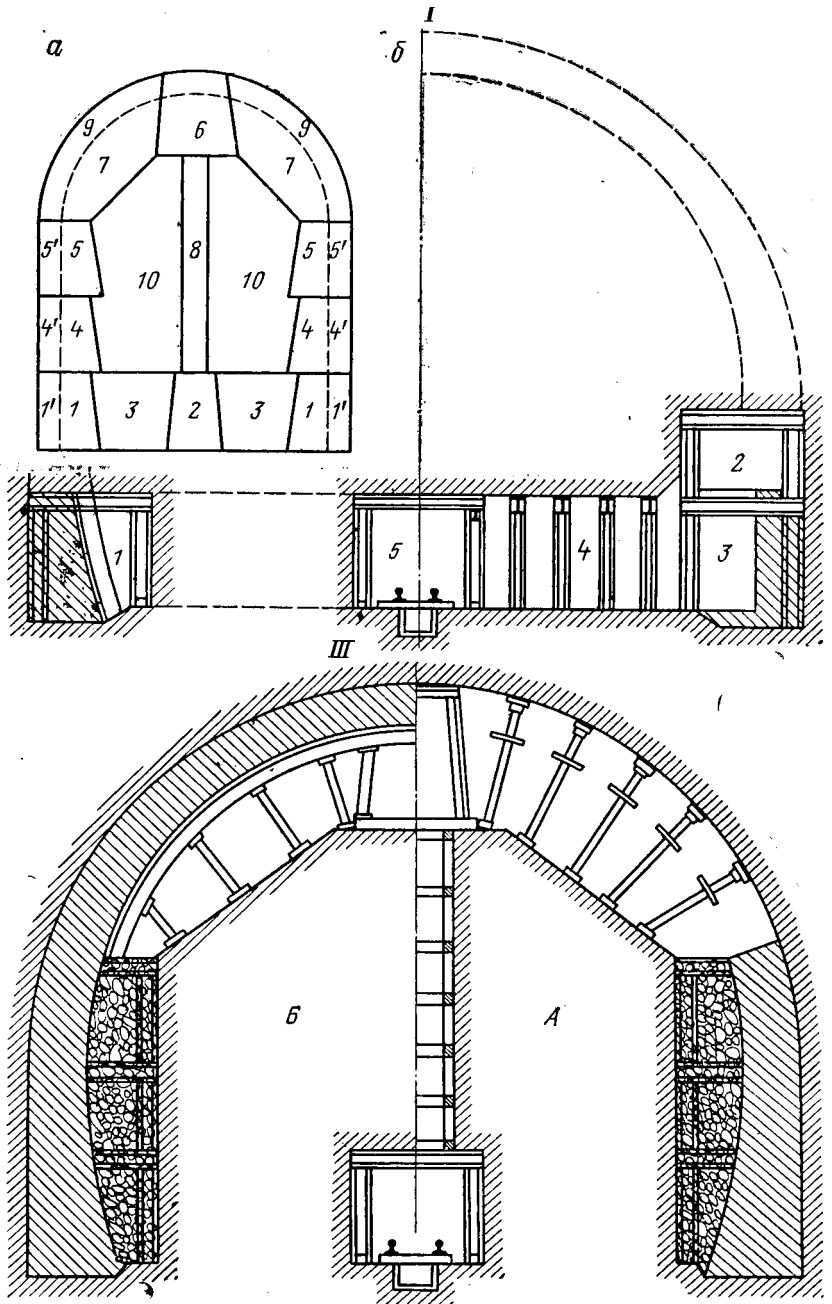
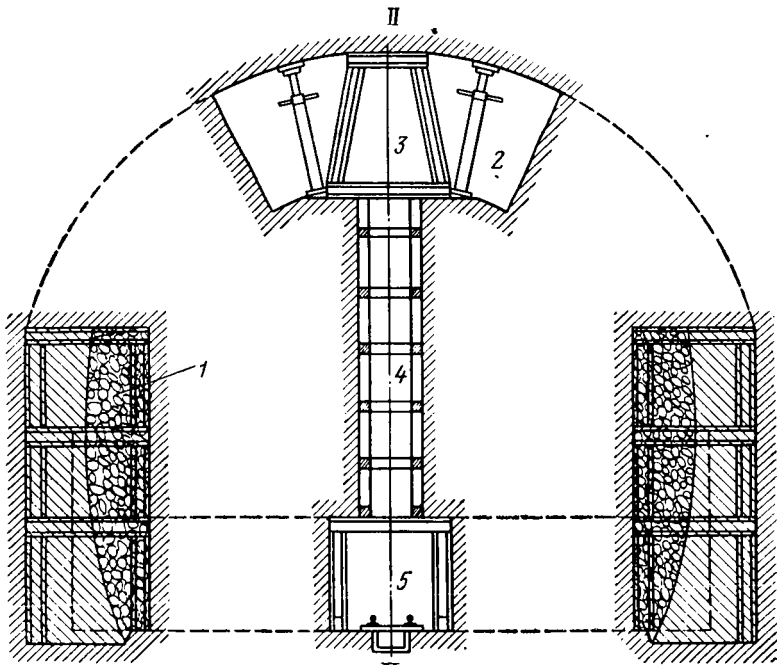
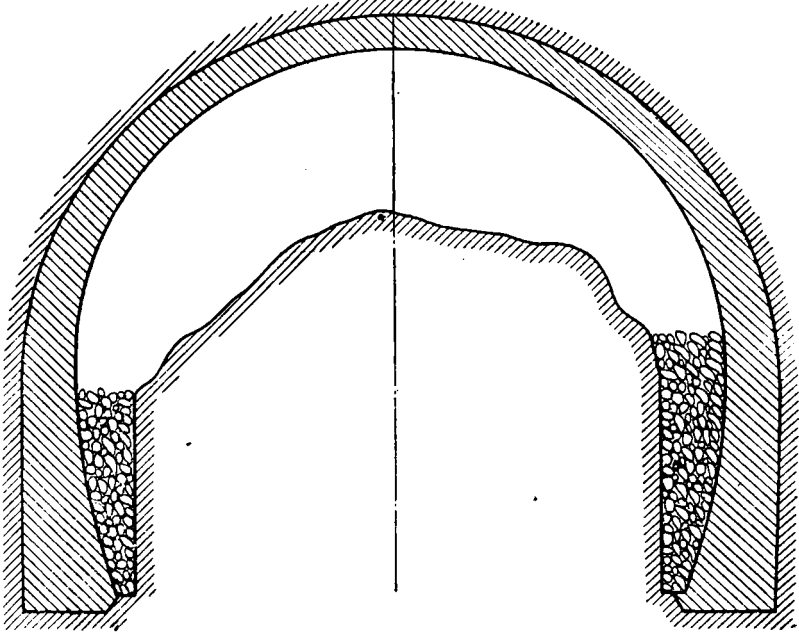


Рис. 194. Схема сооружения тоннеля с раскв



IV



ем в первую очередь его сечения по контуру

боковые штольни 1 нижнего яруса пройдены на длину 20—30 и в них возведена обделка; начаты работы по проведению штольни второго яруса. Порода от проведения штольни сбрасывают чер выработку 3 на нижнюю штольню, расположенную в плоскости по речной выработки 4, а затем — на центральную штольню 5. Этап соответствует моменту, когда разработка боковых штолен закончена и обделка стен тоннеля возведена, пространство между стенами тоннеля заполнено породой 1, которая будет предохранять обделку стен при разработке центрального целика. Проводится центральная штольня 3 и от нее начинается разработка калотты 2. Порода проведения калотты сбрасывается через центральный фурнель на нижнюю штольню 5. Этап III, А — разработка калотты в колы закончена, этап III, Б — возведена обделка свода. Этап IV соответствует моменту, когда обделка тоннеля полностью возведена и ведутся работы по разработке центрального целика породы.

Способ сооружения тоннеля с раскрытием в первую очередь сечения по контуру имеет следующие достоинства: простая и весьма надежная временная крепь, позволяющая легко видоизменять и в зависимости от изменения физико-механических свойств пересекемых пород; большая безопасность работ; основная масса пород (центральный целик) разрабатывается в условиях полной безопасности под защитой постоянной обделки; исключается осадка породы.

К недостаткам способа необходимо отнести большой объем работ связанных с проведением выработок ограниченных сечений (боковые штольни); стесненность работ, что может вызвать понижение качества обделки.

Способ имеет широкое применение при сооружении тоннелей и камер больших сечений в породах, имеющих неоднородную структуру и недостаточно прочных.

Переходя к общей оценке рассмотренных способов сооружения тоннелей в породах средней прочности и мягких, можно отметить, что наиболее надежным и безопасным является способ сооружения тоннеля с раскрытием в первую очередь контура тоннеля. Этот способ

Т а б л и ц а 5

Показатели на 1 м тоннеля	Способ сооружения тоннеля	
	с раскрытием по \ полное сечение	с раскрытием по контур сечения
Разработка забоя, м ³ :		
с креплением	120	69
без крепления	—	51
Расход лесоматериала, м ³ :		
круглого	5,4	3,5
пиленого	2,75	2,0
Затраты труда, чел-дней	121,7	80,7
Стоимость сооружения, руб.	1150	880

обенно целесообразно применять при пересечении пород с часто встречающимися физико-механическими свойствами. По расходу материалов на временную крепь, трудоемкости работ и стоимости на 1 м длины способ сооружения двухпутного тоннеля с раскрытием первую очередь контура сечения является более эффективным в сравнении со способом сооружения тоннеля с раскрытием его до полного сечения (табл. 55).

71. Сооружение тоннеля с проведением центральной направляющей штольни

Способ предусматривает проведение штольни 1 (рис. 195, а) в центральной части тоннеля 2 с последующим расширением ее до проектного сечения. Для одновременного осуществления работ по проведению центральной штольни и расширению тоннеля параллельно тоннелю проводится боковая передовая выработка 3.

Центральная направляющая штольня и боковая передовая выработка соединяются диагонально расположенными соединительными выработками 4. Боковая выработка располагается от оси тоннеля на расстоянии 20—25 м, а соединительные выработки проводят через 200—250 м. Наличие боковой выработки обеспечивает полную независимость работ в забое тоннеля и центральной штольни, позволяет иметь совершенную схему проветривания, что имеет большое значение при значительной протяженности тоннеля, и принимать воздух, поступающую из центральной штольни, а также обеспечивает получение дополнительных разведочных данных о состоянии пересекаемых пород. Кроме того, боковая выработка может служить запасным выходом. Площадь сечения направляющей штольни принимается до 10—12 м², а боковой и соединительных выработок 5—7 м².

Наличие боковой штольни при собственно сооружении тоннеля сплошным забоем или в слабых породах способами, рассмотренными в §§ 57—67, нашло применение при сооружении тоннелей большой протяженности. Так, при сооружении Меградзорского железнодорожного тоннеля протяженностью 8,3 км на расстоянии 20 м от оси тоннеля проводилась боковая штольня, используемая для проветривания и как запасный выход из тоннеля. Подобный же способ производства работ намечается к осуществлению при сооружении тоннелей в БАМе.

Расширение тоннеля до проектного сечения производится путем бурения радиально расположенных шпуров, пробуриваемых из центральной штольни (рис. 195, б). Бурильные машины монтируют на колонке или каретке. Для правильного радиального расположения шпуров бурильные машины должны быть снабжены клиноотрамами. Глубина шпуров принимается в зависимости от расстояния от стен штольни до контура тоннеля и составляет 2,5—4,5 м. Число шпуров по периметру штольни изменяется от 26 до 32, среднее расстояние между шпурами по периметру штольни 0,4—0,45 м. Шпуры по длине штольни располагаются кругами с расстоянием между

ними 0,6—0,75 м. Одновременно взрываются шпуров в четырех - восьми кругах, причем для того чтобы взорванная порода не закрыла вала полностью сечение штольни, нижняя часть шпуров взрывается с опережением верхних на четыре — пять кругов. Порода из боково выработки и центральной штольни через соединительную выработку подается в тоннель, где выгружается в состав вагонов или самосвалы которые вывозят ее на поверхность. Порода от расширения тоннел грузится экскаватором.

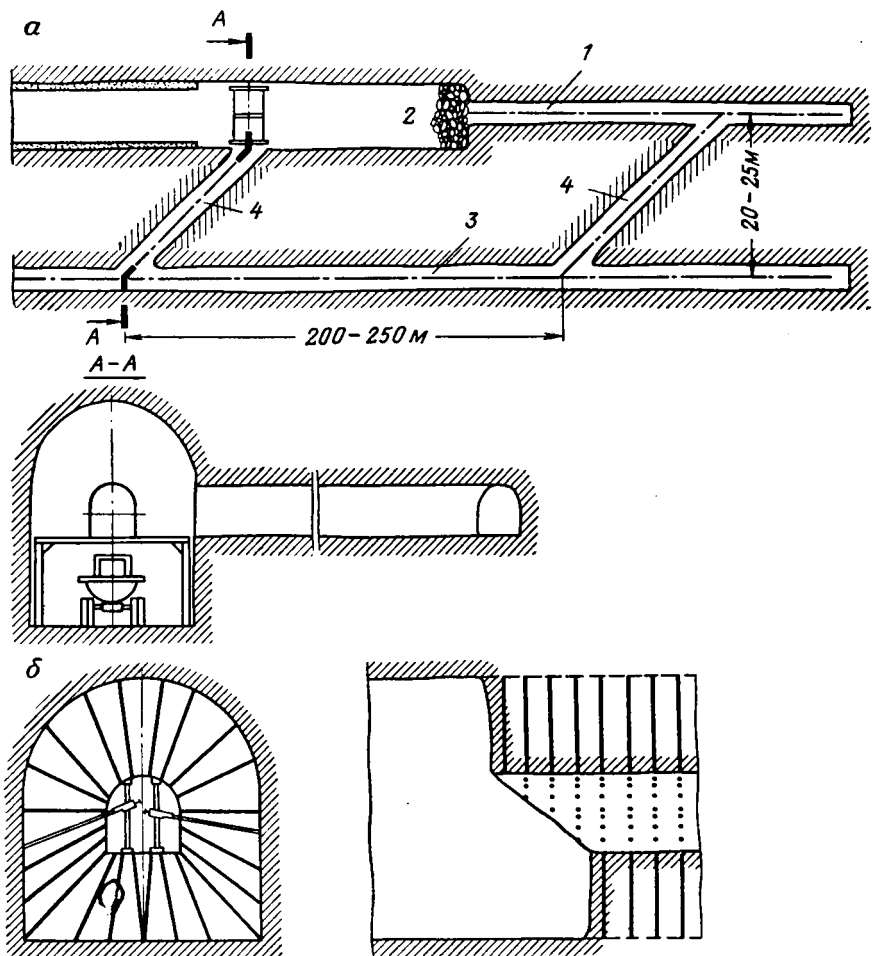


Рис. 195. Схема сооружения тоннеля с применением центральной направляющей штольни

При пересечении менее прочных пород, требующих наличия временной крепи, разработка забоя тоннеля производится уступами. Верхний уступ закрепляется временной крепью, а выдачу породы

изводят через боковую выработку. Порода от разработки нижнего ула выдается через тоннель. Способ сооружения тоннеля с проением центральной штольни применяется при строительстве железнодорожных тоннелей большой протяженности и может обеспечить скорость сооружения до 25—30 м в неделю.

2. Модернизация способов сооружения тоннелей

в параграфах 68—70 были рассмотрены способы сооружения тоннелей с различной последовательностью раскрытия сечения при именовании для выемки породы ручных механических инструментов ложных громоздких конструкций временных крепей. Эти схемы можно рассматривать как классические, получившие свое развитие и сооружения главным образом железнодорожных тоннелей XIX в.

Современные средства механизации работ по выемке породы, новые и более совершенные материалы и конструкции крепи в виде прызбетона и торкрет-бетона, металлических податливых арок, анг и др., а также создание измерительных приборов для фиксации контроля за развитием деформаций в массиве породы (экстензометры, динамометры, тензометрические шайбы и др.) позволяют внести уточняющие коррективы в принимаемые решения по выбору способа сооружения и конструкций обделки тоннелей в породах изменяющимися свойствами.

В этом отношении представляют известный интерес некоторые новые решения по сооружению тоннелей за рубежом.

В недостаточно прочных породах в Японии применяют так называемый способ «грибовидного сечения». Этот способ (рис. 196, а) заключается в разработке в первую очередь грибовидной части 1 сечения, затем производится бетонирование свода 2, разработка верхней части штроссы 3 и подведение под пяты свода 4 и 4.

Технологическая схема сооружения этим способом двухпутного железнодорожного тоннеля показана на рис. 196, б. Грибовидная часть профиля 1 разрабатывается буровзрывным способом с применением буровой каретки 2, перемещающейся по боковым бортам штроссы 3. Кровля свода закрепляется штангами. Взорванная порода поступает в нижнюю штольню 4 и грузится машиной 5 в вагонетки. Маневры с вагонетками при погрузке породы осуществляются и помощи вертикального перестановщика 6. Обделка свода производится при помощи подвижной опалубки 7, которая перемещается по боковым бортам. Бетонная смесь подается за опалубку бетононасосом 8. Для разработки оставшейся части сечения штроссы укладывают два боковых рельсовых пути 9, по которым перемещаются рудопогрузочная машина 10 и вагонетки. Разработка породы под пятами свода производится отдельными нишами длиной 6—8 м. Для возведения обделки стен тоннеля применяются передвижные

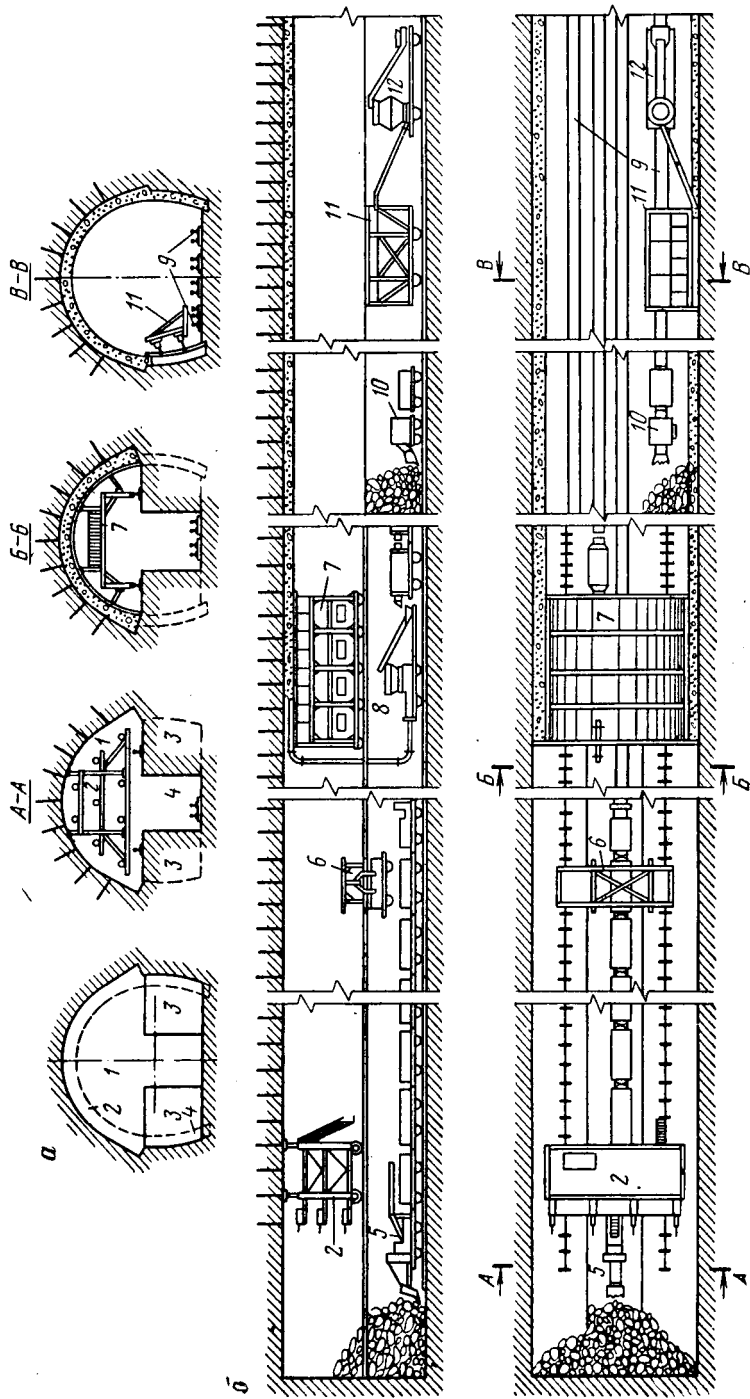


Рис. 196. Сооружение тоннеля грибовидной формы сечения

фермы 11 с опалубкой, бетонная смесь подается за опалубку пневмобетоноукладчиком 12.

Данная схема обеспечивает поточность производства всех основных операций и повышение скорости сооружения тоннеля до 150—180 м/мес.

В породах неоднородных по составу и строению возможно сооружение тоннеля по модернизированной схеме с нижним уступом. Разработка уступов при такой схеме сочетается с применением передовых штолен, располагаемых по контуру сечения тоннеля, и установкой предварительно-напряженных анкеров. Данная схема была применена при сооружении двухполосного автомобильного тоннеля «Страйт Крик» (США) площадью сечения в свету 86 м² (рис. 197). Учитывая наличие пересекаемых пород (граниты и аспидные сланцы) с ярко выраженной блочностью и включением глинистых материалов, схема сооружения предусматривала проведение пяти передовых штолен (рис. 197, а): одной штольни выше шельги свода и по две штольни в боках и пятах свода. Площадь сечения штолен была принята около 7—7,5 м². До начала разработки верхнего уступа породный массив, прилегающий к тоннелю, упрочняли одностержневыми предварительно-напряженными анкерами. Анкера длиной от 4,5 до 8 м закладывали из замковой и боковых штолен продольным шагом 2 м с усилием до 120—150 тс. В боковых штольнях укладывали балки-опоры 1 для установки на них металлических арок свода тоннеля и монорельсовые пути 2 для перемещения буровой рамы. Замковую и боковые штольни заполняли бетоном. После набора бетоном требуемой прочности приступали к разработке верхнего уступа тоннеля буровзрывным способом (рис. 197, б, левая часть). На буровой раме 1 было смонтировано восемь бурильных машин с автоподатчиками. Глубина шпуров была принята до 4 м. Взорванную породу грузили одноковшовыми фронтальными машинами в автосамосвалы. В качестве временной крепи применяли металлические арки 2 с шагом 0,8 м, которые закрепляли на балках-опорах 3 и затем бетонировали.

