

622.28

134 М. А. ЛЕВ, А. А. САПУНОВ

МЕХАНИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ КРЕПЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК



622.28	34039
л 34	лет М.А.
Механизация бетонных работ.	
З.В. 77	286 0-59

Книга должна быть возвращена не
позже указанного здесь срока

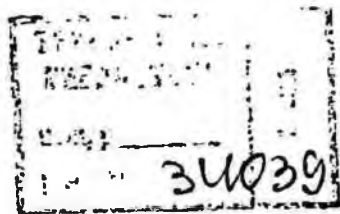
Количество предыдущих выдач _____	
24/IV-80	

20051.

М. А. ЛЕВ, А. А. САПУНОВ

622.28
Л 34

МЕХАНИЗАЦИЯ
БЕТОННЫХ РАБОТ
ПРИ КРЕПЛЕНИИ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК



МОСКВА «НЕДРА» 1976

Лев М. А., Сапунов А. А. Механизация бетонных работ при креплении горных выработок. М., «Недра», 1976. 220 с.

В книге рассмотрены область применения крепей из монолитного бетона и набрызгбетона и основные требования к ним, описаны наиболее прогрессивные конструкции крепей машин и механизмов для транспорта и укладки бетонных смесей, достоинства и недостатки опалубок.

Освещены вопросы организации работ по креплению горизонтальных выработок и вертикальных стволов, повышения долговечности крепи, приведены технологические схемы. Отдельная глава посвящена материалам и проектированию составов бетонных смесей. Рассмотрены основные направления совершенствования механизации бетонных работ при креплении горных выработок.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и строительством шахт угольной и горнорудной промышленности.

Табл. 33, ил. 95, список лит. — 32 назв.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Повышение темпов сооружения шахт и рудников и снижение стоимости их строительства являются актуальными задачами настоящего времени. В плане выполнения этих задач значительное место отводится дальнейшему совершенствованию технологии горнопроходческих работ — проведению капитальных и подготовительных выработок, вскрывающих месторождение и обеспечивающих его нормальную эксплуатацию.

Возведение крепей горных выработок, имеющих своим основным назначением обеспечить безопасные условия эксплуатации шахт и рудников, является одним из основных элементов в технологии горнопроходческих работ.

Затраты на крепление и поддержание горных выработок составляют существенную часть расходов на добычу полезных ископаемых. При сооружении капитальных и подготовительных выработок затраты труда на крепление составляют в проходческом цикле более $\frac{1}{3}$ от общих трудовых затрат, а ежегодные расходы на поддержание горных выработок только по угольной промышленности исчисляются десятками миллионов рублей и на этих работах задерживается более 60 тыс. горнорабочих. Поэтому изыскание и внедрение в производство новых рациональных видов крепей и материалов, механизация и снижение трудоемкости возведения крепей имеют большое значение для повышения эффективности шахтного строительства и снижения эксплуатационных издержек в целом по отрасли.

Горнопроходческие работы состоят из ряда прерывистых производственных процессов, отличающихся по трудоемкости и продолжительности, таких, как бурение, зарядание, взрывание, погрузка и транспортирование породы, крепление и др., которые, будучи весьма разнообразными по объему и характеру, требуют принципиаль-

но различных подходов к решению проблем их механизации.

Опыт последних 15—20 лет подтвердил, что только коренным изменением технологии и комплексной механизацией горнопроходческих работ можно добиться значительного повышения производительности труда. Так, значительным усовершенствованием в технологии сооружения шахтных стволов было внедрение передвижных металлических опалубок в сочетании с быстротвердеющим монолитным бетоном, что позволило организовать циклично-поточную технологию работ. Производительность труда проходчиков за этот период выросла в 4 раза. Достигнутые в Советском Союзе показатели при сооружении стволов находятся на уровне лучших мировых.

За это же время производительность труда при сооружении горизонтальных выработок выросла менее значительно. Основным производственным процессам сопутствует значительное количество прерывных, вспомогательных, трудно механизуемых операций (доставка материалов, установка затяжек, забутовка, завинчивание гаек и т. п.). Конструкции широко распространенных рамных крепей не приспособлены для механизированного возведения.

Основной задачей в области механизации горнопроходческих работ следует считать достижение непрерывности рабочего процесса, что может быть достигнуто изменением технологии работ, в том числе и по креплению, и внедрением комплексной механизации. Наиболее прогрессивная технология возведения крепей должна обеспечивать поточность рабочего процесса при полной его механизации.

В книге рассмотрены вопросы возведения крепей горных выработок из монолитного бетона — материала, применение которого позволяет в значительной степени механизировать работы по креплению.

Наряду с практикой крепления выработок бетоном в работе отражены исследования по применению безопалубочного бетонирования. Отдельные параграфы посвящены технологии приготовления и транспортирования бетонной смеси в шахтных условиях.

В книге изложен опыт ведущих институтов по механизации крепления горных выработок.

§ 1, 2, 4, 5 и 6 написаны М. А. Львом, § 3 — А. А. Сапуновым, § 7 — совместно.

Авторы приносят благодарность сотрудникам комбината Кривбассшахтопроходка, треста Донецкшахтопроходка, рудоуправления им. Дзержинского (г. Кривой Рог), Криворожского филиала ВНИИОМШС и ЦНИИПодземмаш за оказанную помощь при подготовке рукописи к печати.

§ 1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОННОЙ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Среди большого разнообразия строительных материалов, применяемых для крепления горных выработок в шахтном и подземном строительстве, бетон занимает одно из ведущих мест. Бетонная крепь является одной из основных, а во многих случаях единственной, которой закрепляются основные капитальные выработки: так, например, шахтные стволы, выработки околоствольных дворов, камеры угольных и породных бункеров, дробильных комплексов, узлы сопряжений выработок, тоннели, специальные сооружения и др. Значителен удельный вес выработок, закрепляемых бетоном, в общей сумме затрат на крепление.

Широкое применение бетона в строительной практике определяется рядом его достоинств как материала. Бетон является прочным, долговечным и огнестойким материалом. Пластичное состояние бетона при использовании позволяет применять его в конструкциях любой формы и размеров.

Перечисленным достоинствам бетона соответствуют такие свойства конструкции крепи, как надежность, долговечность и прочность. Надежность крепи — это свойство конструкции, обеспечивающее выполнение ею ограждающих функций, обусловленных прочностью, долговечностью, податливостью, ремонтпригодностью и т. п. Таким образом, крепь должна обеспечивать рабочее состояние выработки и безопасные условия эксплуатации в течение всего срока службы. Прочность крепи — это свойство воспринимать заданные усилия и воздействия среды, не разрушаясь в расчетные сроки. Долговечность крепи — это способность крепи сохранять работоспособность в заданных режимах эксплуатации до разрушения (или до другого предельного состояния), определяемого во времени расчетным сроком службы, экономическими соображениями, числом ремонтов и др.

Между свойствами существует взаимосвязь. Достаточно долговечные конструкции могут требовать частого ремонта; известно, что деревянные крепи имеют малый срок службы, неремонтоспособны.

Преимущество бетона также состоит в том, что основную массу исходных материалов в нем составляют: песок и гравий (щебень), являющиеся недефицитными, сравнительно недорогими и местными материалами, не требующими дальних перевозок.

Условия работы крепей горных выработок существенно отличаются от условий работы несущих и ограждающих конструкций наземных сооружений. В основном отличия состоят в том, что конструкции крепи, воспринимая нагрузку, находятся в контакте с горными породами, работают в условиях бокового отпора вмещающих пород и агрессивного воздействия среды. Таким образом, во взаимодействии факторов проявлений горного давления и конструктивных особенностей крепи формируется нагрузка на крепь.

Одним из основных нормативных документов при проектировании крепей является СНиП IIМ.4—65.

При проведении капитальных и подготовительных выработок на породном контуре развиваются различной степени деформации ползучести, могущие в конечном счете привести к потере ими устойчивости. Крепь устанавливается в выработке вслед за ее прохождением, когда в окружающих породах происходит формирование области неупругих деформаций и породный контур смещается внутрь выработки. Под давлением смещающихся пород конструкция крепи стремится деформироваться, оказывая при этом реактивное усилие на породу. Величины деформаций и реактивных усилий, в свою очередь, зависят от жесткости (податливости) крепи. Конкретные горно-геологические и горнотехнические условия закрепляемой выработки определяют режим работы крепи и ее взаимодействие с вмещающими породами. Различают два основных режима работы крепи: заданных нагрузок и заданных деформаций. Соответственно различаются конструкции — жесткие и податливые крепи. Когда на крепь давит вес обрушившихся пород, она работает в режиме заданной нагрузки. Крепь, установленная в зоне влияния очистных работ на больших глубинах, работает в режиме заданных

деформаций, поскольку давление в этом случае является реакцией ее сопротивления выдавливанию в выработку пород или опусканию подработанной толщи. Величина этого давления определяется конструкцией крепи и деформативными свойствами материала.

Из перечня требований, предъявляемых к конструкции крепи, податливость и несущая способность являются основными.

Нагрузки на крепь, обусловленные смещением горного массива, во многом зависят от глубины расположения выработки, физико-механических свойств пород, условий их залегания, размеров сечения выработки, способа ее проведения, конструкции и времени возведения крепи и др. Учет этих факторов во всей их совокупности весьма сложен и предопределяет поиски обобщающих критериев, сравнительно легко определяемых.

Анализ величин и скорости нарастания смещений контура выработки позволяет дать достаточно объективную оценку устойчивости породных обнажений, определить необходимость их крепления, задаться типом и конструкцией крепи и предопределил режим ее работы.