Нижний уступ (рис. 197, в, правая часть) разрабатывали буровзрывным способом с использованием скважин 1 при длине заходки до 2,5 м. Временную крепь боковых стен выполняли из криволинейных стоек 2, закрепляемых на балках-опорах 3. Стойки замоналичивали бетоном вслед за подвиганием забоя.

При ухудшении геологических условий, когда несущая способность крепи боковых штолен оказывалась недостаточной для восприятия нагрузок, передаваемых сводом, боковые опоры выполняли в виде системы штолен I—IV, опирающихся на почву выработки (рис. 197, в). При этом проведение каждой последующей штольни осуществлялось после бетонирования предыдущей. В нижних штольнях закладывались продольные балки двутаврового сечения 1, служившие опорами для арок обратного свода 2.

На рис. 198 показана схема сооружения тоннеля «Лаймерн» (Швейцария) в рыхлых породах с разработкой породы по контуру сечения. Работы по сооружению тоннеля начинались с проведения

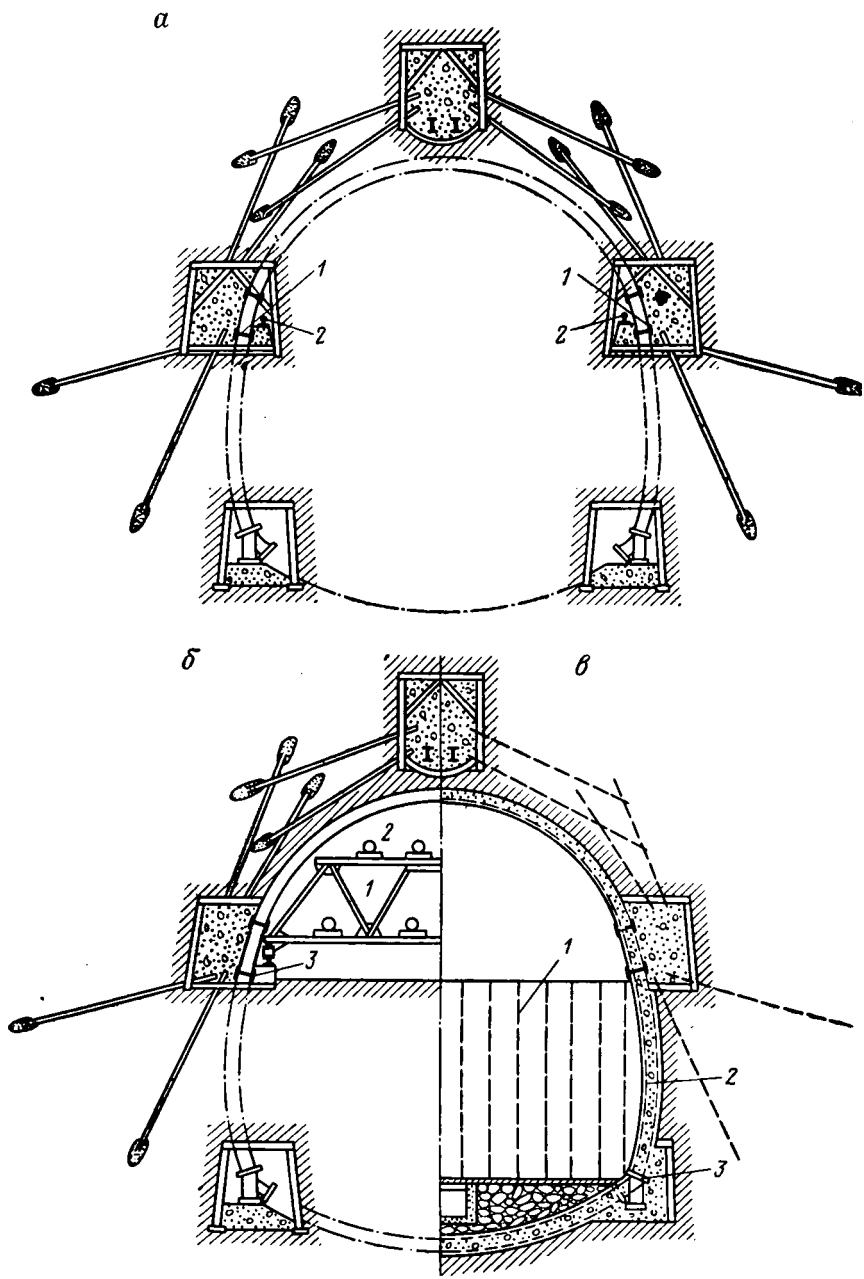
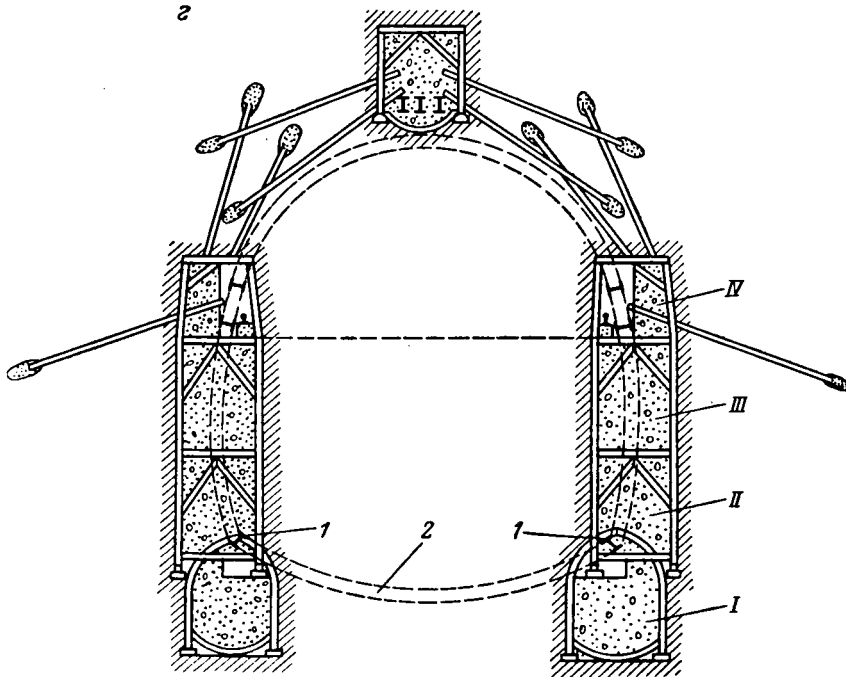


Рис. 197. Схема сооружения тоннеля с применением передовых штолен

оковых штолен (рис. 198, а). Забои штолен имели уступную форму. Выемка породы производилась отбойными молотками с погрузкой ее при помощи перегружателей в думпкары, которые свободно перещалась в боковых штольнях. Временная крепь штолен металлическая арочная с межарочными связями. Бока штольни тщательно атягивались металлической сеткой. После проведения штолен на величину заходки (12—15 м) приступали к возведению бетонной обделки боковых стен, при этом выемку породы в штольнях прекращали. Далее приступали к разработке калотты уступным забоем а полный профиль с установкой через 1 м временных металлических роков (рис. 198, б). Опорами арок служили металлические плиты, кладываемые на бетонную обделку стен штолен. Для предотвращения обрушения пород в забое устанавливают забивную крепь из металлических шпильев. Выемка породы в калотте также производилась отбойными молотками с погрузкой и доставкой ее погрузочно-доставочными машинами. Бетонная обделка свода возводилась од защитой временной крепи.

После разработки калотты осуществлялась выемка штроссы (рис. 198, в).

В осадочных породах типа различных сланцев, глин, суглинков и других подобных мягких связанных пород возможно применение способа сплошной разработки сечения тоннеля с применением тонко-



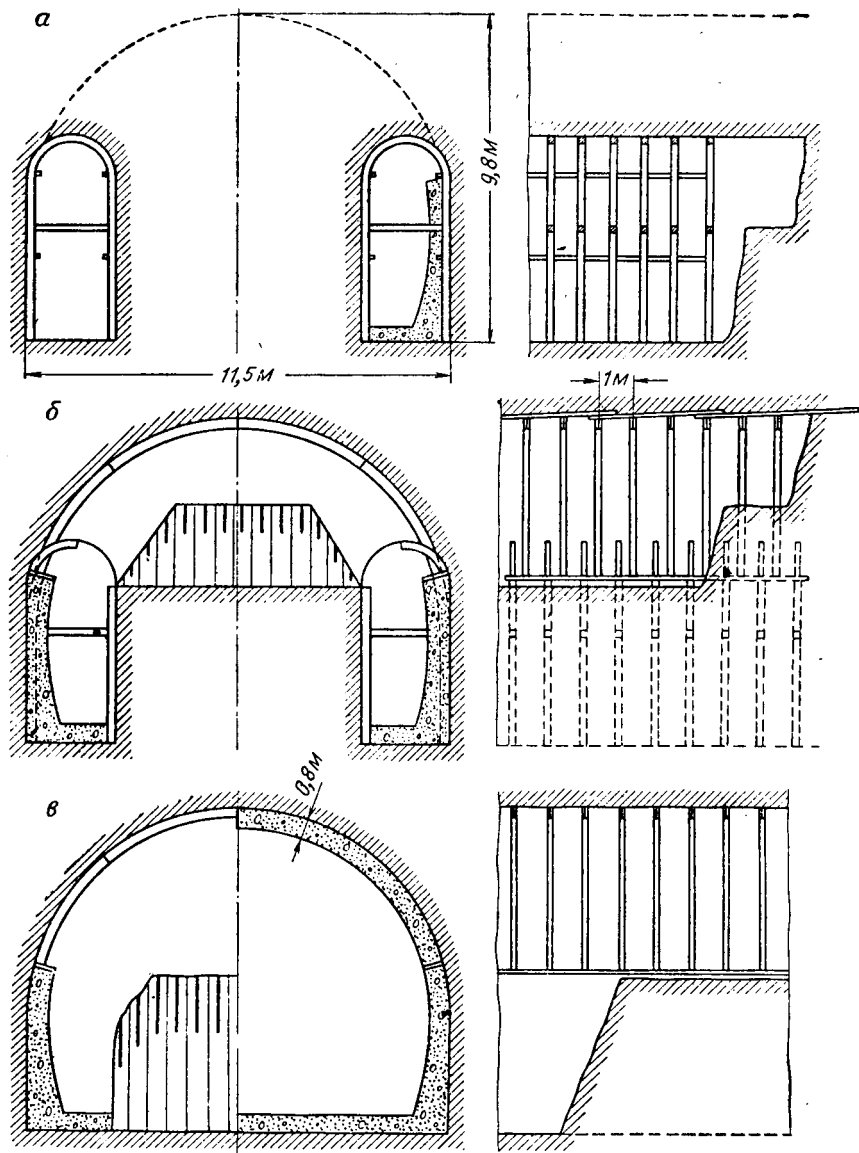


Рис. 198. Схема сооружения тоннеля в рыхлых породах

стенной крепи. Эта схема сооружения тоннеля базируется на следующих предпосылках: материал обделки должен иметь модуль упругости равным или несколько больше, чем модуль упругости окружающих пород, и толщина обделки должна быть настолько небольшой, чтобы жесткость ее системы обделки имела лишь второстепенное значение. Таким образом, выбор тонкостенной обделки

обуславливается стремлением использовать несущую способность породы в зоне, окружающей тоннель. Для достижения указанных условий должен быть выполнен ряд предпосылок: сооружение тоннеля должно производиться с полным исключением нарушения породы на ее контуре; тонкостенную крепь необходимо возводить возможно быстрее, одновременно с выемкой породы; обделка должна обладать податливостью, плотно прилегать к породе по контуру тоннеля; для увеличения несущей способности зоны пород, окружающих тоннель, необходимо также применение предварительно-напряженных анкеров (образование как бы армокаменного свода). В зарубежной практике эта схема сооружения тоннеля получила название нового тоннельного метода Австрии (НАТМ).

На рис. 199 показана схема сооружения по этому методу тоннеля метрополитена во Франкфурте-на-Майне (ФРГ). Тоннель диаметром в свету 5,5 м сооружался в четвертичных отложениях, представленных гравием и жесткопластичными глинами. Разработка забоя осуществлялась с верхним уступом (калоттой) на глубину 0,75—1,2 м. Сразу же после этого стены и забой закрепляли слоем торкретбетона толщиной 3 см. После выемки слоя породы в калотте разрабатывали штроссу и устанавливали через 1 м металлические податливые арки массой 16,5 кг/м. К аркам обделки укрепляли металлическую сетку и затем наносили второй слой набрызгбетона толщиной 20 см марки 250—300 кг/см². Суммарная толщина второго слоя набрызгбетона с учетом размеров арок крепи 38 см.

В местах фильтрации воды устанавливали дренажные трубки. По контуру тоннеля с шагом 1,5 м бурили восемь скважин глубиной 8—10 м и устанавливали одностержневые предварительно-напряженные анкера.

Отдельные этапы работ выполнялись с минимальным перерывом во времени (последовательность работ в забое тоннеля показана на рисунке цифрами). Наибольшее удаление плоскости забоя от зоны бетонирования почвы тоннеля не превышало 9 м. Замыкание кольца обделки завершалось не более чем за двое-трое суток. После нанесения изоляционного слоя стены тоннеля покрывали слоем штукатурки, армированной сеткой.

На рис. 200 показана схема сооружения тоннеля гидроузла «Тарбела» (Пакистан). Тоннель площадью сечения 460 м² проводили в сильно тектонически нарушенных породах, на контактной зоне изверженных и осадочных пород, представленных различными сланцами, разбитыми на мелкие блоки. Для обеспечения безопасности работ разработка калотты тоннеля была начата с проведения двух боковых штолен I, расположенных на уровне пят свода, в которые были уложены железобетонные балки опоры для установки арок обделки. Одновременно с боковыми штольнями проводилась третья штольня в замке свода тоннеля, в которую также была заделана продольная балка, работающая как шарнир, разделяющий систему арок обделки на две части. Такая конструкция обеспечивала увеличение несущей способности системы арок, так как обе половины их являлись статически независимыми одна от другой. При этом упро-

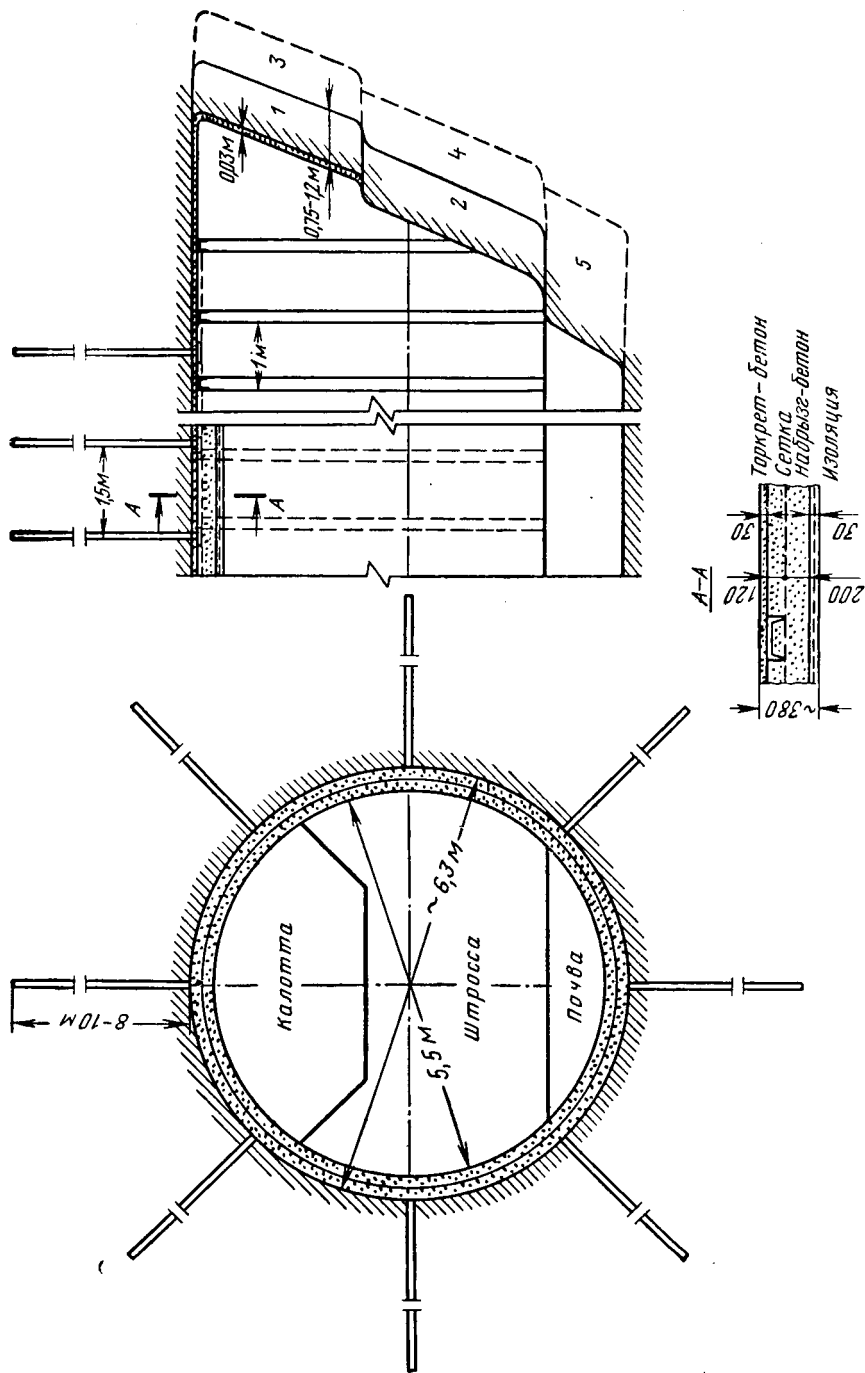


Рис 499 Схема сооружения туннеля с питанием в радиусе с применением изоляционной вкладки

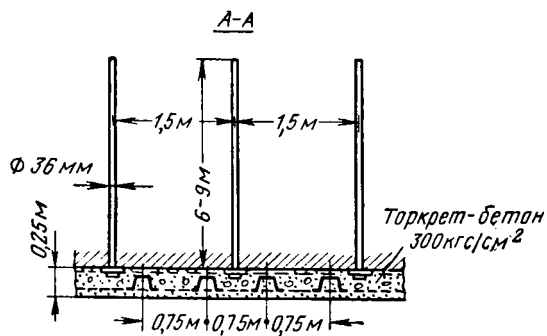
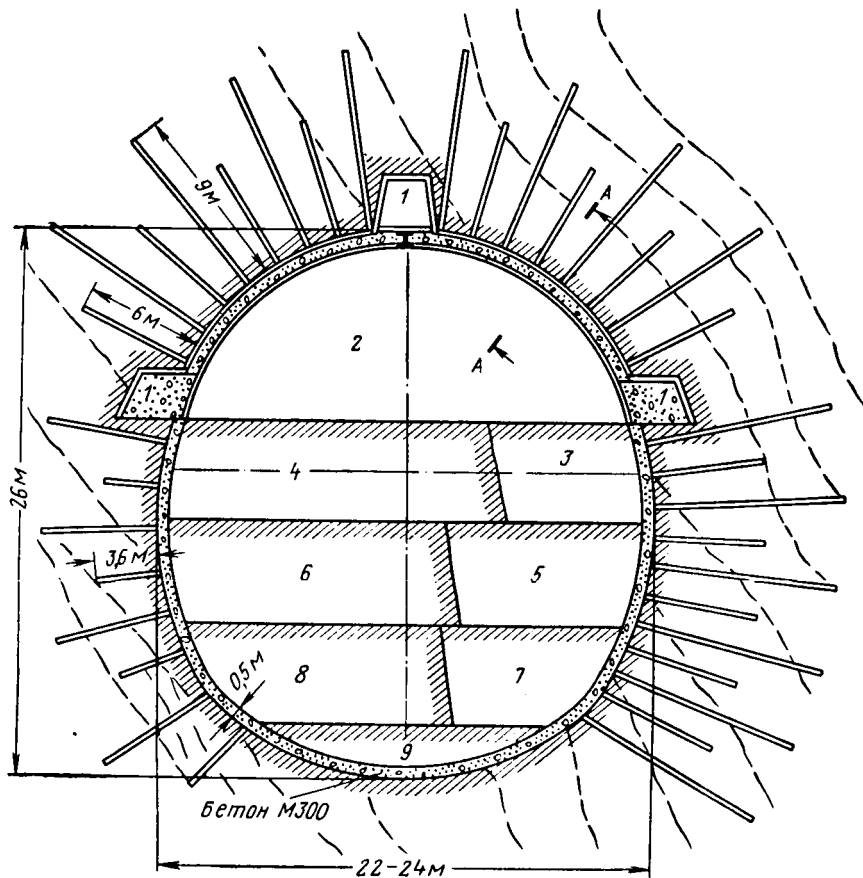


Рис. 200. Схема сооружения тоннеля с разработкой породы горизонтальными слоями

щалось производство работ по установке арок и сокращалась продолжительность нахождения калотты тоннеля в незакрепленном состоянии. Одновременно с выемкой породы устанавливали предварительно-напряженные анкера длиной 6 и 9 м с шагом 1,5 м.

Далее производилась разработка штроссы отдельными уступами с малым отставанием друг от друга. Разработка каждого уступа осуществлялась двумя забоями. По мере выемки породы контур тоннеля закреплялся торкрет-бетоном, а в стены тоннеля в зависимости от свойств пересекаемых пород устанавливались предварительно-напряженные анкера длиной 3, 6 и 9 м с шагом 1—2 м. Затем на анкерах укреплялась металлическая сетка и наносился сло торкрет-бетона толщиной 25 см с временным сопротивлением сжатию 300 кгс/см². Последовательность развития работ по разработке забоя тоннеля показана на рисунке цифрами 1—9.