Экспериментальные исследования показали, что одним из критериев, достаточно хорошо характеризующим устойчивость породных обнажений вне зоны влияния очистных работ и сравнительно легко поддающимся определению, является параметр $\gamma H/R_{сж}$, где H — глубина заложения выработки; γ — средний объемный вес пород; $R_{сж}$ — предел прочности вмещающих пород на одноосное сжатие.

Отношение $\eta = \gamma H/R_{сж}$ приближенно характеризует уровень напряженного состояния массива или запаса его прочности вокруг выработки.

Исследования позволяют выделить несколько качественно различных состояний породного контура горизонтальной незакрепленной выработки, которым соответствуют различные типы крепей. В табл. 1 приведены обобщенные данные институтов ДонУГИ и НИГРИ.

Сопоставляя допустимую (возможную) податливость конструкции крепи с прогнозируемыми смещениями контура выработки, можно определить область рационального применения данного типа крепи.

Если в параметре $\eta = \gamma H / R_{сж}$ вместо $R_{сж}$ воспользоваться коэффициентом крепости пород f , а γ принять средневзвешенной постоянной величиной, то представляется возможным выделить области состояний породного контура в зависимости от коэффициента крепости пород и глубины заложения. Граничные линии определяются коэффициентами η , равными 0,1; 0,3 и 0,45.

Несколько легче решается вопрос обеспечения потребной несущей способности крепи. Несущая способность в основном определяется размерами поперечных сечений элементов, прочностными и упругими свойствами материала конструкции и ее отдельных узлов. Практически несущая способность не ограничивает применение того или иного вида крепи.

Конструкции крепей по их взаимодействию с окружающим массивом можно разделить на две группы: поддерживающие, к которым относятся бетонные и рамные крепи, и упрочняющие — крепи из набрызгбетона и бетонные, железобетонные, металлические анкера.

На обычных глубинах (до 500—700 м), вне зоны влияния очистных работ, в капитальных и подготовительных выработках в основном применяются крепи, работающие в жестком режиме (заданных нагрузок). В этих условиях породы испытывают относительно небольшие напряжения и проявляющиеся деформации не выходят за пределы упругих. Образующиеся при возведении крепи небольшие зазоры между крепью и породой компенсируют малые смещения, проявляющиеся на контуре выработки. Из табл. 1 видно, что крепи из бетона и набрызгбетона находят широкое применение.

На больших глубинах напряжения в окружающем горном массиве возрастают, на породном контуре выработок развиваются значительные деформации ползучести, которые при значительном сроке службы выработки могут вывести ее из строя. Практикой работ на больших глубинах подтверждено, что увеличением несущей способности жесткой крепи нельзя предотвратить или существенно замедлить развитие смещений пород на контуре выработки. С этих позиций нецелесообразно повышать несущую способность крепи, не решая ее податливости.

Податливая крепь допускает смещения и деформа-

Таблица 1

$\eta = \frac{\gamma H}{R_{сж}}$		Характеристика смещений и рекомендуемый тип крепи
по НИГРИ	по ДокУГИ	
$\eta < 0,10$	$\eta < 0,25 \div 0,30$	Смещения контура выработки не превышают 50 мм. Легкие ограждающие конструкции крепи, предотвращающие случайные вывалы породы. Покрытие из набрызгбетона толщиной порядка 20 мм
$0,10 < \eta < 30$	—	Смещения развиваются в течение 3—6 мес. и достигают 100 мм. Процесс стабилизируется на 10 мм в один год. Рекомендуется упрочнение массива с помощью анкерной крепи и набрызгбетона
$\eta > 0,3$	$0,25 < \eta < 0,45$	Породный контур находится в неустойчивом состоянии, смещения достигают 200 мм и нарастают в дальнейшем со скоростью до 40 мм в год Возможно применение крепей без обратного свода. Податливость должна обеспечиваться в пределах заданных деформаций без потери устойчивости. У жесткой крепи податливость должна обеспечиваться за счет смятия забутовочного слоя
	$0,40 < \eta < 0,65$	Смещения породного контура достигают 350 мм. Рекомендуются замкнутые криволинейные податливые крепи. В ряде случаев рекомендуется проводить упрочнение пород. Следует ожидать пучения почвы выработки

ции за пределами упругости при сохранении несущей способности за счет деформации элементов, изменения геометрических размеров крепи, податливых элементов и узлов конструкции — прокладок, пробок, забутовочного слоя и т. п. Использование податливых крепей, работающих совместно с массивом в режиме заданных деформаций, позволяет уменьшить нагрузки на конст-

рукцию, но большей частью связано с усложнением последней.

Многочисленные наблюдения показали, что наибольшие смещения контура выработки происходят в первые недели, месяцы после прохождения выработки.

Таким образом, в ряде случаев представляется возможным жесткую крепь устанавливать за зоной интенсивных смещений пород, т. е. вначале закрепить выработку, например, металлическими арками, а на некотором расстоянии от забоя — монолитным бетоном или набрызгбетоном и этим создать последующие благоприятные условия для работы крепи.

Форма поперечного сечения выработки имеет существенное значение для конструкции крепи. Так, на небольших глубинах, вне зоны влияния очистных работ, находит применение сводчатая крепь из бетона с прямыми стенками. Для этой конструкции характерен небольшой подъем свода. В условиях значительного вертикального и бокового давления такая конструкция легко деформируется, так как свод имеет малый подъем, а прямые стенки не могут противостоять смещениям боковых пород. В этих условиях лучше применять кольцевые и близкие к ним по очертанию криволинейные крепи. Выработки, проводимые в сложных условиях — при значительном давлении со стороны почвы и боков, большей частью имеют замкнутое очертание с обратным сводом, препятствующим развитию пучения.

При определении размеров сечения выработки и конструктивных размеров крепи должны учитываться назначение выработки, материал крепи, режим ее работы и соответствующие требования Правил безопасности.

Вместе с тем при определении формы и размеров поперечного сечения выработок и крепей следует учитывать вопросы габаритов оборудования, размещаемого в выработке, пропуска потребного количества воздуха, способы проведения и условия эксплуатации выработок и обеспечения безопасности выполнения работ.

Приведенные соображения подтверждают, что выбор режима работы, типа и конструкции крепи следует проводить на основе технико-экономических сравнений, учи-

тывающих конкретные горно-геологические условия. Более общие требования предполагают:

использование конструкций крепи в горно-геологических и горнотехнических условиях, соответствующих их назначению и области применения;

унификацию применяемых конструкций крепи;

высокий уровень механизации на всех этапах возведения крепи;

применение кольцевой крепи из монолитного бетона марки 150, толщиной 20—30 см для крепления вертикальных стволов шахт, проходимых в обычных условиях.

Рассмотрим некоторые типы крепей для горизонтальных выработок.

Бетонная крепь. При креплении выработок, проводимых в прочных, устойчивых породах на малых и средних глубинах, вне зоны влияния очистных работ, с относительно небольшими смещениями контура выработки (до 30—50 мм) находит применение крепь из монолитного бетона. Ею закрепляются выработки и камеры околоствольного двора, сопряжения выработок и т. п.

В процессе взаимодействия крепи с окружающим массивом по линии контакта взаимодействуют нормальные и касательные напряжения, способствующие уменьшению изгибающих моментов в крепи. При наличии достаточного отпора пород крепь испытывает сжимающие усилия и способна выдерживать значительные нагрузки, поскольку бетон хорошо работает на сжатие.

При увеличении кривизны свода возрастает его несущая способность, в крепи уменьшаются величины изгибающих моментов и соответственно растягивающие усилия, которым бетон противостоит значительно хуже, чем сжимающим.

Применительно к условиям горнорудной и угольной промышленности проектными институтами разработаны конструкции крепи из монолитного бетона. В разработанных Центрогипрошахтом конструкциях имеются 16 типоразмеров выработок с площадью сечения в свету от 4,2 до 12,8 м². Толщина крепи в стенах и своде составляет соответственно 200—350 мм и 170—230 мм; марка бетона 150.

При прогнозируемых значительных смещениях породного контура выработки крепь из монолитного бе-

тона применять нецелесообразно, так как жесткая бетонная крепь, не воспринимающая смещений породного контура, деформируется. Этому также способствует то, что бетонная крепь не может воспринимать нагрузку сразу после ее возведения. Так, из обследованных ДонУГИ на глубоких шахтах Донбасса выработок, закрепленных монолитным бетоном, до 42% оказались деформированными. Деформации сводятся к появлению расширяющихся трещин и вывалов в своде и стенах. Отсутствие обратного свода приводило к выдавливанию стен крепи. Разрушение крепи наступает через 1—2 мес. после возведения. Наиболее подвержены разрушению выработки, проводимые в слабых песчанисто-глинистых и глинистых сланцах, сечением более 10 м². На больших глубинах пока имеется положительный опыт использования бетонной крепи в выработках сечением не более 7 м².

Металлобетонная крепь. В сложных горно-геологических условиях в практике находят применение бетонные крепи с жесткой арматурой незамкнутого и замкнутого очертания, работающие в жестком и ограниченно-податливом режиме.

Жесткие железобетонные крепи с гибкой арматурой трудоемки и не технологичны и при возведении не нашли широкого распространения в шахтном строительстве.

Бетонные крепи с жесткой металлической арматурой (металлобетонные) выполняются из обетонированного двутаврового или специального профиля с бетонным заполнением межрамного пространства. Такими видами крепи в Донецком бассейне закреплено значительное число выработок. Вследствие недостаточной высоты свода и прямых стенок во многих выработках наблюдались разрушения крепи.

Донгипрошахтом для ряда сечений разработаны конструкции крепей с обратным сводом и арочные. В крепи используются металлические двутавровые балки № 20—27, а межрамное пространство заполняется бетоном марки 200 толщиной 200—270 мм; площадь сечения выработок в свету 5,8—18 м². Для крепи арочной (КДА) и с обратным сводом (КДЗ) разработано по 10 типоразмеров сечений, которые успешно прошли испытания. Несущая способность крепи меняется за счет

изменения числа устанавливаемых арок на 1 м выработки. Отсутствие податливости ограничивает область применения этих крепей выработками зоны околовольных дворов, а также выработками, проводимыми в породах прочностью на сжатие 500—800 кгс/см² и склонных к смещениям контура порядка 80—100 мм.

Представляется возможным расширить область применения этой крепи последовательным способом ее возведения. Так, арки из металла можно устанавливать непосредственно вслед за проведением выработки, а заполнение межрамного пространства бетоном производить после окончания интенсивных смещений окружающих пород. При использовании металлобетонной крепи в районе околовольных дворов устойчивость ее может быть повышена тампонажем и цементацией закрепного пространства.

Для капитальных одно- и двухпутных выработок, проводимых в сложных горно-геологических условиях глубоких шахт при прочности пород 300—800 кгс/см² и смещениях контура около 300—500 мм, Донгипрошахтом и ДонУГИ разработана металлическая крепь с ограниченной податливостью из спецпрофиля СВП-27 с бетонным заполнением.

Вертикальная податливость, составляющая 150 мм, обеспечивается тем, что на концах стоек ниже узла податливости приварены ограничители. Затяжка межрамного пространства при установке крепи в забое осуществляется металлической сеткой. Установленные в забое металлические арки работают в податливом режиме, что исключает их деформацию; бетонирование выработки производится с отставанием от забоя на 30—50 м после осадки крепи. Всего разработано 8 типоразмеров крепи замкнутого типа (МПКЗ) и соответственно арочного типа (МПКА) для выработок сечений в свету 6,4—17,1 м².

Набрызгбетон. Область применения крепи из набрызгбетона определяется относительно небольшими смещениями пород (30—50 мм), которые она может воспринимать.

В крепких, устойчивых породах применяются крепи из набрызгбетона толщиной 3—5 см. В породах средней устойчивости при небольших и стабилизирующихся во времени смещениях контура поддержание выработок

целесообразно осуществлять комбинированными крепями на основе набрызгбетона. Так, анкерная крепь в сочетании с набрызгбетоном уменьшает структурные ослабления массива, снижая величину смещений, и способствует его упрочнению. Применение в этих целях железобетонных и бетонных анкеров, имеющих сцепление с массивом по всей толще пород, не требует усилий по предварительному натяжению анкеров и последующего его поддержания.

В ряде случаев набрызгбетон находит применение в качестве временной крепи, возводимой непосредственно в забое. Такое покрытие, омоноличивая трещиноватый контурный слой, препятствует смещениям и вовлекает его в работу. В комбинации с жесткой, податливой или ограниченно-податливой металлической крепью набрызгбетон может применяться на некотором расстоянии от забоя, воспринимая часть смещений контура в пределах своей конструктивной податливости. Это сочетание крепей может быть и иным, но достаточно эффективным, поскольку исключает применение затяжек и забутовки.

Возможные нарушения целостности крепи из набрызгбетона при необходимости легко поддаются ремонту путем повторного набрызга. Как показывает опыт работы, область и объемы применения крепей из набрызгбетона и комбинированных крепей на его основе могут быть достаточно широкими.

§ 2. КРЕПЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ

Монолитный бетон находит значительное применение при креплении наиболее долговечных и дорогостоящих выработок — капитальных. Техничко-экономические показатели применения этого вида крепи во многом определяются принятой схемой организации работ, в которой определяющими моментами являются объемы и способ транспортирования бетонной смеси, тип опалубки и оборудования для укладки смеси, условия приготовления смеси и т. п.

Для транспортирования бетонной смеси на поверхности от централизованного бетонного завода или узла

до ствола шахты возможно использование автосамосвалов, вагонеток, пневмобетонукладчиков и бетононасосов. Целесообразность того или иного транспорта определяется местными условиями в экономическом сравнении. Так, при дальности транспортирования бетонной смеси к стволу на расстояние свыше 500 м целесообразно применять автосамосвалы. Транспортирование бетонной смеси по стволу может осуществляться в шахтных вагонетках, пневмобетонукладчиками или по ставу бетоновода. Так, по данным Ю. З. Заславского, при объеме бетонных работ более 6 тыс. м³ использование бетоновода наиболее целесообразно. Для транспортирования бетонной смеси на участке от ствола до места работ могут использоваться вагонетки. В некоторых случаях целесообразно смесь транспортировать поездами из нескольких пневмобетонукладчиков или по трубам непосредственно от ствола.

Подача и распределение бетонной смеси является сложным и трудоемким процессом. Из общего числа рабочих, занятых на бетонировании, обычно более половины заняты на операции по транспортированию и подаче бетонной смеси за опалубку. Одним из решений, позволяющим исключить ручной труд на операциях по приему смеси из транспортных средств и укладке ее за опалубку, является применение трубопроводного транспорта бетонной смеси. Основными средствами трубопроводного транспорта являются пневмобетонагнетатели и бетононасосы. Трубопроводный транспорт обеспечивает большую производительность, не задалживает рельсовых путей и не требует участия в нем персонала. Однако этот вид транспорта предъявляет особые требования к бетонным смесям, отличные от общепринятых, — повышенное водоцементное отношение, пониженное содержание щебня (гравия) и др.

Обобщая опыт организации работ, можно выделить несколько основных технологических схем, применяемых при креплении.

Первая схема, показанная на рис. 1, а, предусматривает подачу бетонной смеси к стволу автосамосвалами, автобетоносмесителями или приготовление ее вблизи ствола. Смесь по трубам в стволе направляется в промежуточный бункер, установленный на горизонте, и далее через пневмобетонагнетатель за опалубку.

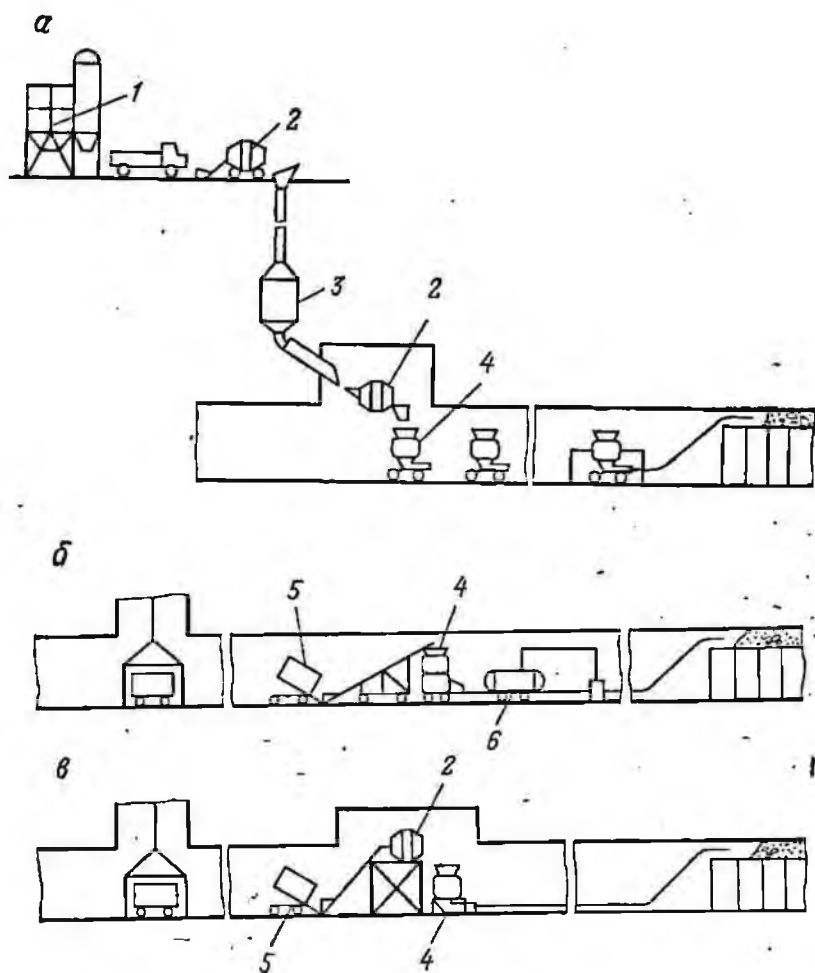
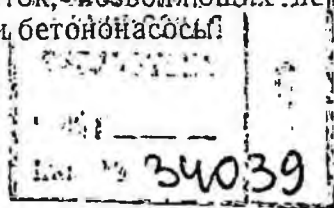


Рис. 1. Схемы крепления выработок монолитным бетоном:

а — при спуске бетона по трубам; б — при спуске бетона по стволу в вагонетках; в — при приготовлении бетона в шахте; 1 — склад цемента и заполнителей; 2 — бетоносмеситель; 3 — промежуточный бункер; 4 — пневмобетононагнетатель; 5 — вагонетка; 6 — воздухоотделитель

Применяемое в иных случаях повторное перемешивание смеси следует избегать введением добавок. При значительной дальности доставки смеси к месту работ (порядка 400—600 м и более) ее целесообразно транспортировать поездами из нескольких пневмонагнетателей или вагонеток, позволяющих перегружать смесь в нагнетатели или бетононасосы.



По одной из разновидностей этой схемы смесь от наземного бетоносмесительного узла к стволу также транспортируется пневмобетононагнетателем. При ограниченном количестве сжатого воздуха или его отсутствии пневмобетононагнетатель, установленный вблизи опалубки, может быть заменен бетононасосом или ленточным укладчиком.

Достоинством таких схем является высокая степень механизации работ, недостатком — большой расход воздуха и износ труб. Большое внимание в этом случае должно быть уделено проектированию составов бетонной смеси и ее приготовлению.