Несмотря на то что рассматриваемый способ сооружения тоннелей обеспечивает значительную экономию материала для отделки уменьшение объема выемки породы, его применение возможно только в пластичных и связанных породах при отсутствии явно выраженного сосредоточенного проявления нагрузок на отделку. Осуществление способа также требует предварительных специальных исследований физико-механических и деформативных свойств пород, вплоть до проведения этих исследований в предварительно пройденных наблюдательных штольнях, постоянного контроля за смещениями в породах в процессе производства работ и высококвалифицированные кадры. Эти требования ограничивают область применения рассматриваемой схемы производства работ.

Глава XIII

СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ КОМБАЙНОВ

Специфические недостатки проведения выработок буровзрывным способом, указанные в главе VII, еще больше проявляются при сооружении тоннелей. Важное значение при этом имеют: увеличенные количества проходческих операций, особенно в связи с применением последовательной разработки отдельных участков сечения тоннеля необходимость применения большого числа типов проходческого оборудования; возникновение условий, создающих более опасный режим ведения горных работ, и др. В связи с этим в целях повышения технико-экономических показателей сооружения тоннелей и улучшения условий работы в настоящее время находит применение механизированное сооружение тоннелей при помощи комбайнов.

Основным сдерживающим фактором сооружения тоннелей комбайнами является предел прочности пород на сжатие, так как прочность пород определяет энергоемкость процесса ее разрушения расходы режущего инструмента, массу комбайна, усилия подачи его на забой и др.

В настоящее время в практике сооружения тоннелей комбайнами метились следующие основные направления: а) применение комбайнов избирательного действия; б) применение комбайнов роторного типа, обрабатывающих забой на полное сечение; в) применение комбайнов роторного типа при ступенчатой обработке забоя.

73. Сооружение тоннелей комбайнами избирательного действия

Комбайны избирательного действия, широко применяемые в практике проведения пластовых выработок с площадью сечения до 20 м²

в породах с пределом прочности на сжатие 400—600 кгс/см², не могут быть использованы для обработки с одной позиции всего забоя тоннеля. При сооружении тоннеля с применением этого типа комбайнов разработка забоя осуществляется отдельными заходками (рис. 201).

В первую очередь и последовательно обрабатываются боковые заходки 1 и 2 заданной высоты и ширины, которые могут быть высечены при работе комбайна с одной позиции. Для разработки калотты тоннеля 3 до проектной его высоты комбайн размещается на породной берме 4, которая обрабатывается в последнюю очередь.

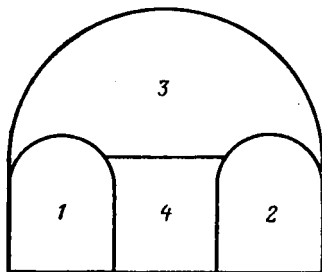


Рис. 201. Схема разработки забоя тоннеля комбайном избирательного действия

Такой способ разработки забоя может быть принят только в породах достаточно устойчивых и не требующих применения временной крепи. Большой объем маневровых операций комбайна в забое тоннеля снижает его производительность до 10—12 м³/ч.

Для обеспечения более эффективного использования комбайнов избирательного действия ЦНИИПодземмашем создан комбайн ТК-1с, состоящий из двух (сдвоенных) серийно выпускаемых комбайнов, сложенных один над другим (рис. 202).

Опытный образец комбайна ТК-1с был смонтирован на базе двух комбайнов типа 4ПП-2.

Техническая характеристика комбайна

Техническая производительность, м ³ /мин:	
по песчанистому сланцу ($f = 6$)	0,5
по сланцам ($f = 3,5$)	1,2
Основные размеры (без перегружателя), мм:	
длина	9500
ширина	3900—4500
высота	4500—5200
Фронт погрузки, м	4,6
Установленная мощность 14 электродвигателей комбайна, кВт	389
Площадь обрабатываемого забоя, м ²	19—78
Масса, т	78

Разрушенная верхним и нижним исполнительными органами комбайна порода падает на почву тоннеля и подбирается нагребом.

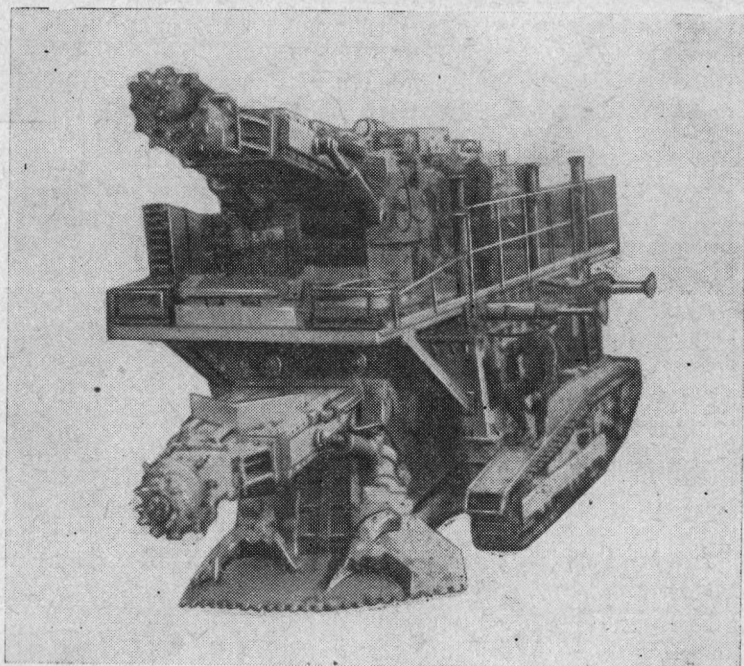


Рис. 202. Комбайн ТК-1с

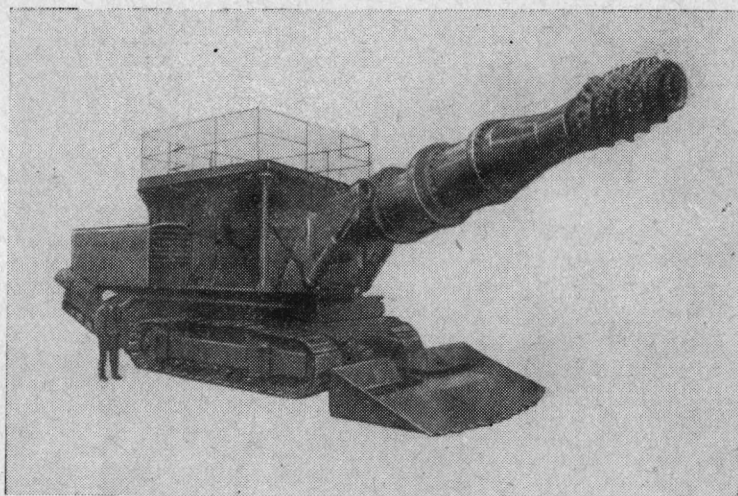


Рис. 203. Комбайн фирмы «Паурат» (ФРГ)

дими лапами нижнего комбайна. Далее порода скребковым конвейером подается на мостовой конвейер, который доставляет ее транспортные средства. Комбайн испытывался при сооружении напорного тоннеля площадью сечения в проходке 33 м^2 на стреловидности Ингури ГЭС. Пересекаемые породы — плотные сланцевые гны с прослойками глинистых сланцев. Разработка сечения тоннеля связана с наличием слабых перескаемых пород производилась основным забоем: в первую очередь разрабатывалась калотта тоннеля глубиной $1,2 \text{ м}$ с временной крепью в виде закладных (консольных) стальных затяжек, далее разрабатывались боковые вертикальные выработки для установки металлической арочной крепи с расстоянием между арками 1 м . В последнюю очередь под защитой временной крепи разрабатывалась центральная часть сечения тоннеля. Эксплуатационная производительность комбайна (без учета простоев организационным причинам и из-за различных неисправностей) составила $21 \text{ м}^3/\text{ч}$ породы в массиве, а с учетом простоев — $10\text{—}12 \text{ м}^3/\text{ч}$. Состав бригады рабочих, обслуживающих комбайн (без учета других рабочих, занятых в забое) состоял из четырех человек, в том числе один машинист, два рабочих у погрузочного стола и один рабочий у конвейера. Средняя скорость продвижения тоннеля — $1,5 \text{ м}/\text{сут}$.

Комбайн испытывался в неблагоприятных условиях — слабые породы, вызывающие необходимость разработки забоя отдельными выработками. В связи с этим верхний и нижний комбайны фактически работали последовательно и требовалась весьма трудоемкая временная крепь.

За рубежом разработаны конструкции мощных комбайнов избирательного действия, обеспечивающих обработку всего забоя тоннеля. Подобного типа комбайны созданы фирмами «Паурат» и «Эйкерт» (ФРГ).

Комбайны выпускаются двух разновидностей: а) исполнительный орган комбайна смонтирован на ходовой части экскаватора, а для загрузки породы применяется отдельная погрузочная машина; комбайн смонтирован на гусеничной тележке и имеет загребающее устройство для загрузки породы и хвостовой конвейер.

Общий вид комбайна фирмы «Паурат» показан на рис. 203. Комбайн имеет установленную мощность 335 кВт , в том числе мощность исполнительного органа 200 кВт .

Комбайн успешно работал при сооружении ряда железнодорожных тоннелей в Италии в породах с пределом прочности на сжатие $1300 \text{ кгс}/\text{см}^2$ и обеспечивал производительность до $120 \text{ м}^3/\text{ч}$. Производительность разработки забоя тоннеля показана на рис. 201.

При сооружении Арльбергского автодорожного тоннеля (Австрия) длиной $13,98 \text{ км}$ и площадью сечения до 103 м^2 применялся оходческий агрегат «Демаг» (ФРГ), смонтированный на базе экскаватора, на стреле которого вместо ковша емкостью 2 м^3 был установлен стреловидный фрезерный рабочий орган с комбайна избирательного действия типа VS-2 «Демаг» мощностью 160 кВт , обеспечивающий разработку породы с пределом прочности на сжатие

до 500—800 кгс/см². Проходческий агрегат разрабатывал забой тоннеля высотой до 9 м и шириной с одной установки (без маневрования) до 10 м. Так как агрегат не имел устройства для погрузки породы, то в тоннеле применялся фронтальный погрузчик с емкостью ковша 2,5 м³. Средняя скорость продвижения тоннеля составляла 3 м/сут.

§ 74. Сооружение тоннелей при помощи роторных комбайнов

Роторные комбайны применяются в основном при сооружении гидротехнических тоннелей различного назначения. Транспорт

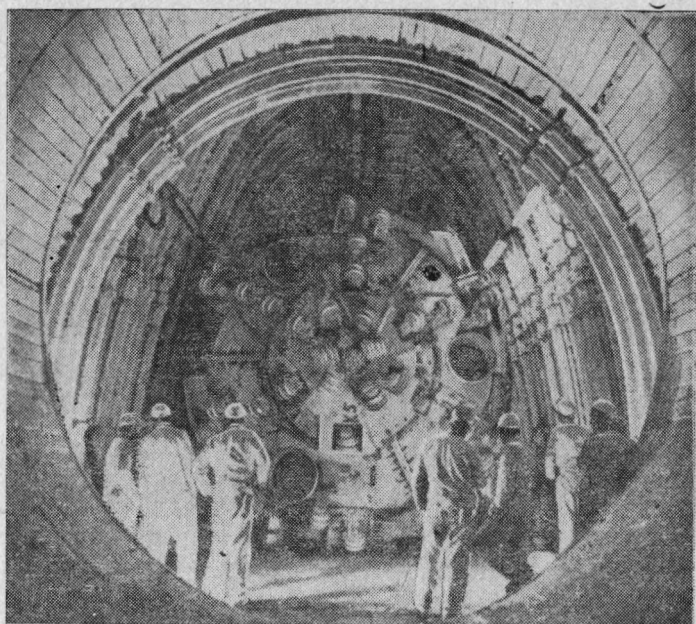


Рис. 204. Общий вид комбайна фирмы «Вирт» в монтажной камере

тоннели комбайнами этого типа практически (за исключением тоннелей метрополитенов глубокого заложения) не сооружаются. Круглая форма сечения тоннеля и необходимость частичного заполнения ее породой для образования проезжего полотна значительно снижает эффективность применения роторных комбайнов. Полезная площадь сечения тоннеля в этом случае получается как разность между площадью сечения тоннеля после его закрепления и площадью нижней части сечения, заполняемой породой.

Комбайны роторного типа при сооружении тоннелей в крепких породах (с пределом прочности на сжатие более 1300 кгс/см²) име

Показатели	Тип комбайна						
	«Роббинс» А6а (США)	«Роббинс-351» (США)	«Роббинс-371» (США)	«Дрессер-205» (США)	«Вирт» У-1-Н (ФРГ)	«Вирт» МТВ-УН (ФРГ)	«Демар» ТУМБ4-58/60Н (ФРГ)
Диаметр сооружаемого тоннеля, м	5,8	9,0	11,2	8,20	6,5—7,87	5,8—6,8	5,4—6,0
Механизм передвижения	Шагающего типа						
Установленная мощность двигателя, кВт	630	597	810	720	920	760	1098
Скорость подачи, м/мин	—	—	—	1,2	1,5	1,5	1,5
Длина подачи на забой, тс	840	102	245	—	735	635	640
Частота вращения бурового ротора, об/мин	4,2	4,5	1,85—9,25	До 10	0—48	0—6,15	6,1
Масса комбайна, т	285	175	300	230	—	—	340

сма значительную мощность и массу. При сооружении гидротехнических тоннелей роторные комбайны обычно применяются в породах типа сланцев, мергелей, доломитов и т. п., т. е. в породах пределом прочности на сжатие 600—800 кг/см².

Техническая характеристика комбайнов для сооружения гидротехнических тоннелей приведена в табл. 56. На рис. 204 показан комбайн фирмы «Вирт» (ФРГ) при его выходе из монтажной камеры стартовую выработку тоннеля диаметром 5,3 м.

В табл. 57 приведены данные по ряду примеров применения роторных комбайнов.

Особенности сооружения тоннелей комбайнами, в отличие от их работы в выработках ограниченных сечений, в основном обусловлены большими объемами разрушаемой породы, сложностью взвозки обделки тоннеля и большей трудностью обеспечения плавности направления комбайна при его движении.

Большие объемы разрабатываемой комбайном породы вызывают необходимость иметь весьма производительный транспорт. Обычно транспортирование породы от комбайна осуществляется при помощи грузочного мостового конвейера. Конвейер монтируется на портьерной раме и имеет значительную длину, которая принимается в зависимости от условия размещения под конвейером состава вагонеток с суммарной емкостью, равной объему породы, получаемой за шаг продвижения комбайна, т. е. 30—40 м³ породы в массиве.

Крепление тоннеля вслед за продвижением забоя осуществляется различно в зависимости от свойств пересекаемой породы. В доста-

Наименование тоннеля	Условия сооружения тоннеля				Модель комбайна	Скорость сооружения тоннеля, м/сут	
	назначение	диаметр, м	длина, км	пересекаемые породы		средняя	максимальная
«Эшальон» (Франция)	Гидротехнический	5,8	4,70	Сланцы, песчаник	«Вирт» ТВV-580Н	270 м/мес	503 м/мес
«Навахо» (США)	Ирригационный	8,2	4,85	Песчаники	«Дрессер-205»	15,4	46
«Тусис» (Швейцария)	—	5,59	6,0	Песчанистый сланец	«Ингерсол-Рэнд» НРТ	150 м/мес	—
«Большой тоннель» (Нью-Йорк, США)	Водоспускной	6,3	8,91	Песчаники, глинистый сланец	То же	734 м/мес	48
«Норт-Гурон» (США)	Водоподающий	6,3	9,46	Сланец, известняк	»	—	63
«Юк-Хауз» (ЮАР)	То же	5	10,8	Алевролиты, песчаники	»	482 м/мес	42
Метро (Вашингтон, США)	Транспортный	5,8	5,7	Сланцы, диориты, гнейсы	«Роббинс» Аба	18	—

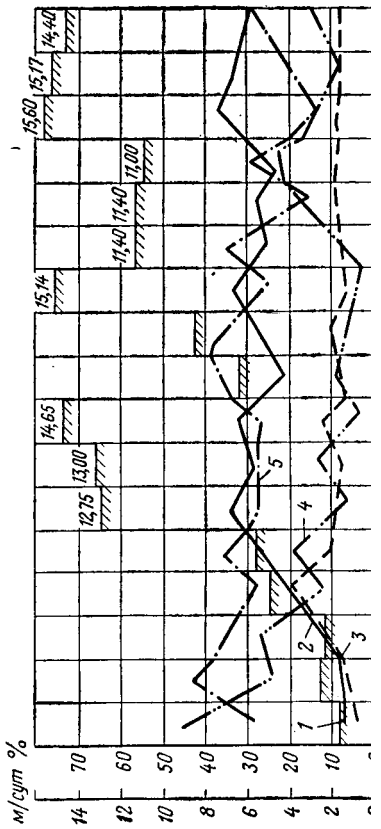


Рис. 205. График изменения основных показателей использования комбайна:

1 — скорость сооружения тоннеля, м/сут; 2 — коэффициент использования комбайнов; 3 — продолжительность перестановки комбайнов; 4 — продолжительность простоев, связанных с комбайном, %; 5 — про-

Порода	Скорость сооружения тоннеля, м/сут			Расход мощности на 1 м ³ породы, кВт	Стоимость шарошки, м ³ породы на одну шарошку
	максималь- ная	минимальная	средняя		
Гнейс	16,56	1,1	6,40	35,0	81
Известняк, доломит	22,60	1,13	8,15	20,4	150
Флиш	34,3	1,1	12,87	16,4	200
Песчаник, ангидрит	31,5	1,0	19,0	14,68	298

чно устойчивых породах применяется штанговая крепь (обычно полимерные штанги) с проволочной сеткой. В менее устойчивых породах металлическая сетка покрывается слоем набрызгбетона толщиной 2—3 см. В породах, имеющих значительные нарушения где также возможны вывалы, устанавливается кольцевая металлическая крепь. Кольца крепи собираются из четырех — пяти элементов, для плотного прилегания их к породе создается предварительный распор до 5 тс. Доставка крепежных материалов осуществляется до погрузочного конвейера на платформах и далее до места установки — монорельсовой подвесной дорогой.

Контроль за направлением комбайна обычно осуществляется с помощью лазера (см. § 31). В последних конструкциях комбайнов ручное управление заменяется электронной системой с установкой большого счетно-решающего устройства (мини-компьютера), применяется также дистанционное управление.

На рис. 205 представлен график, иллюстрирующий изменение новых показателей использования роторного комбайна типа «Дег» ТУМ54-58/60Н при сооружении выработки диаметром 6 м в шахте «Рейнланд» (ФРГ). Как видно из графика, использование комбайна во времени было невелико и изменялось в пределах 30—40%, отсюда и средняя скорость сооружения составила 12 м/сут. Продолжительность простоев, не связанных с работой комбайна, достигала 40%. Общая численность персонала составила 79 человек кроме того, 11 человек персонала надзора. Производительность труда составила 15 см/чел-смену, или 4,2 м³/чел-смену.

При сооружении гидротехнического тоннеля «Эшаллон» (Франция) диаметром 5,88 м комбайном типа «Вирт» ТВV-580Н (ФРГ) или проведены специальные исследования по определению скорости сооружения тоннеля в различных породах, расходу мощности на м³ породы и стоимости шарошек (табл. 58).

Учитывая большую массу, мощность и громоздкость роторных комбайнов для сплошной разработки тоннеля, условия их применения могут быть в общем виде определены следующим образом: сооружение тоннелей круглого сечения, т. е. главным образом гидро-

технических тоннелей различного назначения, тоннелей метрополитена глубокого заложения и т. п.; пересекаемые породы с предел прочности на сжатие 600—1200 кгс/см², не вызывающие необходимости иметь временную крепь непосредственно рядом с забоем прямолинейные тоннели (минимальный радиус закругления 150—200 м) протяженностью от 3 км и более.

§ 75. Сооружение тоннелей при помощи ступенчатых роторных комбайнов

Принцип действия ступенчатых комбайнов роторного типа основан на том, что они сечение тоннеля разрабатывают в несколько этапов

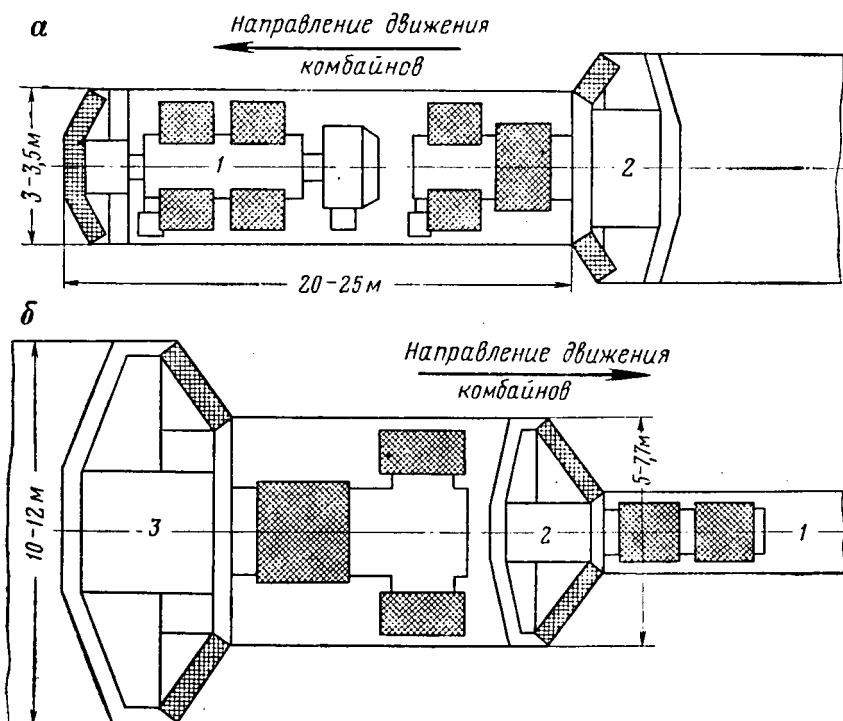


Рис. 206. Принципиальные схемы сооружения тоннелей ступенчатыми роторными комбайнами

На рис. 206, а показана двухступенчатая схема сооружения тоннеля, где передовой комбайн 1 разрабатывает забой тоннеля диаметра 3,5 м. На расстоянии 20—25 м от передового комбайна располагается комбайн-расширитель 2, разрабатывающий тоннель до проектных размеров. На рис. 206, б показана также двухступенчатая схема сооружения тоннеля, при которой предваритель-

центральной части тоннеля на всю его длину проводят передовую выработку *1*. Далее забой тоннеля расширяется до проектного сечения двумя комбайнами-расширителями в две ступени. Первая ступень расширения диаметром 5—7,7 м осуществляется комбайном 2, вторая ступень диаметром 10—12 м комбайном 3. Схема сооружения тоннеля в две ступени показана на рис. 207.