Вторая схема предусматривает транспортирование по стволу готовой смеси в вагонетках с перегрузкой ее в нагнетатели или бетононасосы у места работ (рис. 1, б). Третья схема предусматривает приготовление бетонной смеси в шахте (рис. 1, в). Непосредственное пригото-

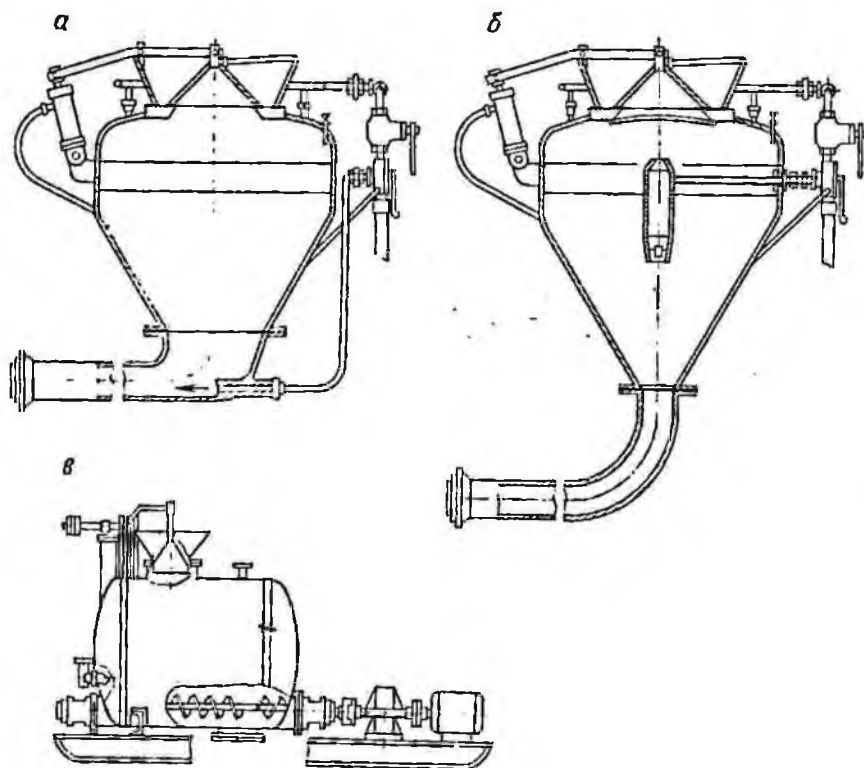


Рис. 2. Конструкции пневмобетононагнетателей:

а — с поддувом в бетоновод; б — с центральным поддувом; в — со шнеком

ление бетонной смеси в шахте должно быть обосновано какими-либо особыми условиями, технической и экономической целесообразностью. При применении пневмобетонагнетателей исключается возможность включения в состав бетона возводимых сооружений бута. Применение бутобетона очень эффективно при переборах сечения по причине взрывных работ и вывалов.

Ниже рассмотрены основные механизмы, оборудование и практика организации работ.

Пневмобетонукладчики. Основными элементами этого оборудования являются нагнетатель, бетоновод и ресивер.

Принцип действия пневматических бетононагнетателей (укладчиков) состоит в следующем (рис. 2, а). В герметически запирающийся сосуд (нагнетатель) загружается бетонная смесь и подается сжатый воздух. Под действием сжатого воздуха смесь транспортируется к месту укладки. На конце бетоновода устанавливается гаситель для снижения скорости выхода бетонной смеси и отделения от нее воздуха. Во избежание резких колебаний давления в системе сжатого воздуха в составе оборудования применяются ресиверы.

Различают три основные конструкции нагнетателей: камерного типа с подводом воздуха в нижнюю часть резервуара (рис. 2, а), в среднюю часть резервуара (рис. 2, б) и со шнековым побудителем (рис. 2, в).

Основными параметрами, определяющими эффективность работы нагнетателей, являются давление и расход сжатого воздуха.

На основании ряда исследований скорость движения бетонной смеси по бетоноводу определяется в пределах 0,45—2 м/с, а расход сжатого воздуха на 1 м³ транспортируемой смеси составляет 2—50 м³ (при давлении 2,5—5,0 кгс/см²), в зависимости от длины бетоновода, состава бетонной смеси и др.

Минимальное давление сжатого воздуха для работы пневмонагнетателя определяется по формуле

$$P_{\min} = 2,5 + 0,01 l, \text{ кгс/см}^2, \quad (1)$$

где l — приведенная длина бетоновода за вычетом 100 м.

Расход сжатого воздуха за один цикл работы при диаметре бетоновода 150 мм определяется по формуле

$$Q = (6 + 0,07l) k, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где k — коэффициент, учитывающий потребное давление сжатого воздуха в сети свыше 3 кгс/см², равный 1,1—1,3.

Емкость ресивера должна, как минимум, обеспечивать необходимое количество сжатого воздуха для транспортирования одной-двух порций.

Нагнетатели с подводом сжатого воздуха в верхнюю часть и к выходному колену наименее сложны по конструкции и находят наибольшее распространение в Советском Союзе и за рубежом.

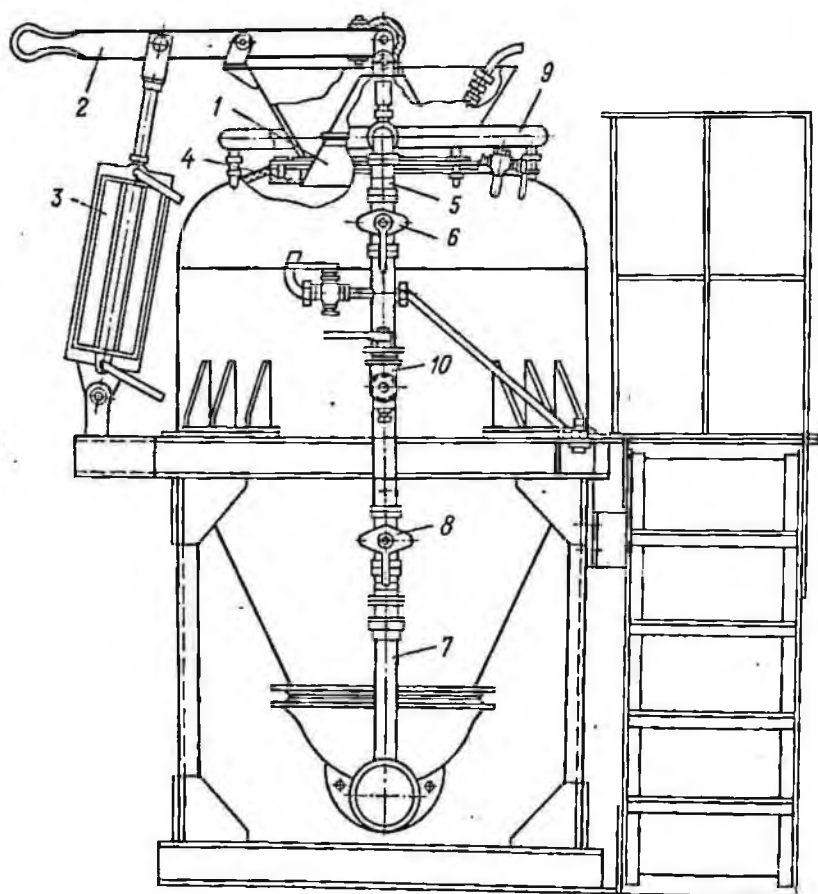


Рис. 3. Пневматический нагнетатель емкостью 800 л
 1 — клапан; 2 — рычаг; 3 — цилиндр; 4 — резиновое уплотнение; 5 и 7 — трубы;
 6, 8 и 10 — краны; 9 — кольцевая труба

Установки с нагнетателями емкостью 400 и 800 л, серийно изготавливаемые Московским заводом строительных машин, включают нагнетатель, ресивер, гаситель и бетоновод, состоящий из набора прямых труб и колен. По своему устройству и принципу действия установки аналогичны и отличаются только основными размерами.

Нагнетатель (рис. 3) — сварной резервуар, в верхней части которого имеется загрузочное отверстие, а в нижней — специальный патрубок, через который бетон направляется в бетоновод. Загрузочное отверстие нагнетателя перекрывается колоколообразным клапаном, подвешенным на шарнирах к рычагу цилиндра. Один конец рычага соединен со штоком пневматического цилиндра, служащим для открывания и закрывания клапана. В месте прилегания клапана к горловине корпуса имеется резиновое уплотнение, обеспечивающее герметичность клапана. Ввод воздуха и управление работой нагнетателя осуществляются пробковыми кранами. Воздух в нагнетатель подается через трубу 9 краном 6, а в нижнюю часть по трубе 7 краном 8. Для очистки клапана от грязи имеется специальное кольцо, расположенное на клапане и снабженное по периметру рядом отверстий, куда подается воздух. Сжатый воздух из внешней сети (ресивера) поступает через кран 10.

К фланцу выходного патрубка нагнетателя присоединяется бетоновод, звенья которого снабжены быстроразъемными замками. К конечному звену бетоновода присоединяется гаситель. К нижней части гасителя присоединяется выходной шланг, по которому бетон направляется за опалубку. Ресивер наполняется сжатым воздухом компрессором, к которому он присоединен.

Техническая характеристика установок с нагнетателями емкостью 400 и 800 л

Производительность, м ³ /ч	10—12	
Дальность подъема, м:		
по горизонтали	До 200	До 200
по вертикали	35	35
Емкость:		
нагнетателя, л	400	800
ресивера, м ³	2	4
Внутренний диаметр бетоновода, мм	150	180
Максимальный размер фракций заполнителя, мм	50	70

Основные размеры нагнетателя, мм:		
ширина	2453	2453
высота	2173	2430
длина	2120	1890
Основные размеры ресивера, мм:		
ширина	1020	1224
высота	2905	2930
Масса, кг:		
нагнетателя	1185	1344
ресивера	702	1055
гасителя	400	585

Пневмобетонукладчики находят широкое применение при большом объеме бетонных работ в тоннелях значительного поперечного сечения.

Днепропетровским заводом горношахтного оборудования и заводом № 5 Главтоннельмостростроя изготавливаются нагнетатели УБ-1, ПН-0,3 и ПН-0,5. Характеристика их приведена в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Техническая характеристика нагнетателей		
	УБ-1	ПН-0,3	ПН-0,5
Производительность, м ³ /ч	5—6	9	15
Емкость нагнетателя, л	700	450	620
Емкость ресивера, м ³	Отсутствует	1,6	1,8
Диаметр бетоновоза, мм	150	150	150
Колея платформы, мм	750	Отсутствует	
Основные размеры нагнетателя, мм:			
длина	2200	1600	1800
ширина	1172	1000	1300
высота	1700	1500	2000
Масса комплекта без труб, кг	2420	2720	3340

В протяженных выработках небольшого поперечного сечения находит значительное применение комплекс БУК-1 конструкции ВНИИОМШС (рис. 4). Комплекс состоит из пневматического нагнетателя со скиповым загрузочным устройством, бетоновоза и металлической стойки для монтажа и закрепления бетоновоза. Скиповое загрузочное устройство, смонтированное на раме транспортной тележки, предназначено для перегрузки бетонной смеси из бетоновоза в нагнетатель. Бетоновоз-

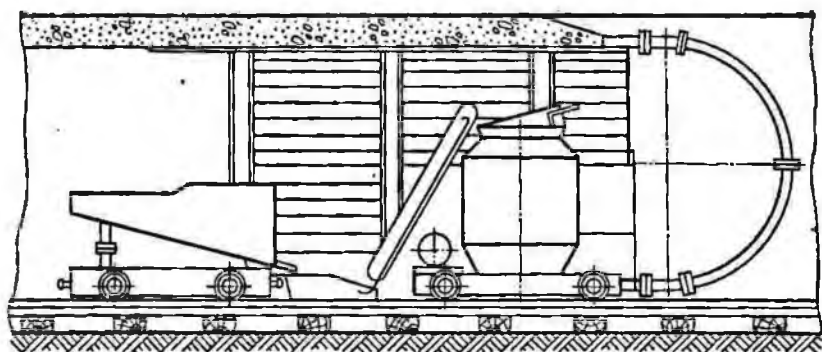


Рис. 4. Бетоноукладочный комплекс БУК-1

вагон с наклонным днищем снабжен пневмоподъемником и вибратором для ускорения выгрузки смеси. Металлическая раздвижная стойка снабжена ручной лебедкой и тросом для удержания бетоновода.

Техническая характеристика бетоноукладочного комплекса БУК-1

Максимальная производительность, м ³ /ч:	
при прямой загрузке	10
с использованием ковшового загрузочного устройства	До 5
Емкость, м ³ :	
бетоноукладчика	0,5
загрузочного ковша	0,125
кузова бетоновоза	1,5
Диаметр бетоновода, мм	150
Максимальный размер крупного заполнителя, мм	50
Ширина колеи, мм	750— 900
Основные размеры бетоноукладчика, мм:	
длина	2850
ширина	1240
высота при разгрузке ковша	2250
Масса без бетоновода, кг	1500
Высота металлической стойки, мм:	
максимальная	3320
минимальная	2030
Грузоподъемность ручной лебедки, кг	300
Масса, кг	64

В 1972 г. с помощью комплексов БУК-1 на шахтах Урала и Донецкого бассейна было уложено свыше 20 тыс. м³ бетона.

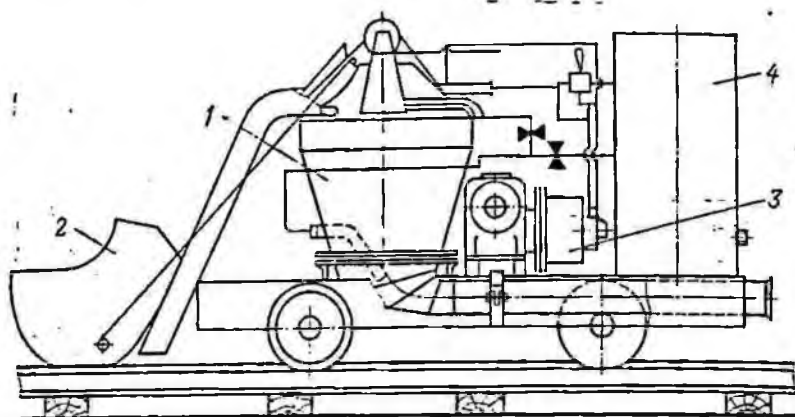


Рис. 5. Схема самозагружающегося бетоноукладчика ЛПБУ-2:
 1 — емкость; 2 — загрузочный ковш; 3 — мотор загрузочной лебедки; 4 —
 воздухохраник

На рудниках Восточного Казахстана применяют комплекс ЛПБУ-2, конструктивной особенностью которого является наличие в нем небольшого ресивера (рис. 5). Бетоноукладчик смонтирован на транспортной тележке и состоит из загрузочного ковша, приводимого в действие пневмодвигателем нагнетателя и воздухохраника.

Техническая характеристика комплекса ЛПБУ-2

Производительность (за 6-часовую смену), м ³	22
Емкость, м ³ :	
загрузочной камеры	0,3
воздухохраника	0,4
Расход сжатого воздуха на 1 м ³ бетона, м ³	12
Основные размеры, мм:	
длина	4100
ширина	1116
высота	1650
Масса, кг	1100

Главтоннельметростроем изготавливается установка для механизированной подачи бетонной смеси за опалубку при сооружении тоннелей (рис. 6). Установка включает приемный бункер, загрузочный скип, нагнетатель, ресивер и насосный агрегат, питающий гидравлические устройства установки.

Установка перемещается либо по рельсам, либо на полозьях по почве выработки. Приемный бункер опи-

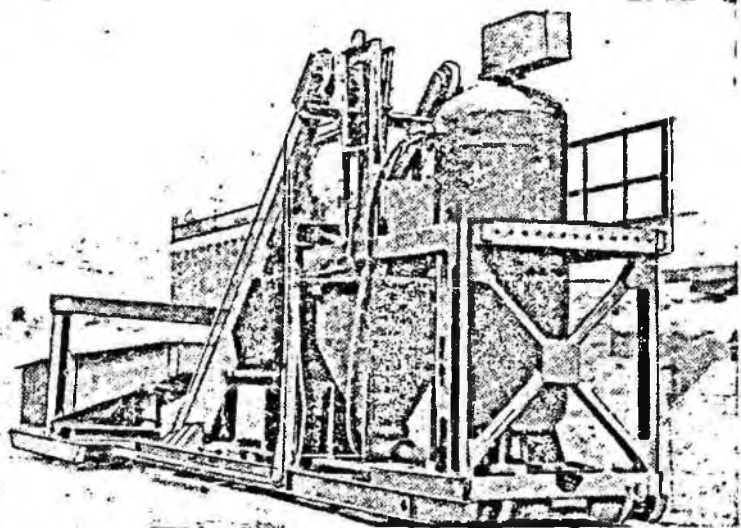


Рис. 6. Установка Главтоннельметростроя

рается на свою раму и снабжен двумя гидродомкратами для его подъема в наклонное положение.

Скип перемещается по направляющим гидрополиспастами, смонтированными под направляющими. На общей раме со скипом установлен пневмонагнетатель и ресивер. Обе рамы связаны между собой. На верхней рабочей площадке расположен пульт управления всей установкой. На передней раме под направляющими скипа расположен насосный агрегат, питающий гидроустройства установки.

Техническая характеристика установки
Главтоннельметростроя

Емкость приемного бункера, м ³	2
Емкость скипа, м ³	0,5
Высота подъема скипа, м	3,8
Емкость пневмонагнетателя, м ³	0,5
Емкость ресивера, м ³	2
Диаметр бетоновода, мм	150
Масса установки, кг	11 000
Производительность установки, м ³ /ч	10

Институтом ДонУГИ был изготовлен пневмобетонукладчик ПБУ-5, который нашел применение на ряде предприятий (рис. 7): Особенностью укладчика являет-

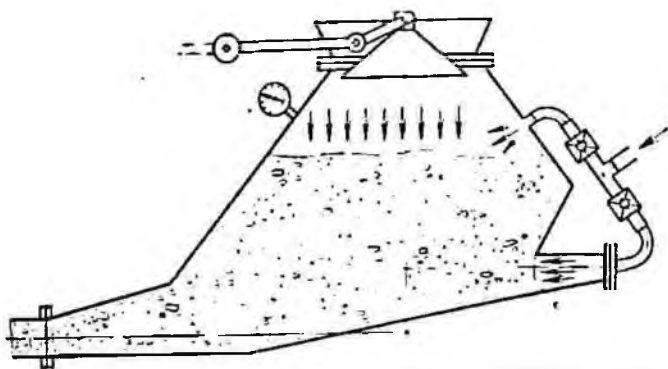


Рис. 7. Схема работы пневмобетонукладчика ПБУ-5 конструкции ДонУГИ

ся форма его емкости, предполагающая создание и транспортирование единой порции бетона без расслаивания.