Схема применялась при использовании комбайна «Вирт» модели ГВЕ-300/600 при сооружении полевой выработки на шахте «Консолидацион» (ФРГ) и наклонной штольни «Моттоди-Дентро» при сооружении Сен-Готардского автомобильного тоннеля (Швейцария) и др. Передовой забой тоннеля имел диаметр 3 м и забой расширения 5,3 и 6,6 м.

Техническая характеристика комбайна «Вирт»

Диаметр передового бурового ротора комбайна, м	3
Диаметр бурового ротора расширителя, м	5,3
Длина передовой выработки, в которой расположены распорные системы и пульт управления, м	25
Длина комбайна, м	30
Масса комбайна, т	200
Общая установленная мощность, кВт	650
Максимальное усилие подачи, тс	450
Ход подачи передового ротора комбайна, м	2 × 0,8
Ход подачи ротора расширителя комбайна, м	1 × 1,5

На шахте «Консолидацион» полевая выработка сооружалась по песчаникам. Комбайном было пройдено 1543 м. Средняя скорость сооружения выработки за весь период работы комбайна составила 8,52 м/сут, максимальная скорость 16,8 м/сут. Средняя скорость бурения передовым ротором 4,4 см/мин и ротором-расширителем 2,5 см/мин, максимальная скорость соответственно 6,3 и 3,8 см/мин. Средняя производительность труда 4,56 м³/чел-смену.

Примерное соотношение времени бурения составляло: передового забоя тоннеля — 37%, расширения — 63%. Средняя продолжительность рабочих операций и простоев приведена ниже:

	мин/сут (%)
Бурение и перестановка комбайна	550,4 (38,5)
Простои, связанные с работой передового ротора комбайна	354 (24,7)
Простои, связанные с работой ротора-расширителя	338,5 (23,6)
Простои, не связанные с работой комбайна	110,5 (7,7)
Простои связанные с горно-гологическими условиями	78,2 (5,5)

Схема сооружения тоннеля в две ступени при наличии передовой выработки показана на рис. 208, где: *1* — буровой ротор комбайна первой ступени расширения, *2* — буровой ротор комбайна второй ступени расширения, *3* — станция энергоснабжения и управления для роторов расширения обоих комбайнов, *4* — гидравлическая механизированная крепь в зоне первой ступени расширения, *5* — распорные устройства роторов первой и второй ступени, *6* — нижние

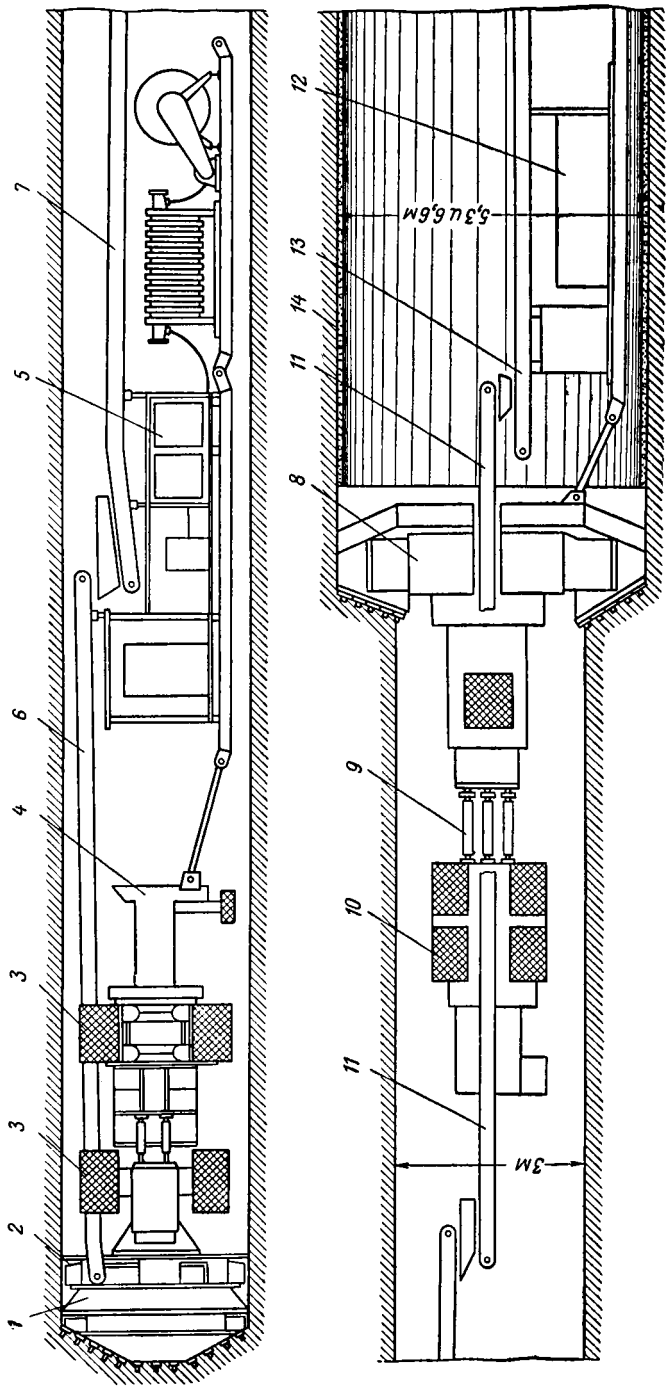


Рис. 207. Двухступенчатая схема сооружения тоннеля роторными комбайнами:

1 — буровой ротор переловного комбайна; 2 — пылесосный щит; 3 — распорная система; 4 — задняя опора; 5 — станция энергоснабжения и управления с регулировочной и контрольной аппаратурой; 6 — конвейер комбайна; 7 — конвейер, передающий породу через станцию управления; 8 — буровой ротор комбайна-расширителя; 9 — домкраты подачи бурового ротора; 10 — распорно-направляющий щит; 11 — конвейер, расположенный внутри распорно-направляющего щита комбайна-расширителя; 12 — станция энергоснабжения и управления комбайном; 13 — конвейер погрузки породы в транспортные средства; 14 — временная крепь из набрызг-бетона

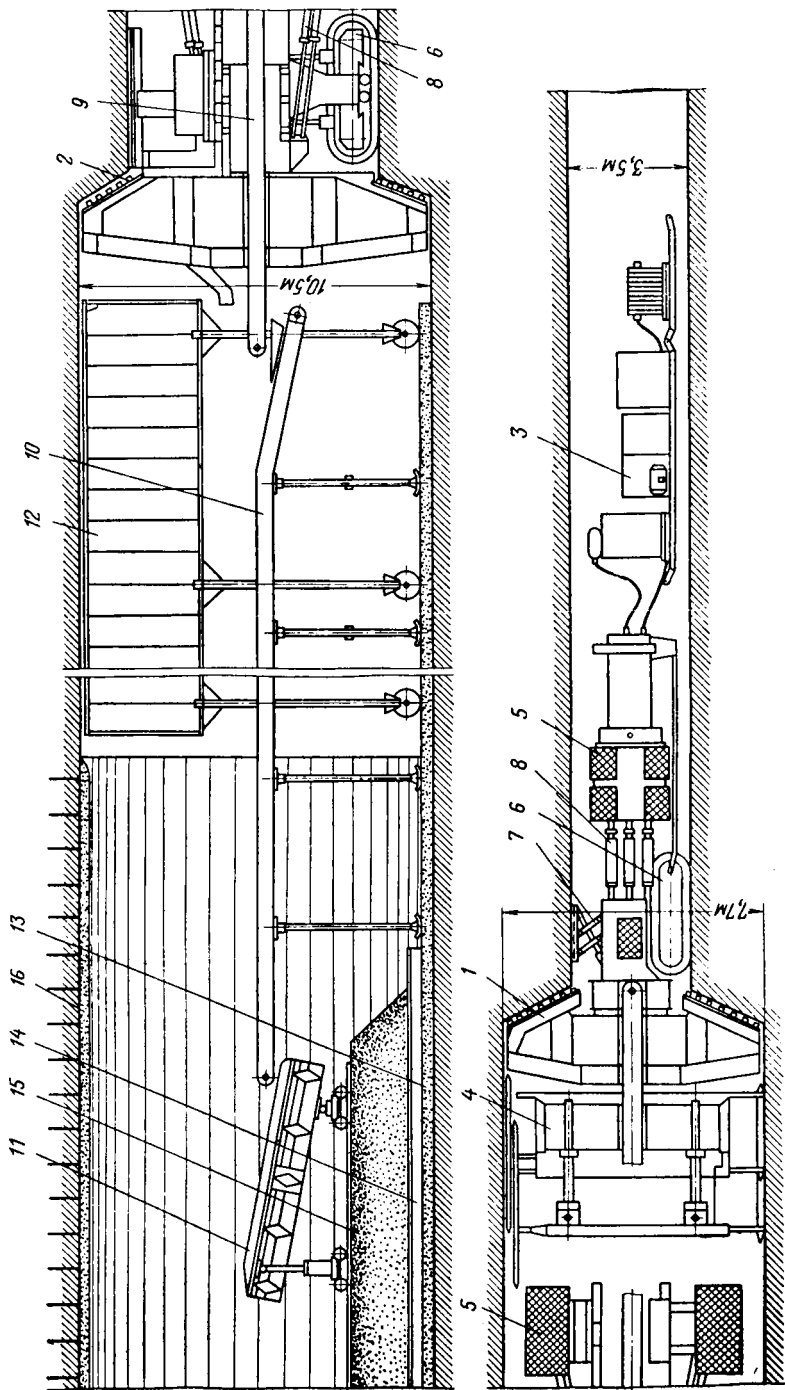


Рис. 208. Двухступенчатая схема сооружения тоннеля роторными комбайнами при наличии передовой выработки

лыжи, на которые опираются роторы во время перестановки рабочих устройств, 7 — гидравлический параллелограмм для выравнивания распорного устройства комбайна в нераскрепленном состоянии, 8 — гидравлические домкраты подачи первой и второй ступени комбайна, 9 — центральный конвейер, расположенный во внутренней части комбайна. По этому конвейеру поступает порода от ротора комбайна первой и второй ступени. От конвейера 9 порода поступает на конвейер 10 для последующей погрузки в вагон-наполнитель и далее в состав вагонов, подаваемых электровозом. Для поддержания кровли в зоне тоннеля, прилегающей к участку расширения второй ступени, устанавливается подвижная предохранительная крепь 12. Под защитой этой крепи в лотке тоннеля возводят монолитную бетонную обделку 13 и монтируется дренажная система. Для образования полотна дороги нижний сегмент тоннеля заливается породой 15, сбрасываемой с подвесного конвейера 10. Бетонные стены тоннеля закрепляются набрызгбетоном 16 в комбинации со штангами.

Рассмотренная схема применялась при сооружении автомобильного тоннеля «Заннеберг» (Швейцария) комбайнами типа «Витве 350/770Е и Витве 770/1050 с установленной мощностью соответственно 760 и 1020 кВт. Диаметр передовой центральной выработки тоннеля составлял 3,5 м, первой ступени расширения 3,5—7,7 м, второй ступени расширения 7,7—10,5 м. Длина тоннеля 2,7 км. При работе в песчаниках общая средняя скорость расширения тоннеля составляла 5 м/сут, максимальная 13 м/сут.

Схема сооружения тоннеля с разработкой забоя сразу на полное сечение или со ступенчатым его расширением осуществляется только на основании тщательного анализа условий сооружения. Сдерживающими факторами применения комбайнов-расширителей являются сложность обеспечения правильного направления тоннеля, попутная работа буровых роторов комбайна, что снижает общую скорость сооружения тоннеля. Ступенчатое расширение забоя применимо в тех случаях, когда требуется возводить обделку в период выработки и др.

Преимущества двухступенчатого сооружения тоннелей заключаются в следующем: механизм распора комбайна-расширителя не влияет на производство работ по возведению обделки тоннеля, что создает благоприятные условия работы с точки зрения безопасности; роторы комбайна-расширителя работают попеременно, поэтому установленная мощность агрегата в целом будет значительно меньше, чем комбайна, разрабатывающего забой тоннеля сразу на полное сечение; предварительное проведение передовой выработки позволяет уточнить горно-геологические условия; упрощает проветривание забоя тоннеля. Кроме того, использование многоступенчатых комбайнов-расширителей позволяет изменять диаметр сооружаемого тоннеля в широком интервале.

При большой протяженности тоннеля и при наличии поперечной прочности целесообразнее применять комбайн, работающий забой на полное сечение.

СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЩИТОВ

Щитовой способ сооружения тоннелей применяется в условиях значительных изменений геологической и гидрогеологической ситуации на трассе тоннеля, особенно при наличии неустойчивых и рыхлых пород, значительном горном давлении и больших притоках воды главным образом при строительстве в условиях городской застройки, когда должна быть полностью исключена в результате земляных работ осадка земной поверхности, т. е. при сооружении тоннелей метрополитенов и городских коммунальных тоннелей. Щитовой способ также находит применение при сооружении тоннелей для ирригации, водоснабжения и гидротехническом строительстве.

Впервые щитовой способ был применен по предложению Дж. М. Брюнеля при сооружении тоннеля под р. Темзой в Лондоне в 1825 г. В СССР этот способ впервые был применен при строительстве тоннелей метрополитена в Москве в 1934 г.

76. Конструкция щитов

Щит (рис. 209) представляет собой подвижную металлическую крепь углового очертания, предохраняющую призабойное пространство тоннеля от обрушения пород и под защитой которой производится выемка породы и возведение постоянной обделки. Перемещение щита осуществляется под действием гидравлических домкратов. Одной при выдвигании штоков домкратов служит торцовая поверхность обделки тоннеля. Ножевое кольцо щита 1 служит для подрезания отдельных выступающих кусков мягких пород и вдавливания в слабые породы (пески, супеси и т. п.). Опорное кольцо 2 является основной несущей конструкцией щита, воспринимающей рабочее давление. Между ребрами опорного кольца располагаются щитовые домкраты 3. Оболочка щита 4 представляет собой цилиндр, состоящий из стальных листов толщиной около 40 мм. Оболочку крепят к опорному кольцу щита. Горизонтальные 5 и вертикальные 6 перегородки обеспечивают жесткость конструкции щита. Выдвижные платформы 7 располагаются на горизонтальных перегородках и служат рабочими площадками для проходчиков при разработке забоя тоннеля. Платформы по мере разработки забоя выдвигаются вперед с помощью домкратов 8. Шаг платформ около 0,85 м. Для выравнивания поверхности забоя при наличии слабых и неустойчивых пород применяют забойные домкраты 9. При передвижении щита забойные домкраты остаются с выдвинутыми плунжерами, поддерживающими крепь забоя. По мере передвижения щита плунжеры домкратов входят в цилиндры под действием преобладающей силы щитовых домкратов.

В зависимости от диаметра щиты могут быть подразделены следующим образом: диаметром 2,1—5,2 м — для сооружения ком-

мунальных тоннелей различного назначения; диаметром 5,5—6 м для сооружения перегонных тоннелей метрополитена; диаметр 8,5—9,6 м — для сооружения станций метрополитена и различных транспортных тоннелей.

По способу разработки породы щиты подразделяются на немеханизированные и механизированные, по креплению плоскости забоя на щиты с открытой и закрытой головной частью. Открытые щиты

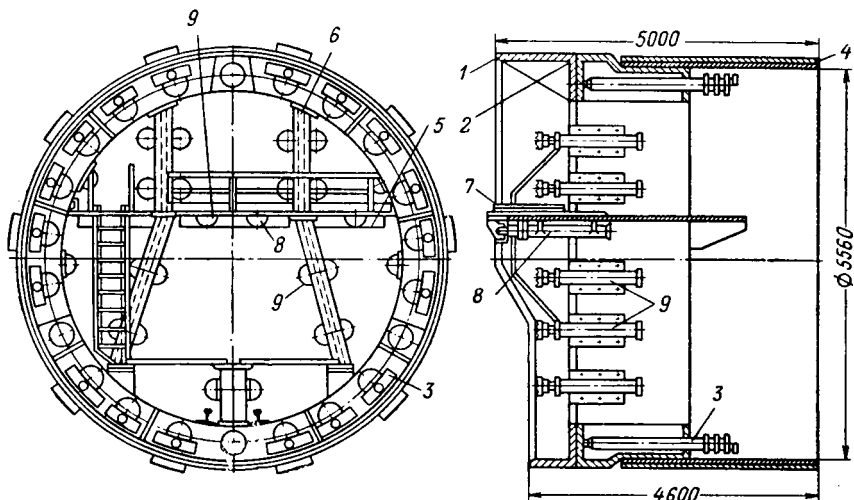


Рис. 209. Конструкция щита

применяются при проведении выработок в устойчивых породах а закрытые в неустойчивых породах.

Учитывая наличие в конструкции щита таких элементов, как защитная оболочка, щитовые домкраты, обеспечивающие передвижение щита и возможности для монтажа на внутренних перегородках рабочего органа для разрушения горной породы в забое, возникла возможность создания механизированного проходческого щитового комплекса, выполняющего все операции по сооружению тоннеля т. е. выемку породы, погрузку ее за пределами щита и возведение обделки.

Техническая характеристика некоторых типов немеханизированных щитов приведена в табл. 59, механизированных щитов в табл. 60.

В практике сооружения перегонных тоннелей метрополитена в СССР механизированные щиты нашли достаточно широкое применение, ими сооружено более 72,5 км тоннелей (1973 г.).

На рис. 210 показана схема механизированного щита М-105 используемого при строительстве Московского метрополитена. Режущий орган щита имеет две дисковые фрезы 1, укрепленные на водиле. Водило и диски вращаются в одном направлении от двух электродвигателей. В результате вращательного движения водила и диск

Показатели	Тип щита			
	ЩТ-12	Щ-16	Щ-19	Щ-152
диаметр щита, мм	6230	5930	5730	5660
ширина щита, мм	5000	5000	5410	5015
число выдвижных платформ	5	3	3	6
число щитовых домкратов	24	17	18	24
бочий ход плунжера домкратов, мм	950	1150	1150	1150
общее усилие всех щитовых домкратов при давлении рабочей жидкости 140 кгс/см ² , кгс	1440	950	1200	1300
число домкратов забойных платформенных	10	14	22	18
плотность электродвигателей насосов, кВт	6	4	4	8
общая масса, т	28	23	28	36
	127	125	110	149

Таблица 60

Показатели	М-105Т (Московский щит)	Ленинградский планетарный щит	Киевский щит	ЩН-1	ЩМР-1	ММЩ-1	КТ-1-1,56	КС-ЩН-1	ЩМ-17
диаметр щита, мм	6230	5560	5560	5624	5640	5624	5624	5624	5624
ширина щита, мм	5720	—	—	4620	4965	4510	—	3345	6000
мощность привода, кВт	110	100	45	320	320	560	200	240	—
общая мощность, кВт	124	114	56,4	400	400	670	270	380	—
число оборотов вращения рабочего органа, об/мин	1,5	2,8	3,6	0,7	0,5— 5,0	0,5— 3,0	—	5	—
число оборотов вращения фрез, об/мин	9,47	19,5	—	—	—	—	—	14,0	—
напор, тс	1350	1300	1320	1900	1900	1900	—	—	—
масса, т	210	148,5	132	190	200	200	—	—	135
теплопроводность, м/ч	0,6	0,8— 1,14	1,0	0,8— 1,0	1,2— 2,0	1,5— 2,0	1,5—1,8	—	60 м ³ /ч
эксплуатационная скорость сооружения, м/мес	—	—	—	250	200— 300	300	350	250	—

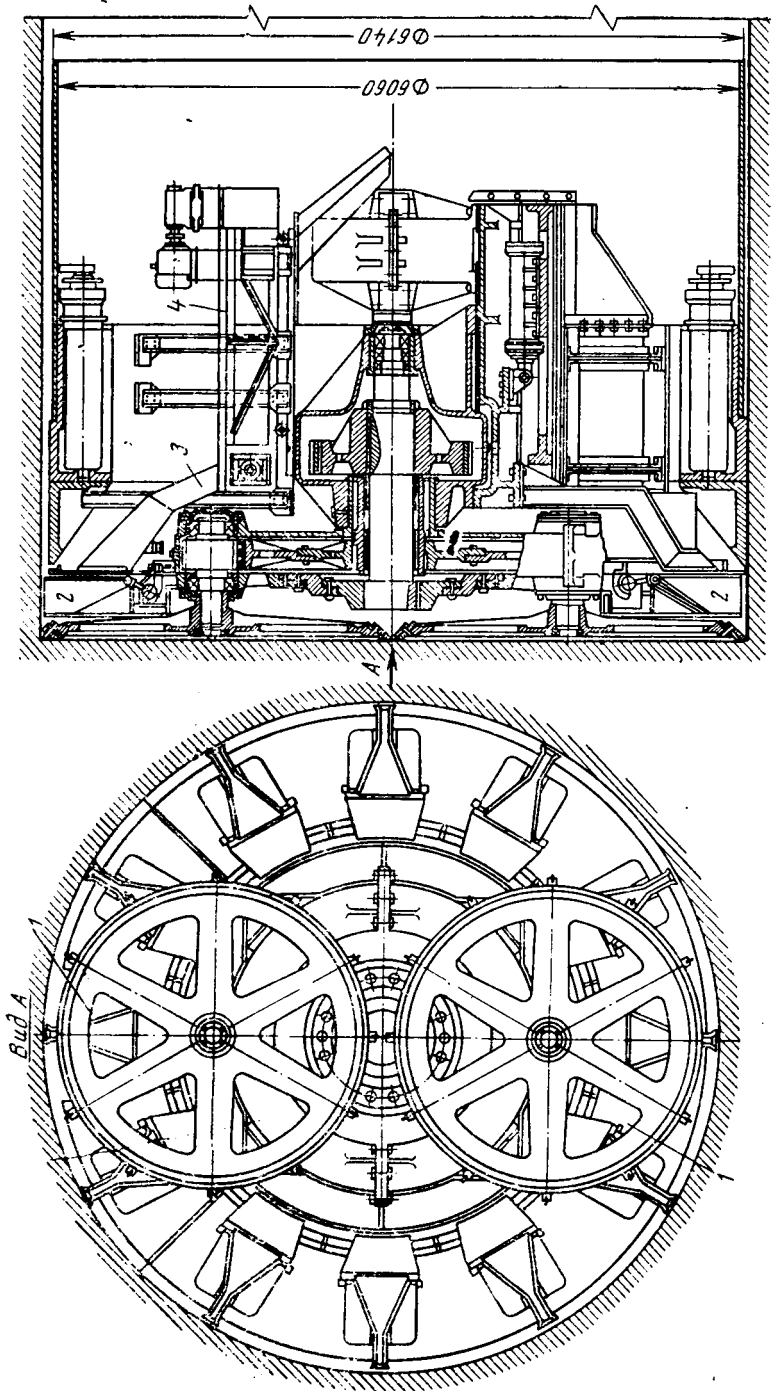


Рис. 210. Механизированный щит М-105к

эзцы, укрепленные на дисках, разрушают породу, которая убивается при помощи ковшового устройства 2, сбрасывающего породу в лоток 3 на конвейер 4. Основная техническая характеристика приведена в табл. 60. Щит предназначен для сооружения тоннелей в плотных глинах, мергелях и глинистых сланцах с пределом прочности пород на сжатие 80—175 кгс/см².