Техническая характеристика пневмобетонукладчика ПБУ-5

Производительность (при осадке конуса бетонной смеси 8—10 см) при транспорте по горизонтальному трубопроводу на расстоянии 100 м, м ³ /ч . . .	13
Полезная емкость, м ³	0,65
Внутренний диаметр бетоновода, мм	150
Основные размеры, мм:	
длина	2405
ширина	920
высота	1575
Ширина колен, мм	600—
	900
Масса, кг	600

Фирмой «Швинг» (ФРГ) изготавливаются пневмонагнетатели стационарные и передвижные. Для работы в подземных условиях фирмой выпускаются малогабаритные нагнетатели на рельсовой колее в комплексе с загрузочным устройством (рис. 8). В табл. 3 приведена техническая характеристика пневмонагнетателей фирмы «Швинг».

Зарубежные фирмы «Швинг» (ФРГ), «Верси», «Бельти», «Пласи» (Франция) и другие наряду с пневмонагнетателями поставляют комплексы оборудования, в которые включаются загрузочные для нагнетателя устройства, воздухохранилища, перестановщики вагонов и при необходимости бетоносмесители.

На рис. 9 показан комплекс фирмы «Пласи» с загрузочным устройством. Почти все зарубежные комплексы снабжены воздухоборниками для обеспечения плавной работы нагнетателей. В некоторых конструк-

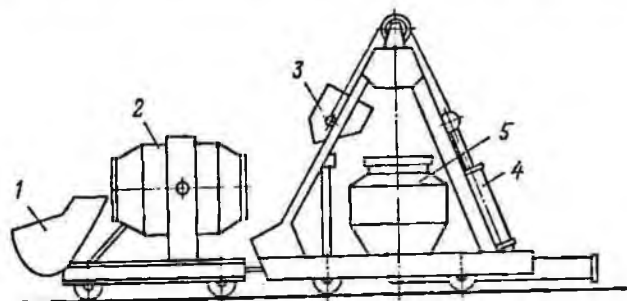


Рис. 8. Схема бетоноукладочного комплекса фирмы «Швинг»
 1 — загрузочный ковш; 2 — бетоносмеситель; 3 — перегрузочный ковш;
 4 — домкрат; 5 — пневмобетонагнетатель

циях наблюдается стремление совместить в одном и том же агрегате смеситель и нагнетатель бетонной смеси.

Таблица 3

Показатели	Пневмонагнетатели			
	ВФ-3	ВФ-5	ВФ-8	ВФ-10
Полезная емкость, м ³	0,25	0,5	0,75	1,0
Производительность, м ³ /ч	20	35	45	50
Максимальная крупность заполнителя, мм	70	70	70	70
Объем воздухоборника, м ³	1,0	1,5	1,5	3,0
Основные размеры, мм:				
высота	2000	2250	2550	2850
ширина	950	1100	1100	1100
Масса, кг	380	430	540	610

Фирма «Мюльхойзер» (ФРГ) производит передвижные смесительные установки на рельсовом ходу, предназначенные для транспортирования смеси на значительные расстояния и повторного перемешивания при выгрузке смеси (рис. 10). Загрузка материалов производится через специальные люки 1. Фирма изготавливает семь типов смесителей емкостью 1,65—5,1 м³. Вращение

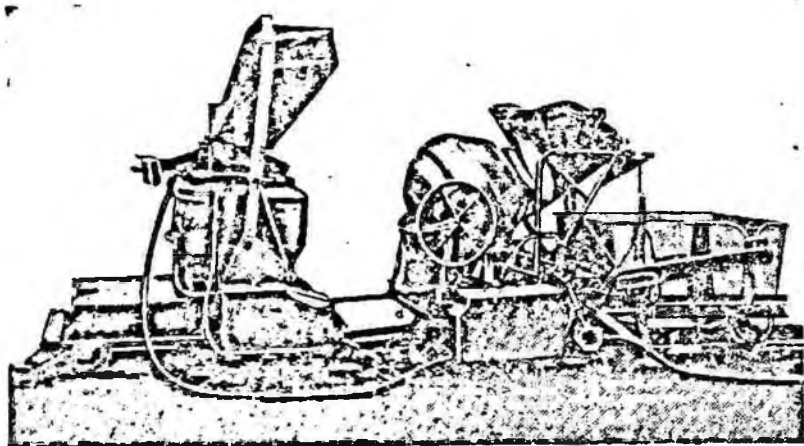


Рис. 9. Комплекс фирмы «Пласи»

барабанов производится от пневмодвигателя 2 мощностью 5—20 л. с. Передвижение смесителей производится по колею 600, 750, 900 мм. Так, модель КВМ-4 емкостью 4 м³ состоит из двух барабанов — приводного и транспортного, располагаемых на отдельных платформах. Мощность привода 20 л. с.

Пять однотипных смесителей могут комплектоваться в составы, при этом в головной части состава располагается секция с общим приводом. Разгрузка смеси из состава производится через крайний смеситель на специальный ленточный конвейер, а далее в бетононасос или пневмонагнетатель.

Бетоновод составляется из стальных труб внутренним диаметром 76, 100, 125, 150 мм и более с толщиной стенок 3—6 мм. Длина звеньев труб 1, 1,5, 2 и 3 м с фланцами на концах; часть звеньев служит для поворота бетонопровода на 45 и 90°. Соединение звеньев производится бетоноразъемными соединениями. На рис. 11 показаны конструкции быстроразъемных соединений. Для уплотнения соединяемых труб между фланцами вставляется резиновая прокладка. На стыках бетоновода не должны иметь место изломы, способствующие быстрому износу труб.

ЦНИИПодземмашем применительно к шахтным условиям был разработан бетоновод с механическим вожделением (БГВ-150) (рис. 12).

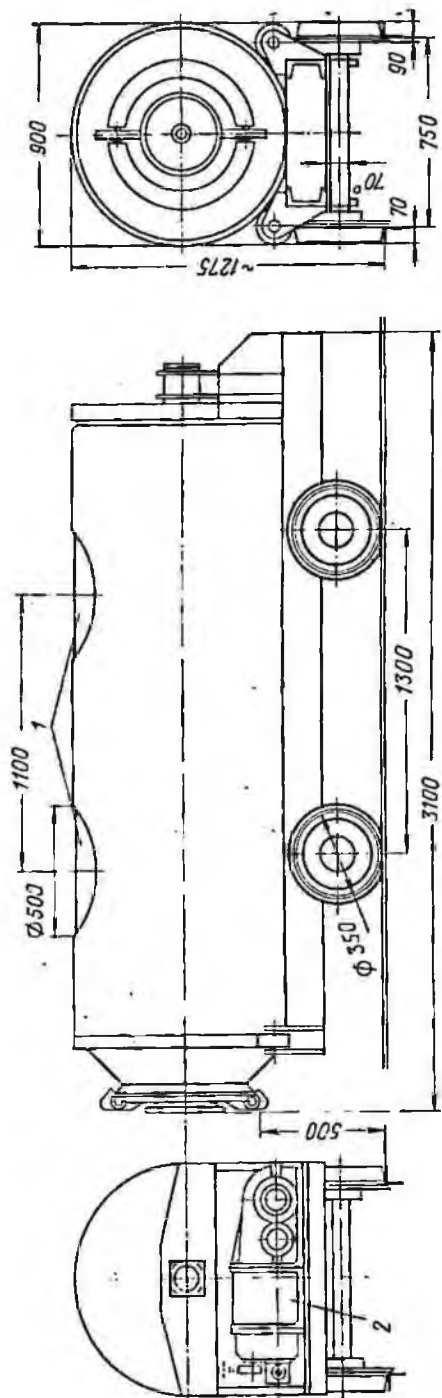


Рис. 10. Смесительная установка фирмы «Мюльхойзер»

Бетоновод состоит из набора труб и колен с клиновыми замками. На бетоноводе монтируются гидравлические и винтовые домкраты, гибкая муфта, состоящая из

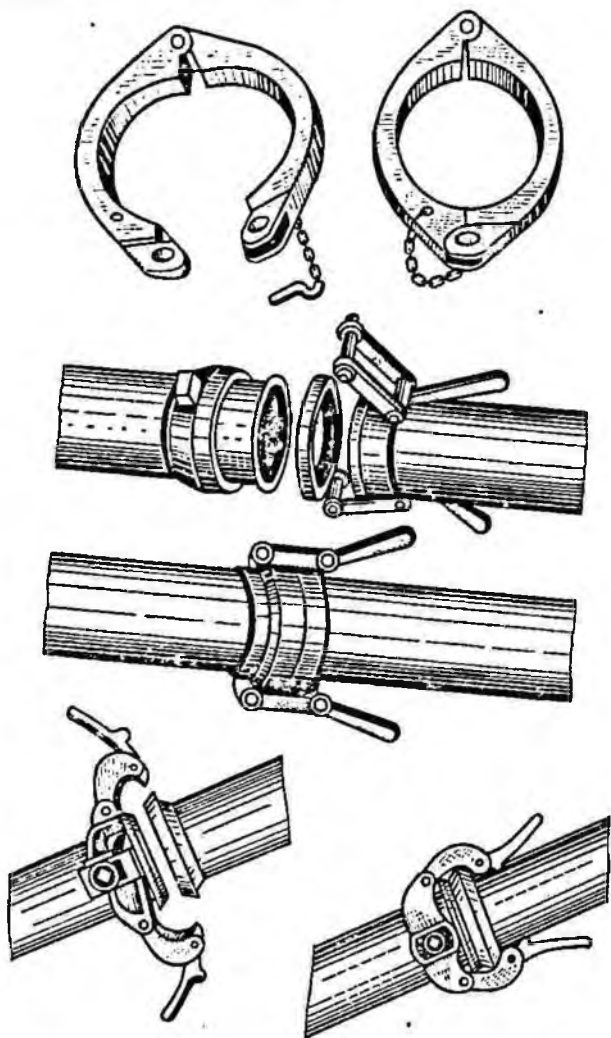


Рис. 11. Конструкции замковых соединений труб

резиновых и металлических колец, соединенных между собой болтами.

Поворот бетоновода в горизонтальной и вертикальной плоскостях производится от двух гидравлических домкратов. Питание гидравлических домкратов произ-

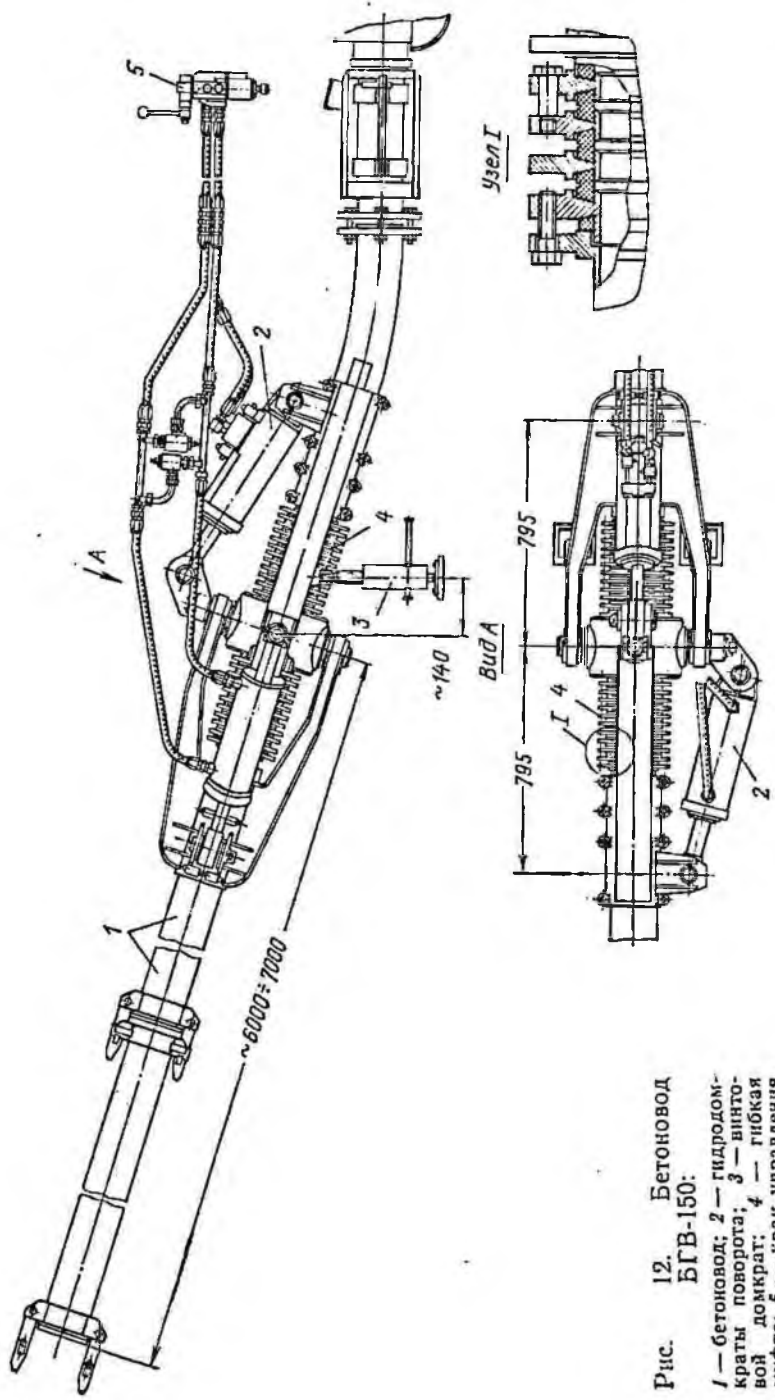


Рис. 12. Бетонвод БГВ-150:

- 1 — бетонвод; 2 — гидродомкраты поворота; 3 — винтовой домкрат; 4 — гибкая муфта; 5 — кран управления

водится от маслостанции бетононасоса. Для предотвращения падения бетоновода от случайного обрыва рукава высокого давления на гидродомкрате подъема установлен гидрозамок, который запирает гидросистему.

Для придания бетоноводу устойчивого положения при укладке бетонной смеси предусмотрены винтовые домкраты. Сборка бетоновода производится на почве выработки, с помощью домкратов он сам себя поднимает и устанавливает в нужное положение. Опытный образец бетоновода проходил испытания на шахте «Вентиляционная» ИнГОКа.

Применение бетоновода позволяет производить подачу бетона по всему сечению выработки без демонтажа и устройства рабочих полков.

Техническая характеристика бетоновода БГВ-150

Диаметр внутренний, мм	150
Угол поворота, градус:	
в вертикальной плоскости	± 18
в горизонтальной плоскости	± 18
Давление в маслопроводе, кгс/см ²	От 10 до 64
Масса, кг	755

Надежность работы бетононагнетателя во многом зависит от качества транспортируемой бетонной смеси и содержания бетоновода. При приготовлении бетонной смеси должны быть исключены лещадные фракции и фракции размером крупнее $\frac{1}{3}$ диаметра бетонопровода. Бетононагнетатель и бетоновод как сосуды, работающие под давлением, подведомственны органам котлонадзора и должны эксплуатироваться в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». Подготовка нагнетателя к работе предусматривает предварительное смачивание стенок бетоновода водой и цементно-песчаной смесью с осадкой конуса 12—18 см. Работа по транспортированию смеси допустима только при исправном манометре, показания которого дают возможность судить о работе нагнетателя. При нормальной работе нагнетателя давление сжатого воздуха на манометре не превышает давления в сети. При образовании пробок давление в системе может резко повыситься. Причиной образования пробок могут служить: недоста-

точное количество цемента в смеси (менее 200—220 кг/м³); наличие в бетонной смеси большого количества крупноразмерных фракций; недостаточное давление сжатого воздуха; наличие в бетоноводе схватившегося раствора (особенно в нижней части), вследствие недостаточной тщательной очистки; бетоновод уложен с перекосами в стыках.

Ликвидация пробок — трудоемкая и неприятная операция. Легким обстукиванием деревянным молотком можно по звуку определить место образования пробки. Можно попытаться ликвидировать пробку наложением на трубопровод вибратора, предварительно стравив из системы сжатый воздух. Если таким образом не удастся ликвидировать пробку, следует разобрать бетоновод в месте образования пробки. В процессе работы соединения труб могут ослабнуть, поэтому их следует периодически подтягивать.

В практике, как правило, применяется порционный способ подачи бетонной смеси, при котором отсутствует равномерный расход сжатого воздуха и эффективное использование компрессоров. Если в период транспортирования смеси расход сжатого воздуха достигает наибольшей величины, то в период загрузки нагнетателя он резко снижается. Представляет интерес редко применяемый в Советском Союзе и за рубежом непрерывный способ транспортирования смеси. При непрерывном способе подачу сжатого воздуха в нагнетатель прекращают, как только смесь вышла из нагнетателя в бетоновод. Каждая следующая выдавливаемая из нагнетателя порция смеси продвигает предыдущую и т. д. В этом случае значительно сокращается расход воздуха (до 30%) и отсутствует динамическое воздействие выдаваемой из магистрали порции бетона на опалубку.

В табл. 4 приведены сведения по производительности, скорости движения смеси, давлению и расходу воздуха, относящиеся к нагнетателям емкостью 500 л и диаметру бетоновода 150 мм.

Сопротивления движению смеси на поворотах и вертикальных участках бетоновода значительно больше, чем на прямолинейных горизонтальных. Так, по данным исследований, проведенных в ЦНИИОМТП, в табл. 5 приведены прямолинейные участки, эквивалентные различным углам поворота.

Таблица 4

Угол поворота, градус	Радиус закругления, м		
	1,5	2,5	5,0
	Эквивалентные длины прямых участков, м		
90	20	12	6
120	7	3	2
150	13	8	4

На вертикальных участках трубопровода следует учесть потребные усилия P_B на преодоление веса столба бетонной смеси

$$P_B = 0,24 h, \quad (3)$$

где 0,24 — вес 1 м вертикального столба бетонной смеси, кгс; h — высота участка, см.

Бетононасосы. В практике бетононасосы большей частью находят применение для доставки бетонной смеси на расстояния 300—400 м по горизонтали и до 50 м по вертикали в крупные массивы и густоармированные конструкции. Для них характерна небольшая скорость истечения смеси.

Применяемые в практике бетононасосы подразделяются: по виду привода — с механическим и гидравлическим приводом; по способу выталкивания смеси — на поршневые и роторно-шланговые; по числу поршней — на одно- и двухпоршневые и т. п.

Бетононасосы с механическим приводом имеют большую загрузочную высоту, тяжелы при монтаже и демонтаже, их производительность практически не регулируется. Более совершенны бетононасосы с гидравлическим приводом, которые находят наибольшее распространение. Их преимущества состоят в следующем:

при движении смеси по трубопроводу уменьшается удельное сопротивление ее перемещению из-за снижения инерционных потерь;

уменьшается число циклов насоса на 1 м³ перекачиваемой смеси;

возможно плавное регулирование производительности и высоты подачи смеси.