На рис. 211 показана схема механизированного щита, применяемого при строительстве Ленинградского метрополитена. Режущий орган щита представляет собой крестовину-водило 1 и шесть дисковых фрез 2. Вращение передается на вал водила и на шестерню, связанную с солнечным колесом, которое приводит во вращение остернии дисковых фрез. В результате планетарного движения эзцы дисков описывают удлиненную гипоциклоиду, скалывая породу по поверхности забоя. Породу при помощи ковшей 3, укрепленных на водиле, захватывается на почве тоннеля и высыпается в приемный лоток 4, из которого она поступает на конвейер 5. Основная техническая характеристика щита приведена в табл. 60. Щит предназначен для сооружения тоннелей в однородных сухих глинах пределом прочности на сжатие до 50—80 кгс/см².

На рис. 212 показана схема механизированного щита ЩМ-1, являющегося усовершенствованной моделью щита, применявшегося при строительстве Киевского метрополитена. Рабочий орган щита 1 представляет собой вращающийся конический ротор, имеющий захватную винтовую поверхность с размещенными на ней пластинчатыми строгающими ножами и стержневыми резцами. Срезаемая порода забирается подгребными ребрами 2 и передается на течку 3 конвейера 4. Щит ЩМ-1 предназначен для сооружения тоннелей в породах с пределом прочности на сжатие от 20 до 350 кгс/см².

На базе основных конструктивных узлов щиты ЩМ-1 создан механизированный щит ЩМР со смешанными резцами, который может быть применен при сооружении тоннелей в породах с пределом прочности на сжатие от 20 до 400 кгс/см².

Для разработки пород в широком диапазоне их прочностей на сжатие (80—800 кгс/см²) создан опытный образец механизированного щита ММЩ-1. Рабочий орган щита (рис. 213) представляет собой пятилучевой ротор со сменными породоразрушающими шарошками в крепких породах и с резцами в менее крепких.

Наряду с рассмотренными механизированными щитами также разработан и с успехом работает ленинградский усиленный щит Т-1-5,6 с фрезерным рабочим органом и планетарным вращением. Щит может работать в сухих глинах с прослойками песчаников пределом прочности на сжатие 60—200 кгс/см². Разрабатывается конструкция механизированного щита КС-ЩН-1 для работы в устойчивых породах с пределом прочности на сжатие 150—500 кгс/см². Щит оборудуется фрезами, обеспечивающими фланговое разрушение породы с крупным сколом.

При сооружении тоннелей в песках естественной влажности, также в песках, включающих глинистые прослойки, применяются щиты с рассекающимися площадками (Московский способ соору-

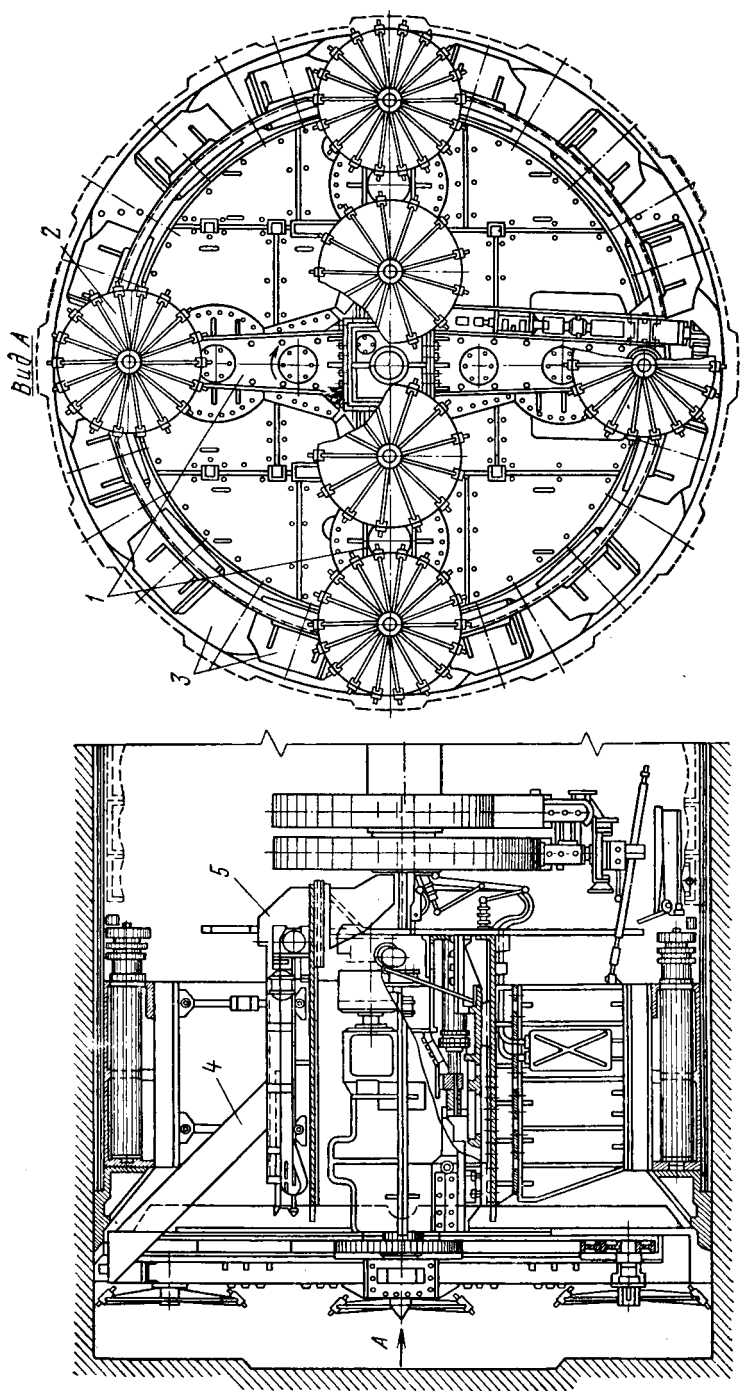


Рис. 214. Механизированный щит, применяемый при строительстве Ленинградского метрополитена

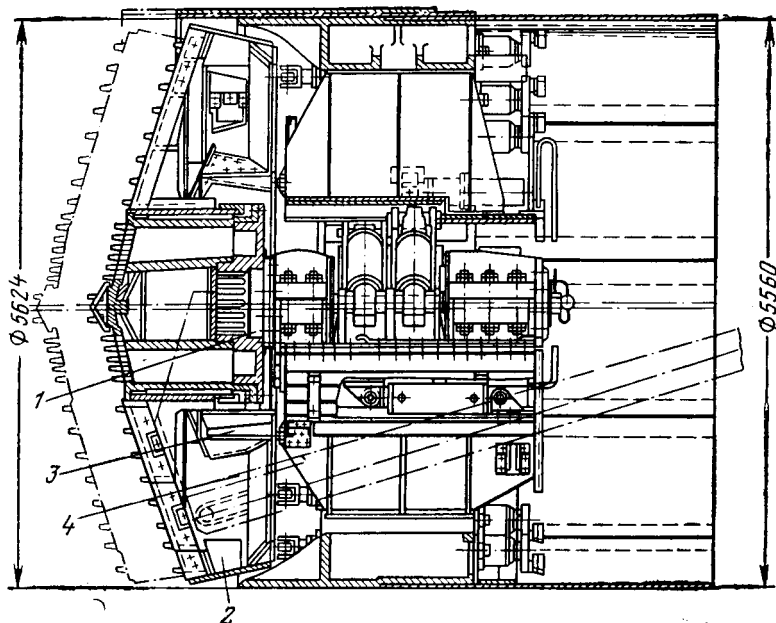


Рис. 212. Рабочий орган механизированного щита ММШ-1

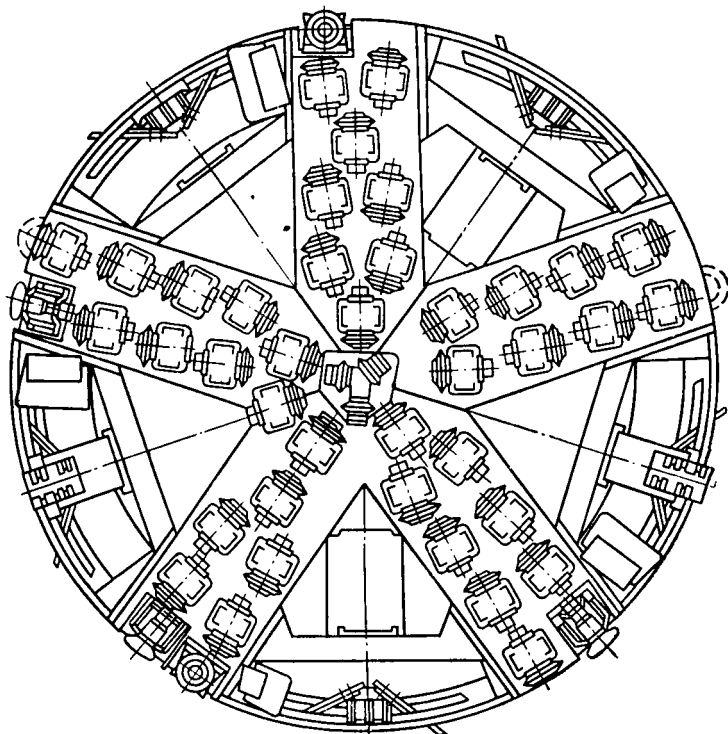
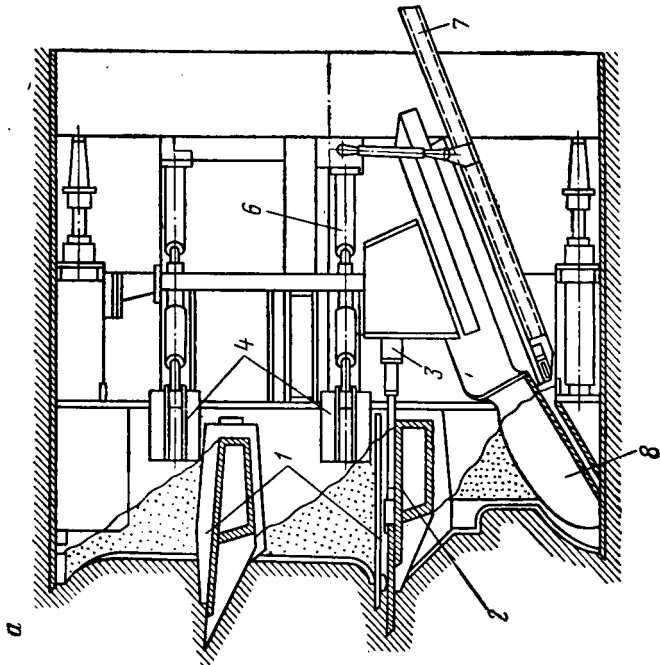
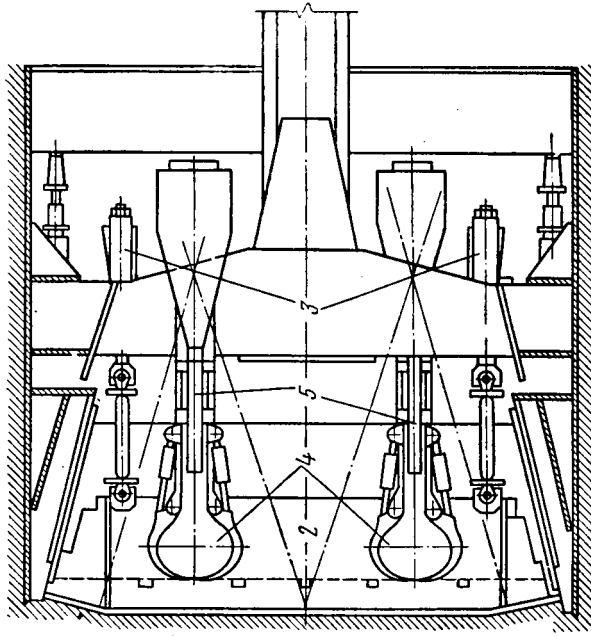


Рис. 213. Механизированный щит ЩМ-1



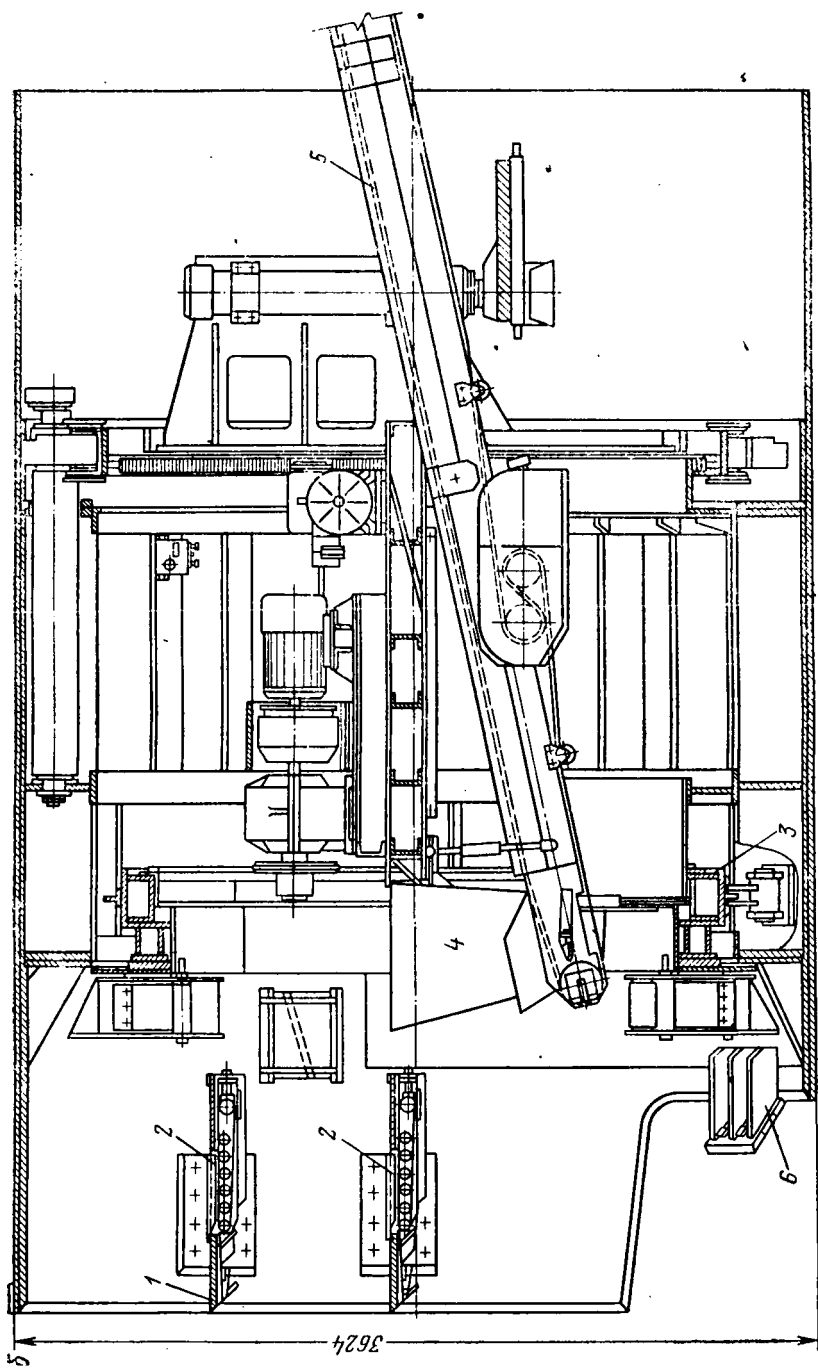


Рис. 214. Схема цитов с комбинированными рассекающими площадками

жения тоннелей). Сущность применения щитов с рассекающими площадками (горизонтальными полками) заключается в том, что забой тоннеля не закрепляется временной (шандорной) крепью, а его устойчивость обеспечивается наличием в головной части щита рассекающих горизонтальных площадок, укрепленных на его пергородках. Площадки, рассекая забой, создают в ячейках щита грунтовые осыпи под углом, приближающимся к углу естественно откоса, в результате чего обеспечивается устойчивость забоя. Учитывая, что пересекаемые щитом пески могут быть неоднородными по составу, плотности и влажности, а также наличие переменной величины пригруза от веса вышележащих пород, т. е. глубины заложения тоннеля, на практике отказались от первоначально приняты горизонтальных жестких площадок. Был разработан ряд комбинированных рассекающих площадок: площадки с хвостовыми поворотными дозирующими элементами с жесткими раздвижными полками и вибрирующими наконечниками, с заостренными полками и вмонтированными в них конвейерами и др.

Схема щита, оборудованного комбинированными рассекающими площадками с выдвигаемыми платформами, показана на рис. 214. Сечение щита разделено двумя горизонтальными площадками. Нижняя площадка имеет выдвигаемую платформу 2. Платформа выдвигается при помощи двух домкратов 3, штоки которых соединены шарнирными тягами с платформой. Суммарное усилие домкратов 230 тс. Ход выдвижения штоков 450 мм. Разработка забоя осуществляется механизмами 4 челюстного типа, установленными на горизонтальных площадках по два на каждом ярусе. Механизмы при помощи подвижной рамы 5, имеющей возвратно-поступательное движение и вращение в плане вокруг вертикального шарнира на 20 могут обслужить при захвате породы половину горизонтальной площадки. Все движения рамы и челюстей механизма обеспечивают при помощи гидравлических домкратов 6. Управление всеми механизмами осуществляется одним машинистом. Производительность (техническая) одного механизма при трех циклах в минуту $20 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для разработки нижней части забоя и погрузки всей породы в наклонную секцию конвейера 7 по оси щита смонтирована погрузочная машина 8 челюстного типа с размахом челюстей около 3 м. Продольный ход погрузочной машины 1,45 м, производительность при трех циклах в минуту $60 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Схема щита с рассекающими конвейерными площадками показана на рис. 214, б. Площадка включает жесткие заостренные части и установленные за ними конвейеры 2, которые и образуют горизонтальные площадки. Приводные барабаны конвейеров вращаются путем преобразования поступательного движения штоков щитовых домкратов при помощи системы тросов и блоков. Порода с площадки поступает на роторный ковшовый погрузчик 3 и через воронку на щитовой конвейер 5. Комбинированные подвижные площадки приняты в щитах ПМ-17 и щитовом комплексе ТЩБ-7, разработанных Метрогипротрансом, а конвейерные площадки — в щитовом комплексе типа ПЩМ конструкции НИИОСП и треста ГПР-1.

7. Возведение обделки

струкция обделки перегонных тоннелей приписывается в основном из чугунных и железобетонных блоков и тюбингов. В настоящее время также находит применение обделка из монолитно-составленного бетона.

Обделка из чугунных тюбингов собирается в виде кольца. Для отовления тюбингов используется преимущественно серый чугун марок СЧ-21-40 и СЧ-28-40. Кольцо обделки из чугунных тюбингов перегонных тоннелей обычно включает 10 тюбингов, из них — шесть нормальных тюбингов, два смежных, один трехвертный и один ключевой. Ширина кольца (ширина тюбинга) 1 м. Для уменьшения трудоемкости работ по очистке лотка чугунной обделки при укладке рельсового пути применяется обделка лоткового очертания, но с плоским лотком. При этом в кольцо кроме лоткового блока входят три тюбинга ключевых, четыре смежных и четыре нормальных.

Наблюдается постепенное снижение массы кольца обделки из чугунных тюбингов. Так, при сооружении перегонных тоннелей первой очереди Московского метрополитена (1938 г.) масса кольца тюбингов составляла 9,47 т, а в тоннелях третьей и четвертой очереди (1944—1949 гг.) — 7,4 т и в настоящее время — 4,8 т.

Дальнейшее снижение массы тюбингов намечается осуществить путем применения более высокопрочного чугуна марок СЧ-40-60 и СЧ-50-2. Это позволит снизить толщину спинки тюбингов и значительно уменьшить расход чугуна.

Чугунные тюбинги применяются при наличии неустойчивых пород в виде мелких и среднезернистых песков с прослойками супесей и суглинков, водонасыщенных пород со значительным притоком воды. Горное давление в этих условиях развивается быстро, сводомозависание отсутствует и давление равно массе налегающих пород. Чугунные тюбинги используются также в тех случаях, когда необходимо обеспечить полную герметичность обделки и когда тоннель является весьма ответственным сооружением с большим сроком службы.

Наряду с обделкой из чугунных тюбингов все большее применение находит обделка из сборного железобетона. Так, за период 1956 по 1960 г. при строительстве Московского метрополитена чугунными тюбингами закреплено 23,2 км перегонных тоннелей, сборным железобетоном 16,4 км, а в 1960—1970 гг. соответственно 11,4 и 12,4 км.

В настоящее время применяются обделки из железобетонных тюбингов с плоским лотком. На рис. 215, а показано кольцо обделки, состоящее из трех нормальных тюбингов 1, двух смежных 2, лоткового 3 и лоткового 4 блоков. Ширина кольца 1 м, толщина тюбинга по борту 30 см, по спинке 15 см. Соединение тюбингов в кольце и колец между собой осуществляется при помощи штырей, лотковый элемент фиксируется двумя шпонками 5.

На рис. 215, б представлена унифицированная железобетонная обделка. Кольцо состоит из шести нормальных тубингов 1 и одного лоткового 2. В сводчатой части кольца закладывается замковый вкладыш 3. Ширина кольца 1 м, толщина 20 см. Расход бетона марки 400 на 1 м тоннеля 3,46 м³, арматуры 257 кг. Несущая способность по трещинообразованию 40—48 тс/м².

При сооружении тоннелей в сыпучих песчаных грунтах в процессе возведения сборной обделки наблюдается осыпание грун

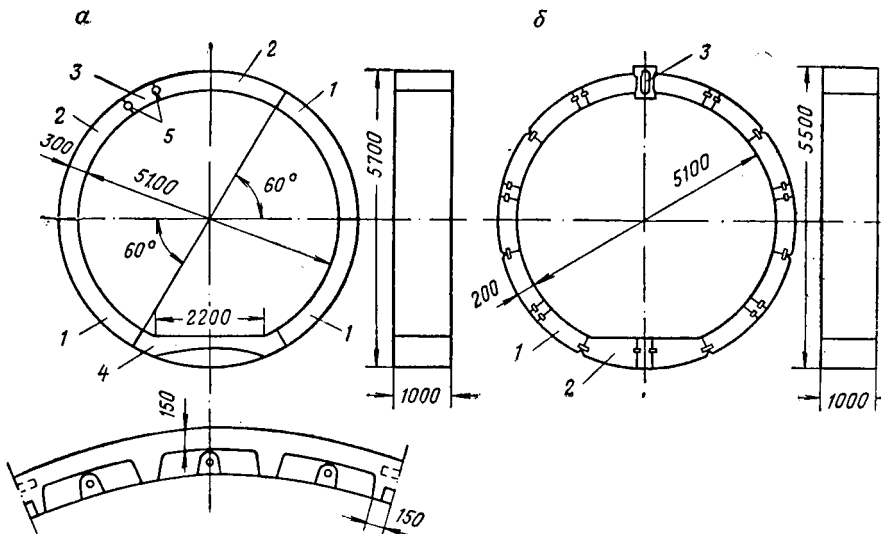


Рис. 215. Виды сборных обделок тоннелей

над обделкой, что приводит к осадкам поверхности, повышению горного давления и уменьшению бокового отпора, а после схода оболочки щита с кольца обделки в ней появляется горизонтальная эллиптичность. Эти явления наблюдаются в результате образования свободного заобделочного пространства. Для ликвидации этого недостатка и обеспечения плотного контакта обделки с породой целесообразно применять ее обжатие в породу. Обжатие обделки достигается путем разжатия ее боков с помощью одного или двух распорных устройств, размещаемых на противоположных концах диаметра кольца обделки или в разъемном плоском лотке. Распорное устройство представляет собой рычажно-шарнирный механизм с гидродомкратом, развивающим давление до 50 тс. В результате обжатия средняя величина наружного диаметра кольца обделки увеличивается на 60—80 мм, в образовавшиеся проемы устанавливаются блоки-вкладыши, и распорные стыки расчеканиваются. Применение обжатия кольца обделки улучшает условия ее взаимодействия с окружающим массивом породы благодаря немедленному включению их в совместную работу. При этом полностью исключается необходимость первичного нагнетания песчано-цементного раствора

а обделку, что способствует увеличению скорости сооружения тоннеля, уменьшается трудоемкость работ на 10—15% на 1 м тоннеля снижается стоимость сооружения тоннеля на 5—8%, средняя уммарная осадка за щитом уменьшается с 150 до 100 мм.

Укладка элементов сборной обделки обычно производится под ащитой хвостовой части оболочки щита. Для механизированной кладки применяются специальные укладочные машины — тубингокладчики и блокоукладчики.

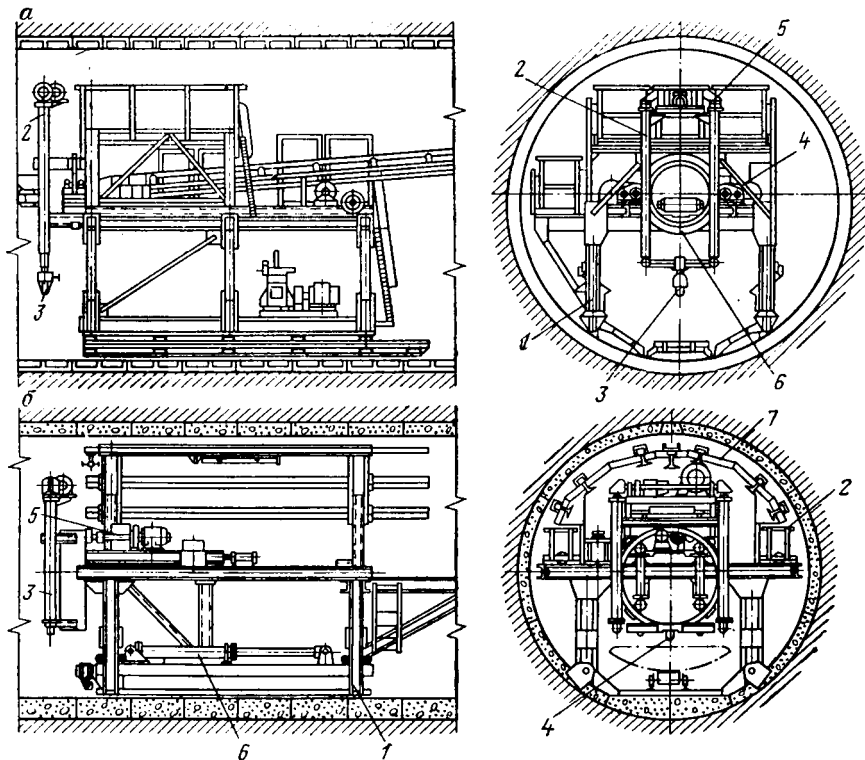


Рис. 216. Тубинго- и блокоукладчики

На рис. 216, а приведена схема тубингоукладчика Т-2 для переносного тоннеля, состоящего из металлоконструкций 1, поворотного рычага 2 с захватом 3 для тубингов, механизма вращения рычага 4, механизма выдвижения штанг поворотного рычага 5. Укладчик передвигается непосредственно по обделке или кронштейнам, закрепленным на обделке. При сооружении тоннеля механизированным щитом укладчик выполняется с полым валом 6 для пропуска через него конвейера. Такое расположение конвейера позволяет выдавать породу из забоя без остановки работы укладчика.

На рис. 216, б показана схема блокоукладчика Б-9 для перегонного тоннеля, состоящего из металлоконструкций 1, выдвигаемых

площадок 2, поворотного рычага 3 с захватом для блоков 4, механизм выдвигения штанги рычага 5, механизма передвижения укладчика. Так как блоки обделки собираются в кольцо без связей, на укладчи размещается дополнительная конструкция в виде кружал с выдвигными балками 7 для поддержания блоков при их укладке.

**Техническая характеристика укладчиков
сборных обделок перегонных тоннелей**

	Тюбинго-] укладчик	Блоко- укладчик
Расчетный крутящий момент на валу рычага, тс·м	2,3—2,8	3,0
Частота вращения вала рычага, об/мин	2,0—2,4	1,6—2,2
Наибольшее усилие выдвигания штанги, кгс	3000	3000
Скорость движения штанги, м/мин	5	1,2
Общая установленная мощность, кВт	40	39
Общая масса	17—18	25—29

Наряду с укладчиками рычажного типа для сборки обдел из железобетонных блоков применяют также дуговые и кессонн блокоукладчики.

При сооружении тоннелей щитами наряду со сборной обделк получает распространение обделка из монолитно-прессованного (тона). Применение монолитно-прессованного бетона обеспечива плотный контакт обделки с окружающими породами. В этом случ отпадает необходимость первичного и контрольного нагнетан цементного раствора за обделку, исключается осадка земной г поверхности, работы по чеканке швов между элементами сборн обделки, а также гидроизоляционные работы внутренней желез бетонной рубашки при строительстве коллекторов и сооруже гидротехнических тоннелей. Параметры бетонной смеси обыч принимаются следующие: состав смеси Ц : П : Ш = 1 : 2 : 2; осад конуса 6—8 см; водоцементное отношение 0,5—0,55; расход цемен 450—500 кг/м³, марка бетона 400.

Монолитно-прессованная обделка была применена при соор жении 3,6 км перегонных тоннелей метро и около 4 км коллекторн тоннелей.

В настоящее время получили применение три технологическ схемы возведения монолитно-прессованной обделки при сооруже тоннелей.

С х е м а 1 (рис. 217, а). Принцип работы по этой схеме основ на сочетании внедрения головной части щита в породу забоя тоннел и прессования в его хвостовой части бетонной смеси реактивны усилиями щитовых домкратов 1. Бетонная смесь нагнетается в щ пространство, ограниченное: с наружной стороны — оболочкой щита с внутренней — опалубкой 3, сзади — ранее возведенной тоннельн обделкой 4, со стороны забоя — прессующим кольцом 5. Во вре перемещения щита происходит прессование бетонной смеси, п этом заполняется пространство, освобождаемое хвостовой оболочк щита, и уплотняется грунт вокруг обделки. Давление прессован бетонной смеси принимается 15—30 кгс/см². Зависимость давлен

и равномерность прессования бетонной смеси от усилий передвижения щита и управление его движением делают эту схему наиболее сложной. Схема нашла применение при сооружении тоннелей в песчаных, глинисто-песчаных грунтах и т. п.

Схема была применена при сооружении перегонного тоннеля за Краснопресненском радиусе Московского метрополитена и в ряде коммунальных тоннелей.

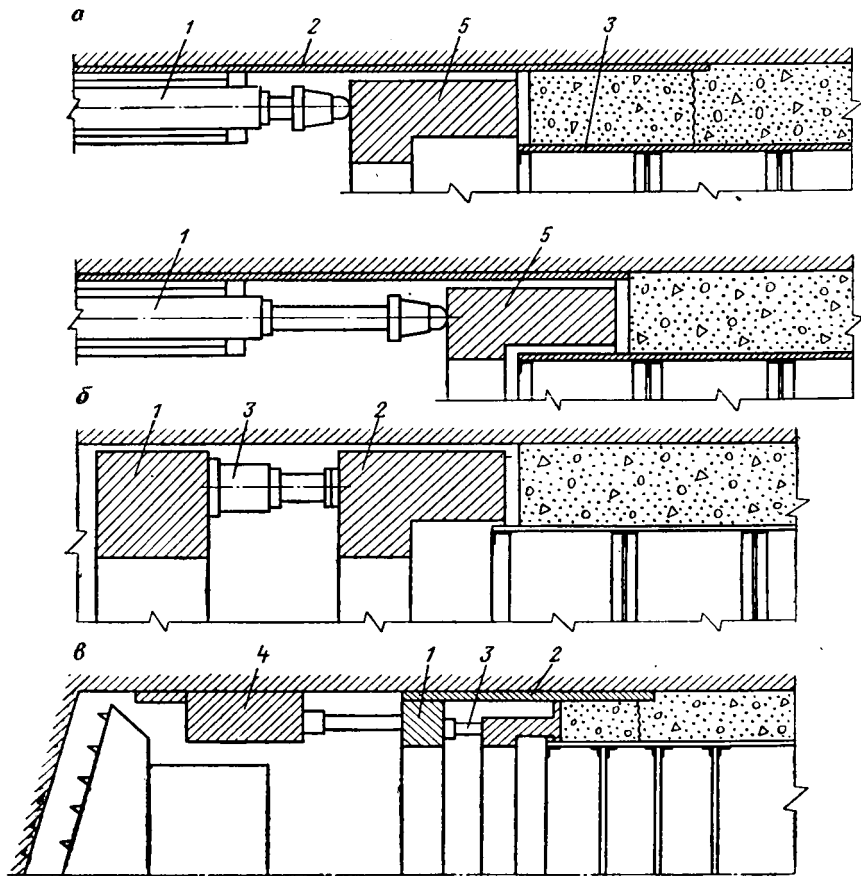


Рис. 217. Схемы возведения монолитно-прессованной обделки

Схема 2 (рис. 217, б) применяется при сооружении тоннелей в устойчивых породах. При данной схеме предусматривается независимое и параллельное производство работ по выемке породы и возведению монолитно-прессованной обделки. Выемка породы может производиться при помощи щита или какой-либо иной горной машины. Прессование бетонной смеси осуществляется установкой, состоящей из двух колец — распорного 1 и прессующего 2. В распор-

ном кольце размещены клиновые устройства для раскрепления кольца в породу и домкраты 3 для прессования бетонной смеси через прессующее кольцо. По окончании прессования бетонной смеси клиновые устройства распорного кольца освобождаются и включаются в работу дополнительные домкраты, которые, упираясь в прессующее кольцо, передвигают распорное кольцо на новую позицию. После раскрепления распорного кольца на новой позиции при обратном ходе домкратов подтягивается прессующее кольцо и процесс укладки бетонной смеси может продолжаться. Устройство для возведения монолитно-прессованной обделки может быть расположено от забоя тоннеля на расстоянии, определяемом устойчивостью пересекаемых пород. Схема применялась при сооружении тоннеля Тбилисского метрополитена.

Схема 3 (рис. 217, в) применяется при сооружении тоннелей в глинах и более твердых, но малоустойчивых породах. Принцип работы основан на сочетании выемки породы механизированным щитом и прессования бетонной смеси в две стадии. Вначале бетонную смесь прессуют при низком давлении (до 5 кгс/см^2) за счет соприкосновения передвигания распорного кольца 1 с оболочкой 2. Высокое давление прессования (вторая стадия) достигается домкратами 3 распорного кольца 1, раскрепленного в породу стен тоннеля. Распорное кольцо, таким образом, служит одновременно опорой для механизированного щита 4 при его продвижении и для домкратов 3 прессующих бетонную смесь. Преимуществом этой схемы является независимость усилий прессования бетонной смеси от усилий внедрения щита в породу и условий его перемещения, что позволяет во второй стадии прессования иметь постоянное давление. Эта схема применялась при сооружении одного из тоннелей Большого Ставропольского канала.

Рассмотренные схемы возведения обделки из монолитно-прессованного бетона могут быть осуществлены при применении переставных и скользящих опалубок. Скользящая опалубка позволит уменьшить трудоемкость работ, так как она перемещается совместно со щитом. Благодаря этому исключаются операции по разборке и сборке отдельных секций, что имеет место при переставных опалубках. Кроме того, при скользящей опалубке обеспечивается более гладкая внутренняя поверхность обделки, что важно при сооружении гидротехнических тоннелей. Дальнейшее совершенствование технологии применения монолитно-прессованных обделок возможно осуществить за счет увеличения длины секций опалубки (обычно длина секций принимается 0,5—0,6 м) и хода гидродомкрата прессования. При этом следует иметь в виду, что увеличение хода прессования вызовет разную плотность бетонной обделки — наиболее плотной под торцом прессующего кольца и менее плотной по мере удаления от него. Кроме того, прессование будет весьма затруднительно при сооружении тоннеля буровзрывным способом, когда профиль стен тоннеля будет неровным.

Для исключения указанных недостатков целесообразно прессование бетонной смеси вести не в продольном, а в радиальном напра-

влении путем применения распорных секций опалубки, обеспечивающих прессование бетонной смеси по всей поверхности секций опалубки.

Оргэнергостроем разработан агрегат для возведения монолитно-прессованной обделки со скользящей опалубкой. При работе агрегата предусматривается наличие уплотняющего устройства, обеспечивающего возможность работы агрегата при переборах породы по контуру тоннеля; возможность возведения обделки в тоннелях на криволинейных участках трассы и одновременного прессования бетонной смеси и перемещения скользящей опалубки.

Технологические схемы сооружения тоннелей с применением монолитно-прессованной бетонной обделки рассмотрены в § 79.

§ 78. Основные технологические операции при сооружении тоннелей щитовым способом

Сооружение тоннелей щитовым способом включает следующие основные технологические операции: подготовительные работы, выемку породы (собственно сооружение тоннеля), монтаж обделки, нагнетание раствора за обделку и гидроизоляционные работы.

Подготовительные работы. До начала сооружения тоннеля необходимо осуществить ряд подготовительных работ — сооружение монтажной камеры, сборку и опробование щита. Камера для сборки щита (рис. 218) располагается на трассе сооружаемого тоннеля. Размеры камеры обуславливаются размерами щита и удобством работ по его монтажу. Сооружение камеры осуществляется с применением одного из ранее рассмотренных способов.

Обычно обделка камеры выполняется из монолитного бетона. Высота и ширина камеры определяется диаметром щита и зазорами: между щитом и сводом камеры в пределах 0,6—0,8 м и по бокам щита 0,75—0,8 м. Длина камеры принимается 6—7 м. Для сборки щитов камеры оборудуют подъемными приспособлениями — лебедками грузоподъемностью 3—5 т, таями и др. В своде камеры для перемещения блока талей закрепляют продольные балки.

Выемка породы при применении немеханизированных щитов в зависимости от свойств пересекаемых пород осуществляется: в мягких глинистых породах — отбойными молотками, в породах более прочных — буровзрывным способом.

При работе отбойными молотками проходчики размещаются под ножевым кольцом щита на его горизонтальных перегородках и подвижных платформах, которые по мере подвигания забоя в пределах хода щитовых домкратов выдвигаются. Порода сбрасывается в нижнюю часть забоя, где она грузится при помощи погрузочной машины (обычно типа ППМ) в вагонетки или на наклонный конвейер. Забой тоннеля крепится временной крепью в виде деревянных щитков (шандор) или горизонтальными досками и вертикальными брусьями, поддерживаемыми забойными домкратами. При пересечении забоем тоннеля более прочных пород возможно применение буровзрывных работ. Бурение шпуров осуществляется ручными бурильными пнев-

матическими машинами или электросверлами. Для предохранения щита при взрывании шпуров от разлёта породы, а также учитывая опасность сейсмического воздействия при неглубоком залегании тоннеля на здания городской застройки, обычно глубина шпуров принимается до 1 м. Шпуры располагаются по трем — четырем концентрическим окружностям. Взрывание шпуров осуществляется в несколько серий, при этом обязательно применение контурного взрывания.

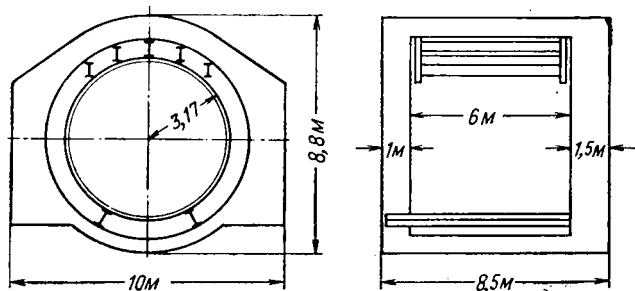


Рис. 218. Камера для монтажа щита

Монтаж обделки производится в хвостовой части щита, непосредственно под его оболочкой. Отдельные тубинги или блоки непосредственно подаются к механическому укладчику на платформах или при помощи рольгангов. Для прикрепления тубингов или блоков к захвату укладчика используются болтовые отверстия в бортах тубингов или отверстия в дополнительном ребре. Перед сборкой тубинга или блока они тщательно очищаются от грунта. Кольца обделки собираются с перевязкой продольных швов за счет смещения смежных колец. В первую очередь укладывается нижний плоский тубинг, к которому симметрично с обеих сторон приболчиваются отдельные тубинги. Сборку нижних тубингов необходимо производить особенно внимательно под наблюдением маркшейдерской службы. Ключевой тубинг устанавливается последним. Одновременно с укладкой тубингов производится их сболчивание с применением гидроизоляционных шайб. Тубинги сболчивают пневматическими сболчивателями ПГС-1. При выходе оболочки щита из-под колец обделки болты последних трех колец во избежание появления эллиптичности повторно подтягивают. Правильность сборки кольца обделки проверяется маркшейдерскими замерами горизонтальных и вертикальных диаметров, а также двух диаметров под углом 45° . Отклонение колец обделки в плане и в профиле допускается не свыше ± 50 мм. Эллиптичность колец обделки в укладке допускается ± 25 мм.

Сборка колец обделки из блоков начинается с укладки нижнего блока, остальные блоки укладываются попеременно и симметрично с обеих сторон до половины кольца. При укладке блоков верхней

половины кольца их поддерживают балки, смонтированные на опорной конструкции укладчика.

Нагнетание раствора за обделку служит для заполнения пустот с целью предупреждения оседания поверхности, создания упругого отпора породы и некоторого улучшения гидроизоляции обделки. Нагнетание разделяется на первичное и контрольное.

Первичное нагнетание осуществляется цементно-песчаным раствором вслед за возведением обделки — обычно в третье от щита кольцо. Состав цементно-песчаного раствора обычно принимается с соотношением цемента к песку от 1 : 3 до 1 : 6. Раствор нагнетается за обделку в каждое кольцо последовательно от нижних тубингов (блоков) их к верхнему ключевому. Для нагнетания применяется пневматический растворонагнетатель Дмитровского завода с барабаном емкостью 235 л, давлением воздуха 4—6 кгс/см², мощностью двигателя 6 кВт. Во избежание лишнего расхода раствора зазоры между оболочкой щита и обделкой уплотняются при помощи торцовых прокладок со стороны домкратов и паклей на цементном растворе. Более целесообразно для этой цели иметь уплотнительное кольцо, которое также может служить для более равномерного распределения усилий щитовых домкратов по торцовой поверхности обделки. Кольцо разжимается в хвостовой оболочке щита при помощи распорного домкрата, а по торцовой поверхности обделки футеруется резиновыми плитами (см. рис. 220).

После окончания работ по нагнетанию их качество контролируется тщательным осмотром и проверкой всех отверстий для нагнетания. В случае необходимости проводится повторное нагнетание.

Контрольное нагнетание производится цементным раствором, обычно на расстоянии не менее 50 м от забоя тоннеля. Давление при контрольном нагнетании принимается до 15 кгс/см².

Гидроизоляция обделки. При обделке тоннелей из чугунных тубингов гидроизоляционные работы частично ведутся одновременно с возведением обделки, при сболчивании тубингов путем установки гидроизоляционных шайб, обжимаемых через стальные шайбы гайками болтов. Гидроизоляционные шайбы изготавливаются из полиэтилена. Изоляция швов между тубингами обычно осуществляется зачеканкой их гидроизоляционной замазкой из расширяющегося цемента (РЦ) или быстротвердеющего расширяющегося цемента (БРЦ), а в более ответственных случаях — освященным шпуром с асбеститумным сердечником. Перед заполнением швы необходимо тщательно очистить от грязи и масла при помощи пескоструйных аппаратов или щеток. Замазка в швах должна тщательно уплотняться чеканочными молотками. При обделке тоннелей из железобетонных тубингов и блоков вопрос гидроизоляции осложняется, так как наряду с изоляцией швов и болтовых отверстий также возникает необходимость обеспечения водонепроницаемости самих блоков и тубингов. Изоляция швов должна производиться без расчеканки их путем применения РЦ, так как расчеканка вызывает образование микротрещин в зоне контакта РЦ с бетоном блоков,

а это существенно снижает их водонепроницаемость. Для изоляции швов целесообразно применять пластоэластичные самосклеивающиеся прокладки типа тиоколовых мастик. Гидроизоляция собственно блока возможна путем создания водонепроницаемого железобетона или изготовления блоков с заводской гидроизоляцией. Более предпочтительным следует считать второе направление. Создание водонепроницаемого бетона возможно, но, учитывая производственные условия работы, т. е. транспорт, складирование, монтаж, повреждение наружного защитного слоя бетона блоков и др., может вызвать проникновение воды в каналы вдоль стержней арматурного каркаса, образование сколов, трещин и др.

Выполнение железобетонных блоков с заводской гидроизоляцией возможно осуществить путем применения покровной гидроизоляции и водонепроницаемого экрана в теле бетона. Исследования возможного применения покровной гидроизоляции были осуществлены в ЦНИИСе, они показали целесообразным использование блоков с покровной гидроизоляцией термоэластопластовыми герметиками. Герметик наносится на предварительно тщательно очищенную поверхность блока в два слоя. Толщина слоя принимается около 0,6—0,8 мм. После высыхания первого слоя (примерно через 2 ч) наносится второй слой. Герметик наносится путем безвоздушного распыления.

Создание водонепроницаемости блока с помощью экранов, размещенных в его теле, возможно путем применения тонких стальных листов, заармированных в блоке.

Широкое применение железобетонных тубингов и блоков вызывает необходимость проведения дальнейших исследований в области совершенствования гидроизоляционных работ.

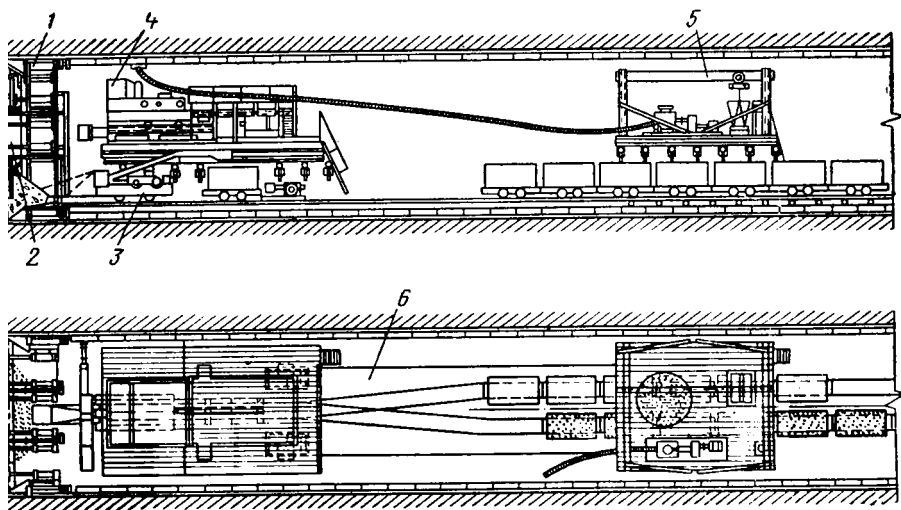
К о н т р о л ь п о л о ж е н и я щ и т а в т о н н е л е. Управление направленным движением щита осуществляется смещением равнодействующих усилий щитовых домкратов за счет отключения части домкратов и созданием односторонних сопротивлений движению щита путем соответствующей подработки забоя. При применении монолитно-прессованной обделки — также и поворотом прессующего кольца в процессе движения щита и поворотами секций опалубки за счет установки прокладок. Для удержания щита в заданном направлении и предупреждения его поворота вокруг продольной оси корпус щита снабжается нижними боковыми элеронами. Для контроля заданного направления движения щита кроме обычных средств маркшейдерского обслуживания может быть также использован лазер.

§ 79. Технологические схемы сооружения тоннелей щитовым способом

Выполнение основных операций при сооружении тоннелей щитовым способом, набор потребного для этих целей оборудования и организационная увязка этих операций в единую систему, обеспечивающую наиболее высокие технико-экономические показатели, обуслови-

ются принятой технологической схемой сооружения тоннеля. зависимости от свойств пересекаемых пород, типа щита (немеханизированный и механизированный), конструкции обделки тоннеля возможны различные технологические схемы производства работ.

На рис. 219 показана схема сооружения перегонного тоннеля немеханизированным щитом в породах, требующих возведения в забое



с. 219. Схема сооружения тоннеля немеханизированным щитом:

1 — щит; 2 — забой тоннеля, закрепленный временной крепью при помощи забойных домкратов; 3 — породопогрузочная машина; 4 — тьюбингоукладчик, перемещающийся по рельсовому пути, укрепленному на кронштейнах; 5 — тележка для размещения оборудования вечного нагнетания за обделку; 6 — технологическая платформа, передвигаемая щитом

ременной крепи при обделке из тьюбингов. На технологической платформе настилаются рельсовые пути для обменного пункта вагонок. Скорость сооружения тоннеля по данной схеме достигает 2,4 м/смену.

На рис. 220 представлена схема сооружения перегонного тоннеля блочной обделкой при помощи механизированного щита ЩМ-17. ит 1 имеет три горизонтальные перегородки 2, которые делят бой на четыре яруса. Каждая перегородка оснащена двумя выжигными рассекающими платформами 3. Грунт в пределах каждого яруса располагается под углом естественного откоса и удаляется лустными погрузочными машинами 4 (см. рис. 212). В лотковой сти щита установлена погрузочная машина 5, которая подгребает вшами грунт к приемному окну скребкового конвейера 6. Для лотнения строительного зазора щит имеет уплотнительное льцо 7. Кольцевой блокоукладчик 8 для монтажа тоннельной облки смонтирован на щите. Цевочное кольцо 9 укладчика вращается умя гидродомкратами. На консольных балках цевочного колеса креплена рука укладчика 10, подвешенная к штокам двух гидродомкратов. Рука укладчика оборудована захватом 11. Комплекс

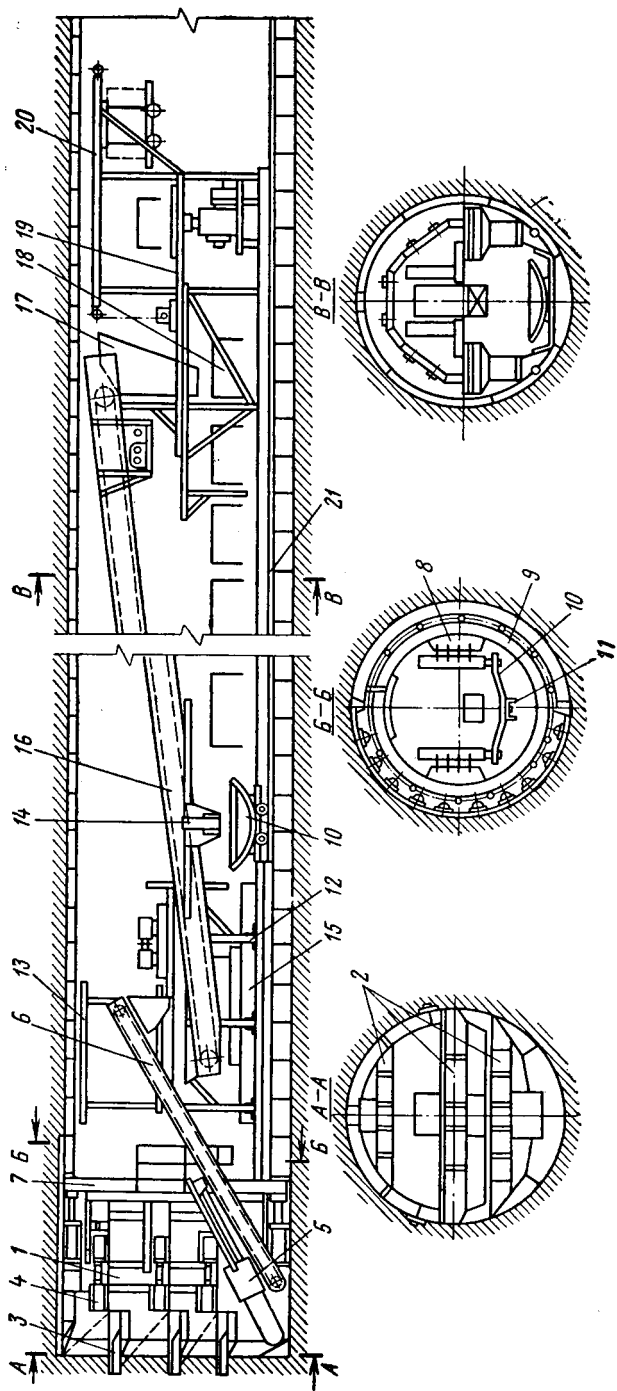


Рис. 220. Схема сооружения тоннеля щитом ЩМ-17

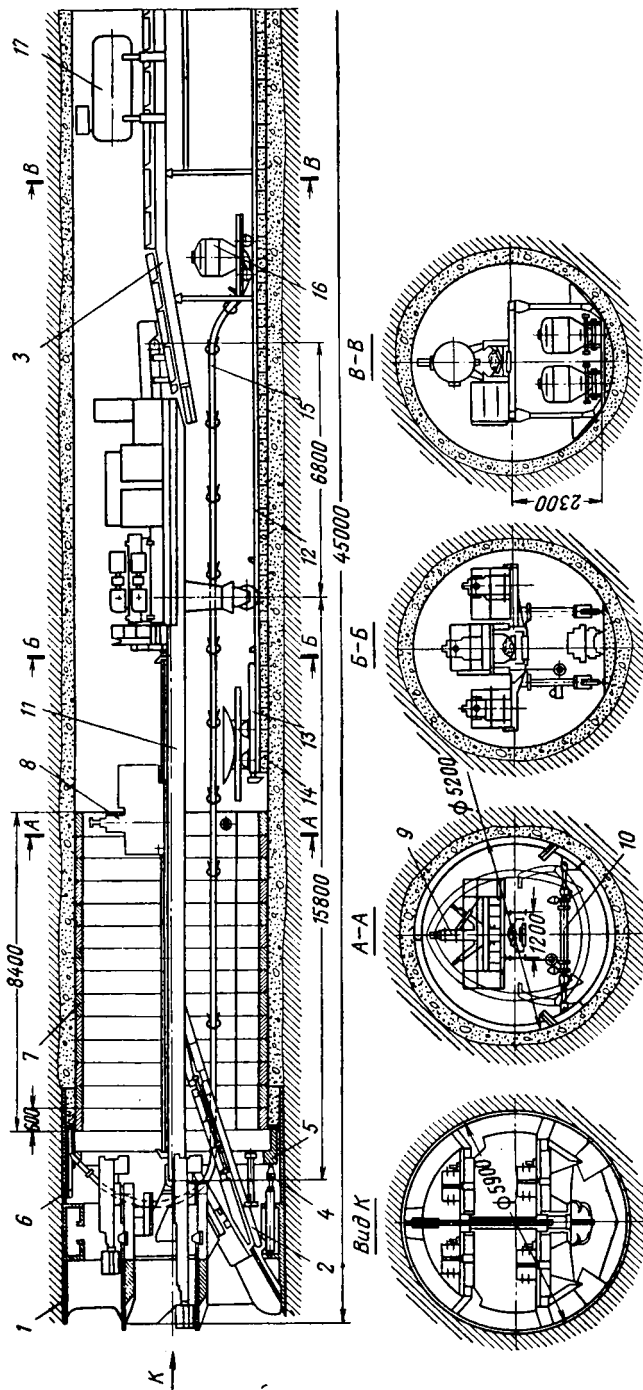


Рис. 224. Схема сооружения тоннеля механизированным комплексом ТЩБ-7

за щитом включает технологическую тележку 12, передвигающую посредством пагающего механизма. На тележке предусмотрены выдвигные балки 13 для монтажа обделки. Для подачи блок к укладчику тележка снабжена перестановщиком 14 и рольгангом 1. На тележке размещается пульт управления блокоукладчиком, псковая аппаратура и др. В передней части тележки подвешен точный конвейер 16, перегружающий породу в бункер 17 и дал в вагонетки 18. Приводной конец конвейера опирается на тележку 1 на которой размещается механизм для первичного нагнетания раствора за обделку. Тележка оборудована талью 20 для подъема вагонеток с заполнителем и цементом. На технологической платформе настлан двухколейный рельсовый путь.

Комплекс со щитом ЦМ-17 применялся при сооружении перегонного тоннеля Краснопресненского радиуса Московского метрополитена.

На рис. 221 приведена схема сооружения перегонного тоннеля в песчаных грунтах комплексом ТЩБ-7 с механизированным щитом типа ЩБ-7, оборудованным выдвигными платформами с погрузочными машинами челюстного типа. Обделка тоннеля из монолитного пресованного бетона. Разработанная порода грузится погрузочными машинами на конвейер 2, который передает ее за пределы щита на транспортер-перегрузчик 3. Передвижение щита совершается при помощи 21 гидравлического домкрата с усилием 2400 тс. В штоке каждого домкрата размещается компенсирующее устройство в виде подпружиненного стержня с шаровой поверхностью. Компенсирующие устройства предназначены для разгрузки штоков щитовых домкратов от изгиба на поворотах пресующего кольца относительно корпуса щита в процессе пресования бетонной смеси. Щитовые домкраты упираются через компенсирующие устройства в пресующее кольцо 5, распределяющее давление на бетонную смесь. В пресующем кольце имеется канал для подачи бетонной смеси за отступом: канал перекрывается при помощи гидравлического домкрата 6. Опалубка 7 секционная (переносная), состоит из 14 секций шириной по 600 мм. Каждая секция опалубки состоит из двух шарнирно-соединенных верхних элементов и нижней части с двумя шарнирно-закрепленными откидными звеньями. Секции опалубки переносятся при помощи самоходного механизма 8 в два приема сначала верхние элементы, а затем нижние. Для отрыва опалубки от бетона механизм 8 имеет гидравлические домкраты 9 и 10. Механизм перестановки опалубки передвигается по рельсам транспортного моста 11, на котором также размещается транспортер-перегрузчик 3. На концевой части моста смонтированы гидронасосная установка и электрооборудование. Транспортный мост установлен на передвижной технологической платформе 12, перемещение которой осуществляется двумя гидравлическими домкратами 13 путём подтягивания их к уложенным блокам плоского основания 14. На технологической платформе настлан два рельсовых пути и стрелочный съезд. Подача бетонной смеси осуществляется по бетоноводу 15 диаметром 150 мм от пневмобетоноукладчика 16 типа БП-7 емкостью 0,7 м

Цикл работ при сооружении тоннеля начинается с установки восточной части щита очередной секции опалубки, за которую нагнетается бетонная смесь пневмобетоноукладчиками, поочередно приедающими к бетоноводу и через ресивер 17 к сети сжатого воздуха. После нагнетания бетонной смеси щит отталкивается от рессующего кольца, передвигается вперед и его челюстные погружные машины разрабатывают грунт, передавая его через систему раппортеров в состав вагонеток. Одновременно с передвижением щита снимается задняя секция опалубки и устанавливаются плоские ложи 14 лотка тоннеля. После передвижки щита передвигается также транспортный мост 11 с транспортером-перегрузателем.

Комплекс ТЩБ-7 был применен при сооружении перегонного тоннеля между станциями «Октябрьское поле» и «Щукинская» Московского метрополитена. Толщина обделки колебалась от 37 до 0 см. Фактическая прочность бетона через 28 сут составила в среднем 400 кгс/см^2 , и предел прочности бетона на момент распалубки через 48—60 ч) $120\text{—}160 \text{ кгс/см}^2$.

На рис. 222 показана схема сооружения перегонного тоннеля породах средней крепости комплексом с механизированным щитом I-105Т. Обделка тоннеля из монолитно-прессованного бетона. Разоботка забоя производится щитом 1 с исполнительным органом ланетарного типа. Порода кольцевым подъемником 2 поднимается вверх и поступает на наклонный конвейер 3, далее порода передается а транспортной мост 4 и конвейер-перегрузатель 5. Щит для передвижения отталкивается домкратами 6 от распорного кольца 7. Щит соединен с распорным кольцом четырьмя домкратами 8, подтягивающими кольцо к щиту после его передвижения вперед. Распорное кольцо имеет три клиновых гидравлических устройства, скрепляющихся в стены тоннеля при передвижении щита. Возведение монолитно-прессованной обделки осуществляется при помощи устройства, состоящего из двух колец — распорного 9 прессующего 10. На распорном кольце 9 смонтировано восемнадцать домкратов 11, передающих равномерное усилие через прессующее кольцо 10 на бетонную смесь 12. Усилие прессования бетонной смеси определяется в 10 кгс/см^2 . Распорное и прессующие кольца соединены между собой дополнительными домкратами 13, передвижными систему этих двух колец независимо от щита.

Опалубка 14 состоит из восьми отдельных секций шириной 600 мм. Каждая секция выполнена из трех элементов. Два верхних элемента 15 шарнирно соединены между собой, а третий, нижний элемент 16 с плоским соединением для образования лотка и шарнирно-укрепленными откидными звеньями 17. Каждая секция опалубки ереносится к месту установки механизмом 18, передвигающимся о транспортному мосту. Транспортный мост 4 шарнирно соединен с щитом, а его хвостовая часть опирается на технологическую платформу 19, связанную двумя тягами с мостом и передвигающуюся вместе с ним. Шарнирные соединения тяг позволяют мосту поворачиваться относительно технологической платформы, на которой размещено два домкрата 20, для передвижения платформы конвей-

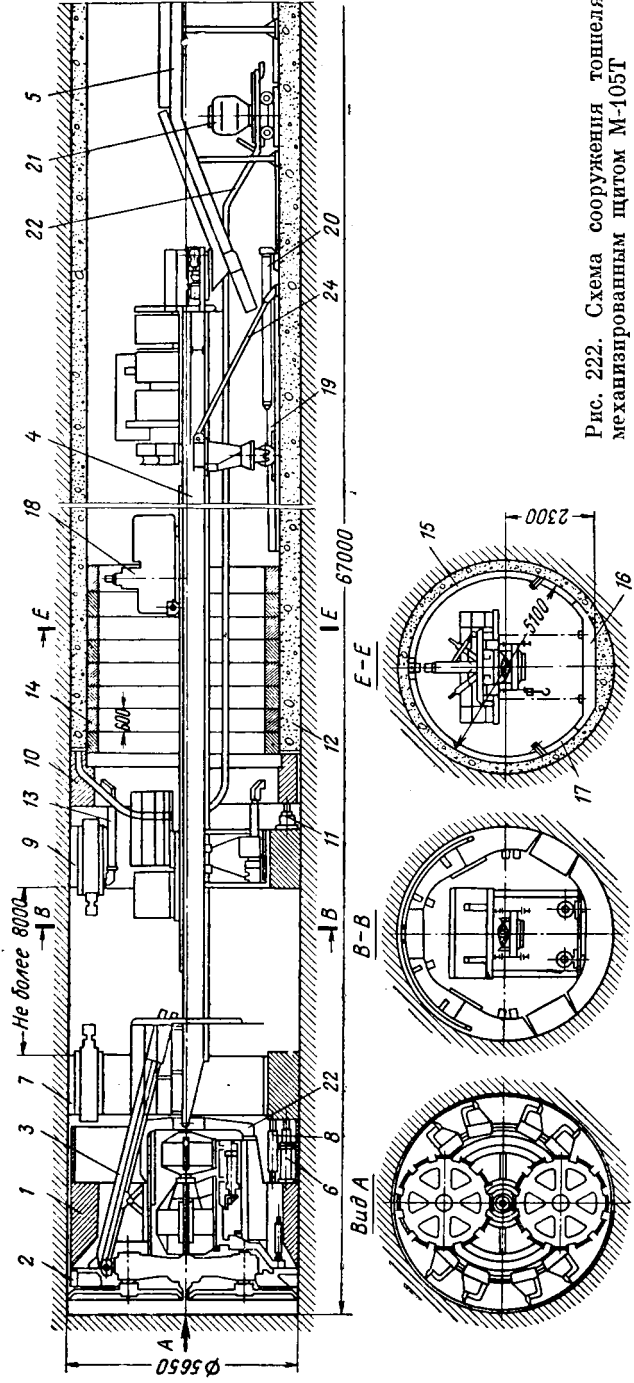


Рис. 222. Схема сооружения тоннеля механизированным щитом М-105Т

ром-перегрузателем 5 за транспортным мостом. На технологической платформе настланы два рельсовых пути и стрелочный съезд.

Подача бетонной смеси осуществляется пневмобетонукладчиком 21 по бетоноводу 22. На заходку бетонирования длиной 1200 мм подавалось 12 пневмобетонукладчиков емкостью по 0,7 м³.

Указанным комплексом сооружался перегонный тоннель Тбилисского метрополитена между станциями «Исани» и «300 арагинцев».

Анализ технологических схем комплексного сооружения перегонных тоннелей метрополитена позволяет установить следующее:

а) в легких грунтах типа песков с включением суглинков и суглестей наиболее целесообразно применение щитов с рассекающими площадками, оборудованными механизмами для разработки и погружки грунта и транспорта его от забоя с помощью конвейера;

б) в более плотных и прочных породах целесообразно применение механизированных щитов с рабочим органом, определяемым физико-механическими свойствами пересекаемых пород;

в) основным типом обделки тоннелей можно считать сборный железобетон. Необходимо продолжать исследования по обеспечению надежной гидроизоляции сборной обделки с обжатием ее в породу;

г) при сооружении тоннелей большой протяженности и глубокого заложении целесообразно применение монолитно-прессованной бетонной обделки. Совершенствование этого вида обделки должно осуществляться в направлении увеличения шага прессования, применения скользящей опалубки и др.

§ 80. Производственные показатели при сооружении тоннелей щитовым способом

Организация работ при сооружении тоннеля щитами характеризуется применением параллельного выполнения всех работ, связанных с операциями в зоне забоя, т. е. отделения породы от массива, погружки и транспортирования породы. Возведения сборной обделки осуществляется на ход продвижения щита последовательно с работами в забое. На рис. 223 приведены график организации работ и затраты труда подземной группы рабочих по операциям при сооружении 1 м тоннеля щитом ЩМ-17.

Средние скорости сооружения перегонных тоннелей глубокого заложения Московского метрополитена за период с 1954 по 1970 г. возросли с 65 до 105 м/мес. Наиболее высокие скорости достигнуты при сооружении перегонных тоннелей мелкого заложения с применением щитов с рассекающими площадками. Так, при сооружении тоннелей Фрунзенского радиуса Московского метрополитена (1963 г.) скорость составила 243,6 м/мес, Ждановского радиуса (1966 г.) — 100,2 м/мес и Замоскворецкого радиуса (1969 г.) — 430,6 м/мес.

При сооружении перегонных тоннелей механизированными щитами также были достигнуты высокие показатели как по скорости сооружения, так и по производительности труда (табл. 61).

Представляет большой интерес опыт сооружения перегонного тоннеля метрополитена между станциями «Академическая» и «Гражданская» в Ленинграде в 1976 г. При сооружении тоннеля был применен механизированный щит КТ1-5,6 с обделкой из гладки блоков с обжатием в породу. Узел разжатия был расположен между двумя лотковыми блоками. Достигнутая скорость сооружения тоннеля 676 м за 31 рабочий день является мировым достижением.

Наименование операций	Продолжительность, мин	Общие затраты труда, чел-ч	Минуты													
			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Передвижка щита	27	—	█		█	█		█	█							
Работа породопогрузочной машины	27	1,26	█		█		█									
Погрузка породы в вагонетки	27	1,26	█		█		█									
Нагнетание за 1 кольцо	37	2,00	█	█	█	█	█									
Уборка прижимного кольца	10	0,73								█						
Передвижка тележки с комплексом	4	0,33									█					
Монтаж постоянной обделки	47	2,93										█	█	█	█	
Поджатие прижимного кольца	4	0,33													█	
Доставка смеси и загрузка аппарата нагнетания	31	0,78				█									█	
Транспортирование породы, блоков и смеси	106	—		█	█		█	█		█	█	█	█	█	█	
Укладка блоков на рольганг	16	0,27													█	
Заготовка смеси для нагнетания	25	1,25	█	█	█	█	█									

Рис. 223. График организации работ и затраты труда при сооружении тоннеля щитом ЩМ-17

Переходя к анализу уровня механизированного и ручного труда при сооружении перегонных тоннелей мелкого заложения, можно установить, что уровень механизированного труда фактически составляет 31%, ручного при работе машин 31,5% и собственно ручного 37,5%. Снижение ручного труда может быть достигнуто путем широкого применения механизированных щитов, блочных обжатых обделок, совершенствования работ по гидроизоляции и др.

Таблица 61

Город	Тип механизированного щита	Обделка	Скорость сооружения, м			Производительность труда проходчика в смену	
			м/месяц	м/сутки	м/смену	м	м ³ в свету
Москва	Щ-19 с рассекающими площадками	Блочная	430,61	19,25	7,64	0,11	2,24
	ЩМ-17 с рассекающими площадками и челюстными погрузчиками	То же	128 *	$\frac{12,5 **}{7,53}$	$\frac{5,6}{2,5}$	0,35	7,2
	ЩБ-7	Монолитно-прессованная	81,5	6,38	2,36	0,18	3,7
	405Т	Блочная	200,3	—	8,3	0,17	3,5
Ленинград	Ленинградский щит КТ1-56	То же	$\frac{332}{125}$	16	—	—	—
		Блочная обжатая	676	26,84	10,39	0,55	10,3
Киев	Киевский щит	То же	$\frac{222}{136}$	$\frac{11,6}{7,7}$	—	—	—
		Монолитно-прессованная	101,5	$\frac{5,3}{3,0}$	—	0,17	3,5

* За 17 рабочих суток.

** В числителе указаны максимальные, а в знаменателе—средние скорости.

§ 81. Сооружение выработок ограниченных сечений с применением щитов

Щитовой способ также нашел применение при сооружении выработок в шахтном, гидротехническом и городском подземном строительстве.

В шахтном строительстве щиты получили применение с 1955 г. главным образом в Подмосковном бассейне, где они использовались при сооружении основных вентиляционных и транспортных выработок. Диаметр щитов 3,7—4 м. За последние годы при строительстве крупных шахт в Подмосковном бассейне диаметр щитов был увеличен до 5,2 м. Щиты выполняли главным образом функции передвижных временных крепей, под защитой которых производилась выемка породы и возведение сборной постоянной блочной крепи.

Щиты больших диаметров были механизированы.

В условиях Подмосковного бассейна средние скорости сооружения выработок щитами изменялись в пределах 50—75 м/мес, максимальные скорости до 145—155 м/мес и производительность труда от 1,2 до 1,5 м³ в свету/чел-смену.

В гидротехническом строительстве щиты применяются в меньших объемах и главным образом при сооружении тоннелей водоснабжения (например, при строительстве Большого Ставропольского канала) отвода ливневых вод и для строительства подземного русла реки в городской застройке (например, строительство нового русла р. Неглинной в Москве).

Для строительства нового подземного русла реки Неглинной был использован щитовой комплекс, подобный принятому при сооружении перегонного тоннеля метро в Москве. Диаметр тоннеля в свету был принят 3,5 м. Щит комплекса был оборудован рассекающими площадками с погрузочной машиной челюстного типа с следующей выдачей песчаного грунта системой транспортеров в вагонетки. Постоянная обделка была принята из монолитно-прессованного бетона толщиной 330—350 мм. Марка бетона 300. При сооружении тоннеля была достигнута устойчивая скорость 4 м/сут наибольшая скорость составила 102 м/мес, производительность труда проходчиков 0,74 м³ в свету/чел-смену.

Коллекторные тоннели в большинстве случаев проводятся щитами малых диаметров. Так, в 1974 г. объем выполненных работ щитами диаметром от 2 до 2,61 м составляет 73%, диаметром 3,2—3,7 м 16% и диаметром 4—4,1 м 11%, из них наиболее распространенными являются щиты диаметром 2 м (28%) и щиты диаметром 2,56 м (30%).

Тоннели обычно располагаются на глубине 6—15 м от земной поверхности и проводятся в песчаных грунтах.

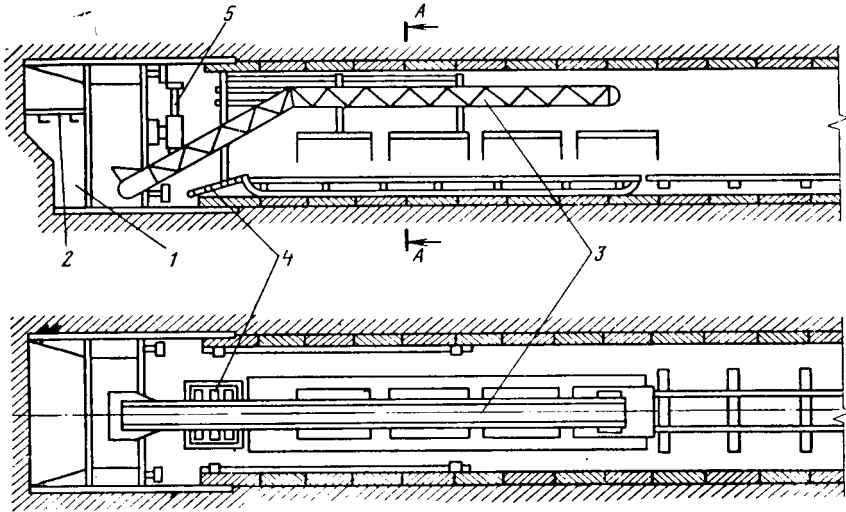
В большинстве случаев при сооружении тоннелей применяют немеханизированные щиты (93%). В качестве постоянной обделки тоннелей наибольшее применение получили сборные конструкции в виде железобетонных и керамических блоков (84,7%) и железобетонные тубинги (13,6%).

Техническая характеристика некоторых наиболее распространенных типов щитов приведена в табл. 62 и 63.

На рис. 224 представлена схема сооружения коллекторного тоннеля щитом 1 типа ПШ-2. Выемка песчаного грунта осуществляется отбойными молотками или вручную. Ножевая часть щита имеет одну рассекающую площадку 2, поддерживающую породу в забое от обрушения и позволяющую дозировать равномерный выпуск породы. Порода погружается на ленточный конвейер 3 и далее в вагонетки. Обделка принята сборной из железобетонных блоков (в кольце 8 шт.), толщина блока 150 мм и ширина 320 мм. Блоки подаются в вагонетках, из которых они разгружаются тельфером, поступают на рольганг 4 и блокоукладчиком 5 укладываются в кольцо обделки.

На рис. 225 представлена схема сооружения коллекторного тоннеля механизированным щитом КЩ-2,1Б.

Средние скорости сооружения тоннелей за 1974 г. в зависимости от уровня механизации работ в обычных горно-геологических условиях, характерных для сооружения этого типа тоннелей при щитовых различных диаметров, приведены в табл. 64. Из этих данных видно что механизированные щиты обеспечивают увеличение скорости



ис. 224. Схема сооружения коллекторского тоннеля немеханизированным щитом

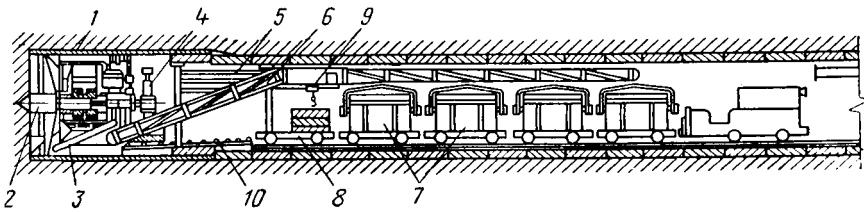
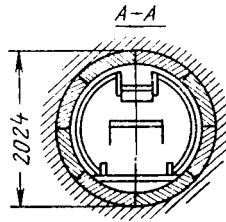


Рис. 225. Схема сооружения коллекторного тоннеля механизированным щитом:

1 — корпус щита; 2 — рабочий орган щита в виде винтовой планшайбы; 3 — скребковый питатель; 4 — блокоукладчики; 5 — выдвижные балки для поддержания блочной крепи в период ее установки; 6 — ленточный перегружатель; 7 — вагонетки со съемным кузовом; 8 — блоковозка; 9 — тельфер для разгрузки блоков; 10 — рельсанг для подачи блоков к блокоукладчику

Т а б л и ц а

Показатели	Тип немеханизированного щита			
	ПЩ-2,0	ПЩ-2,8	ПЩ-3,2	ПЩ-4
Наружный диаметр щита, мм	2024	2576	3204	4030
Внутренний диаметр хвостовой части, мм	2000	2560	3160	3970
Длина щита, мм	2795	3500	4692	4680
Число пиловых домкратов	16,0	18,0	16,0	18,0
Суммарное усилие, развиваемое домкратами, тс	180	320	720	1125
Тип блокоукладчика		Дуговой		
Масса щита, т	5,12	10,3	16,5	41,9

Т а б л и ц а

Показатели	Тип щитового механизированного комплекса					
	КЩ-2,1Б	КЩ-2,6Б	КЩ-3,2Б	КЩ-4,6Б	ПЩМ-3,6	ПЩМ-2
Диаметр щита, мм	2100	2600	3200	4030	3624	2024
Диаметр тоннеля, в свету, мм	1800	2250	2800	3550	—	—
Толщина обделки, мм	120	150	170	200	160	160
Длина щитового комплекса, м	14,0	20,3	26,8	44,3	44	—
Тип исполнительного органа	Винтовая планшайба		Стреловидный с резцовой коронкой	Рассекающие площадки		
Число щитовых домкратов	12	15		12	—	20
Суммарное усилие, развиваемое щитовыми домкратами, тс	180	600	760	—	800	200
Общая мощность установленная, кВт	25	54	98,5	100	83	—
Масса, т	25,4	36,5	52,7	81	71	—

за месяц на 35—40%, с увеличением диаметра щита скорость сооружения тоннелей уменьшается.

Средняя скорость сооружения немеханизированными щитам составила 53 м/мес, механизированными щитами 76 м/мес.

Производительность труда проходчиков в среднем при механизированных работах составляет 0,25 м/чел-смену.

В табл. 65 приведены данные по скоростному строительству коллекторных тоннелей.

Показатели сооружения коллекторных тоннелей как по скорости так и по производительности труда ясно указывают на значительные достижения в этой области строительства подземных сооружений

Таблица 64

Диаметр щитов, м	Скорость сооружения тоннелей	
	частично механизированными и немеханизированными щитами	механизированными щитами
2—2,61	$\frac{1,5-2,1}{52-62}$	$\frac{2,4-2,8}{105}$
3,2—3,7	$\frac{1,2-1,4}{30-55}$	$\frac{1,5}{73-78}$
4—4,1	$\frac{0,6-0,8}{41-46}$	$\frac{0,7-0,8}{50}$

Примечание. В числителе указаны средние скорости сооружения в сутки, знаменателе — в месяц.

Таблица 65

Объект строительства	Сооружено за 31 рабочие сутки, м	Средняя скорость сооружения		Максимальная скорость сооружения		Производительность труда проходчика в смену	
		м/сут	м/смену	м/сут	м/смену	м	м ³ в свету
Главный канализационный коллектор (г. Киев), механизированный щит диаметром 3,6 м	516	16,6	5,5	—	—	0,92	7,4
заводе Чертановский канал (г. Москва), механизированный щит с рассекающими конвейерными площадками диаметром 3,6 м	445	14,3	4,8	22,0	8,0	0,8	6,7
электронный тоннель в Ясенево (г. Москва), комплекс КЩ-2,1Б	473,5	15,3	5,1	23,1	9,1	1,0	2,72
электронный тоннель на улице Пехотная (г. Москва), комплекс КЩ-2,1Б	565	24,1	9,1	—	—	—	—

Список литературы

- Бурчаков А. С., Ушаков К. З., Мустель П. И.* Рудничная аэрология. «Недра», 1971, 372 с.
- Тоннели и метрополитены.* М., «Транспорт», 1975, 552 с. Авт.: В. П. Вков, С. Н. Наумов, А. И. Пирожкова и др.
- Гелескул М. Н., Хорин В. Н., Киселев Е. С.* Справочник по креплевым горным выработкам. М., «Недра», 1976, 501 с.
- Глазунов Е. М.* Новые методы расчета бетонирования тоннелей. — «Энгельское строительство», № 11, 1975, 3 с.
- Зурабов Г. Г., Бугаева О. Е.* Гидротехнические тоннели гидростанций. М., «Госэнергоиздат», 1962, 719 с.
- Лангефорс У., Кильстрем Б.* Современная техника взрывной отбойки горных пород. М., «Недра», 1968, 240 с.
- Единые правила безопасности при взрывных работах.* М., «Недра», 19318 с.
- Максимов А. П.* Горное давление и крепь выработок. М., «Недра», 1973, 287 с.
- Малевич Н. А.* Горнопроходческие машины и комплексы. М., «Недра», 1971, 381 с.
- Маршак С. А., Самойлов В. П.* Строительство подземных сооружений с помощью проходческих щитов. М., «Недра», 1967, 207 с.
- Мельников А. А.* Сооружение выработок больших сечений в крепких породах. М., «Недра», 1974, 171 с.
- Мостков В. М.* Подземные сооружения большого сечения. М., «Недра», 1974, 318 с.
- Машины и оборудование для проведения горизонтальных и наклонных выработок.* Под ред. Б. Ф. Братченко. М., «Недра», 1975, 415 с.
- Покровский Н. М.* Сооружение и реконструкция горных выработок. Ч. 1. М., Госгортехиздат, 1962, 380 с.
- Покровский Н. М.* Проектирование комплексов выработок подземных сооружений. М., «Недра», 1970, 320 с.
- Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах.* М., «Недра», 1975, 510 с.
- Справочник строителя транспортных тоннелей.* Под ред. П. А. Часовити. М., «Транспорт», 1965, 766 с.
- Штанговая крепь.* М., «Недра», 1965, 328 с. Авт.: В. Н. Семевский, В. М. Волжский, О. В. Тимофеев и др.
- Суржило Г. В.* Организация и планирование строительства горных предприятий. М., «Недра», 1964, 275 с.
- Контурное взрывание в угольных шахтах.* «Донбасс», 1972, 86 с. Авт.: П. Я. Таранов, Е. М. Гордеев, А. Г. Гудзь и др.

Оглавление

едисловие	3
ЗДЕЛ I. ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОГРАНИЧЕННЫХ СЕЧЕНИЙ В ОДНОРОДНОЙ КРЕПКОЙ ПОРОДЕ	5
ава I. Параметры буровзрывных работ	6
§ 1. Взрывчатые вещества и средства взрывания	6
§ 2. Расход взрывчатого вещества	6
§ 3. Диаметр шпуров	11
§ 4. Конструкция заряда ВВ	12
§ 5. Число шпуров	13
§ 6. Контурное взрывание	16
§ 7. Глубина шпуров	17
§ 8. Расположение шпуров	22
§ 9. Показатели буровзрывных работ	29
ава II. Бурение шпуров	32
§ 10. Бурильные машины и буровой инструмент	32
§ 11. Установочные приспособления	34
§ 12. Выбор и анализ работы бурильных машин	40
§ 13. Буропогрузочные машины	44
ава III. Организация бурения и заряжания шпуров и проветривание забоя после взрыва	46
§ 14. Организация бурения шпуров	46
§ 15. Заряжание и взрывание шпуров	52
§ 16. Проветривание забоя и приведение его в безопасное состояние после взрыва	56
ава IV. Погрузка породы	59
§ 17. Погрузочные машины периодического действия	60
§ 18. Погрузочные машины непрерывного действия	66
§ 19. Погрузочно-транспортные машины	68
§ 20. Скреперные установки	69
§ 21. Выбор погрузочных машин	77
§ 22. Производительность погрузочных машин	78
ава V. Вспомогательные работы при проведении выработок	89
§ 23. Временная крепь выработок	89
§ 24. Призабойный транспорт	94
§ 25. Специальное транспортное оборудование и устройства для осуществления маневров	101
§ 26. Детали путевых устройств	109
§ 27. Монорельсовый транспорт	112
§ 28. Водоотводные канавки и дренажи	113
§ 29. Прокладка в выработке тросопроводов и кабелей	115
§ 30. Освещение	116
§ 31. Маркшейдерское обслуживание	117
ава VI. Возведение постоянной крепи	118
§ 32. Возведение металлической крепи	120
§ 33. Возведение сборной железобетонной крепи	123
§ 34. Возведение блочной бетонной крепи	127
§ 35. Возведение штанговой крепи	131
§ 36. Возведение монолитной бетонной крепи	140
§ 37. Возведение крепи из набрызгбетона	154
§ 38. Возведение металлобетонной крепи	160
§ 39. Упрочнение горных пород при проведении выработок	164
ава VII. Проведение выработок породопроходческими комбайнами	165
§ 40. Конструкции породопроходческих комбайнов	166
§ 41. Проведение выработок комбайнами	176

- § 42. Производственные показатели работы комбайнов
- § 43. Перспективы развития методов разрушения породы комбайнами

Глава VIII. Организация работ и основные параметры сооружения горизонтальных выработок в однородной крепкой породе

- § 44. Скорость проведения выработок
- § 45. Организация работ
- § 46. Продолжительность цикла основных операций
- § 47. Производительность труда
- § 48. Технологические схемы проведения выработок

РАЗДЕЛ II. ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК

Глава IX. Проведение пластовых выработок буровзрывным способом

- § 49. Проведение выработок по мощным и средней мощности пластам угля
- § 50. Проведение выработок по неоднородным породам
- § 51. Организация работ и основные показатели проведения выработок

Глава X. Проведение пластовых выработок проходческими комбайнами

- § 52. Основные типы комбайнов
- § 53. Технология проведения выработок комбайнами
- § 54. Крепление выработок, проводимых комбайнами
- § 55. Транспорт при проведении выработки
- § 56. Основные показатели проведения выработок комбайнами

РАЗДЕЛ III. СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ

Глава XI. Сооружение тоннелей в крепких породах

- § 57. Схемы сооружения тоннелей
- § 58. Параметры буровзрывных работ при сооружении тоннелей сплошным забоем и разработке верхнего уступа забоя тоннеля
- § 59. Параметры буровзрывных работ при разработке нижнего уступа забоя тоннеля
- § 60. Расположение шпуров и скважин при буровзрывных работах
- § 61. Буровое оборудование
- § 62. Организация работ по бурению и заряданию шпуров и проветриванию забоя тоннеля
- § 63. Погрузка и транспортирование породы
- § 64. Временное крепление тоннелей
- § 65. Освещение и связь при сооружении тоннелей
- § 66. Возведение обделки тоннелей
- § 67. Технологические схемы и организация работ при сооружении тоннелей

Глава XII. Сооружение тоннелей в породах средней прочности и мягких

- § 68. Сооружение тоннеля с раскрытием его на полное сечение
- § 69. Сооружение тоннеля с раскрытием в первую очередь сводчатой части сечения
- § 70. Сооружение тоннеля с раскрытием в первую очередь его сечения по контуру
- § 71. Сооружение тоннеля с проведением центральной направляющей штольни
- § 72. Модернизация способов сооружения тоннелей

Глава XIII. Сооружение тоннелей при помощи комбайнов

- § 73. Сооружение тоннелей комбайнами избирательного действия
- § 74. Сооружение тоннелей при помощи роторных комбайнов
- § 75. Сооружение тоннелей при помощи ступенчатых роторных комбайнов

Глава XIV. Сооружение тоннелей с применением щитов

- § 76. Конструкция щитов
- § 77. Возведение обделки
- § 78. Основные технологические операции при сооружении тоннелей щитовым способом
- § 79. Технологические схемы сооружения тоннелей щитовым способом
- § 80. Производственные показатели при сооружении тоннелей щитовым способом
- § 81. Сооружение выработок ограниченных сечений с применением щитов

Список литературы