Двухпоршневые бетононасосы имеют производительность в 1,8—2 раза большую, чем однопоршневые, при одинаковой мощности. Они создают более равномерное

Таблица 5

Дальность подачи смеси по горизонтали, м	Техническая производительность, м ³ /ч			Средняя скорость транспортирования смеси, м/с			Число циклов в 1 ч			Давление воздуха, кгс/см ²			Расход воздуха за цикл, м ³			Производительность компрессора, м ³ /мин		
	0	10	30	0	10	30	0	10	30	0	10	30	0	10	30	0	10	30
50	21,0	18,0	13,5	1,1	0,8	0,5	42,0	36,0	27,0	2,5	3,5	5,5	3,8	4,4	8,4	2,0	2,0	4,0
100	18,0	15,0	11,0	1,8	1,2	0,8	36,0	30,0	22,0	2,5	3,5	5,5	6,0	8,2	13,3	2,5	3,5	5,0
200	11,5	9,0	7,5	1,9	1,3	1,1	23,0	18,0	15,0	2,7	3,7	5,7	11,6	15,8	24,3	5,0	6,0	9,0
300	7,6	6,0	5,0	1,7	1,3	1,1	15,0	12,0	10,0	3,5	4,5	6,5	21,0	27,0	37,1	8,0	10,0	13,0

Дальность подачи бетонной смеси по вертикали, м

движение смеси по бетоноводу. Для них характерна небольшая загрузочная высота.

Роторно-шланговые бетононасосы выпускаются несколькими фирмами США и ФРГ. Принцип их работы основан на выдавливании ротором с роликами бетонной смеси из шланга в бетоновод. Шланг с ротором помещен в камеру, в которой для лучшего заполнения шланга бетонной смесью создается разрежение. В конструкции насоса нет затвора, работающего в абразивной среде. Однако такие насосы повышают требования к составу смеси (требуемая осадка конуса не менее 10 см), а дальность и высота ее подачи ограничены небольшим давлением.

Большое значение для бесперебойной работы бетононасосов имеет конструкция затвора. Фирма «Швинг» (ФРГ) применяет две плоские задвижки, расположенные во взаимно перпендикулярных плоскостях. Горизонтальная задвижка перекрывает отверстие бункера, а вертикальная поочередно соединяет бетоновод с гидроцилиндрами. Фирма «Торкрет» (ФРГ) устанавливает задвижки под углом 30—40° к бетоноводу. В ряде конструкций бетононасосов затвор выполняется в виде поворотного патрубка, поочередно соединяющего бетоновод с гидроцилиндром и отсекающий бункер. В перечисленных конструкциях узел уплотнения между подвижной частью затвора и гидроцилиндром решается сложно. За рубежом широкое распространение получила унификация конструкций, позволяющая из одних и тех же узлов компоновать бетононасосы различной производительности. Примером этому является бетононасос типа «Вариант», выпускаемый в ГДР.

В 1963—1965 гг. ЦНИИПодземмашем был разработан и внедрен бетононасос УБС-5В с гидравлическим приводом, предназначенный для подачи бетонной смеси за опалубку при возведении монолитной бетонной крепи горных выработок в шахтах, опасных по газу или пыли. Бетононасос может использоваться также на общестроительных работах на поверхности.

Бетононасос (рис. 13) состоит из бункера, рабочего цилиндра, гидропривода, гидросистемы, затвора и рамы.

Бункер установки крепится к корпусу затвора, с одной стороны которого присоединяется бетоновод, с другой — рабочий цилиндр. Внутри корпуса размещается

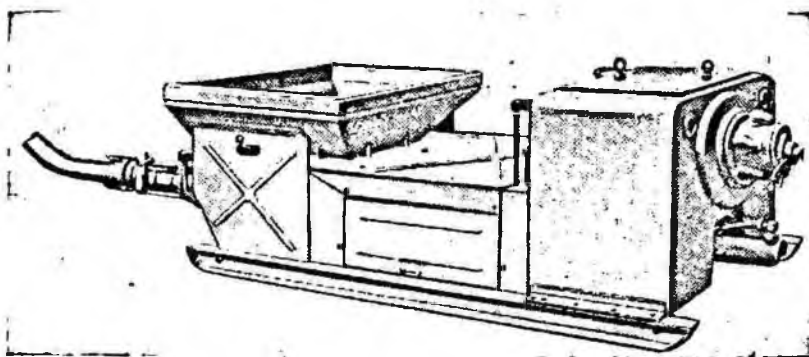


Рис. 13. Бетононасос УБС-5В

замок, на ось которого насажена шестерня, сцепленная с рейкой гидравлического цилиндра.

Запоршневое пространство промывается водомасляной эмульсией. Масло, перекачиваемое насосом, поступает через реверсивный золотник в масляный домкрат рабочего цилиндра. Перемещение масляного домкрата в крайнее положение вызывает повышение давления, действующего на напорный золотник с обратным клапаном, и масло начинает поступать в гидроцилиндр затвора, поворачивающий замок и одновременно кулачки крана управления, переключая реверсивный золотник. Таким образом, масло из насоса поступает в другую полость масляного домкрата, и цикл повторяется в другом направлении. Шток масляного домкрата, жестко соединенный с поршнем, совершает возвратно-поступательное движение, засасывая и нагнетая бетонную смесь. Засасывание бетонной смеси из бункера в рабочий цилиндр происходит при обратном ходе поршня, во время которого затвором бетононасоса перекрывается бетоновод. При движении поршня вперед затвор открывает бетоновод, перекрывая горловину бункера.

Установка приводится в действие пневмо- или электроприводом. Пневматический привод работает от пневмодвигателя ДР-10У; при электрическом приводе используются двигатели в обычном или во взрывобезопасном исполнении.

Небольшие размеры бетононасоса позволяют размещать его сбоку путей в выработках сечением от 5 м² и более в свету.

Техническая характеристика установки УБС-5В

Производительность, м ³ /ч	5
Дальность транспортирования, м:	
по горизонтали	100
по вертикали	10
Диаметр бетоновода, мм	150
Мощность двигателя, кВт	11
Максимальная крупность щебня, мм	40
Основные размеры, мм:	
длина	2650
ширина	830
высота	1000
Масса установки, т	1,0

Наиболее транспортабельны бетонные смеси с осадкой конуса 6—15 см. После работы бетоновод промывают водой или сжатым воздухом. Установка снабжена комплектом труб длиной 1, 1,5 и 2 м и коленами с углом поворота 22,5, 45 и 60°; трубы соединяются клиновыми замками.

На шахте им. Фрунзе комбината Кривбассшахтопроходка бетононасосом УБС-5В производилось бетонирование камеры питателей ниже горизонта 570 м. Бетон с поверхности опускался по трубам диаметром 150 мм на глубину 600 м, где через гаситель выпускался в бункер, установленный над бетононасосом. Бетононасос, установленный в стволе шахты, подавал бетон на расстояние до 40 м с подъемом до 8 м. Сменная производительность бетононасоса составляла 16—25 м³, суточная — 35—40 м³.

Эксплуатация установок УБС-5В показала их наиболее эффективную работу в случаях, когда бетон поступает в бункер бетоноукладчика непосредственно из бетоносмесительных установок или по трубам, проложенным в стволе. При подаче бетона к месту работы в вагонетках возникает необходимость в его ручной перегрузке в бункер, благодаря чему работа бетононасоса становится менее эффективной. Учитывая это, ЦНИИ-Подземмаш на базе установки УБС-5В создал и внедрил установку типа УБМЗ-5 (рис. 14) для укладки бетонной смеси за опалубку с механизированной загрузкой бункера насосом.

Загрузочное устройство монтируется на сварной раме 1, установленной на уровне бункера, и состоит из стрелы с грейфером 2 и гидродомкратов 3. Двухчелюст-

ной грейфер с пневматическим управлением шарнирно подвешивается на стреле сварной конструкции. При возвратно-поступательном движении гидродомкратов стрела с грейфером совершает колебания, в процессе которых грейфер в крайних положениях загружается бетонной смесью из вагонетки и разгружается над бункером. Установка УБМЗ-5, так же как и установка УБС-5В, размещается в выработках сбоку путей; полностью механизмирует перегрузку бетонной смеси из вагонеток и укладку ее за опалубку.

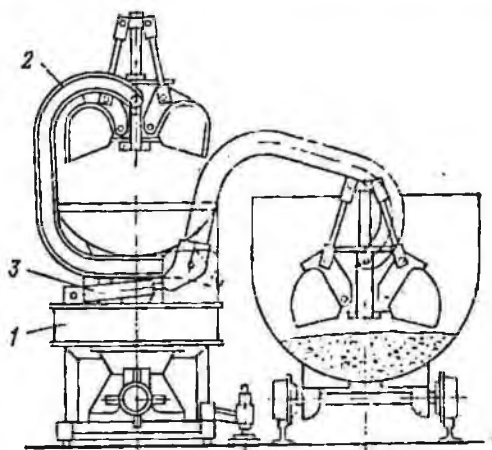


Рис. 14. Бетононасос с механизированной загрузкой УБМЗ-5

Промышленна я партия бетоноукладчиков УБМЗ-5 успешно работает на шахтах Криворожского и Донецкого бассейнов.

Техническая характеристика установки УБМЗ-5

Производительность по перегрузке бетонной смеси из вагонеток, м ³ /ч	6,5
Емкость грейфера, л	60
Максимальное усилие на челюстях грейфера, кгс	530
Давление, кгс/см ² :	
в пневмосистеме	5
в гидросистеме	30
Масса, кг	847

В декабре 1967 г. — апреле 1968 г. бетоноукладчик УБМЗ-5 был успешно применен на строительстве шахты «Октябрьская» при возведении монолитной железобетонной крепи на главной вентиляционной сбойке горизонта 741 м сечением в проходке 25,8 м². Проходка и крепление выработки осуществлялись последовательно заходками длиной 60—80 м. На бетонировании было занято четыре рабочих в смену. Всего за 21 рабочий

день было уложено 1045 м³ бетона на протяжении 209 м. Максимально в смену укладывалось 18 м³, а в сутки — 58 м³ бетона.

На шахте им. К. Я. Румянцева трестом Горловск-углестрой установка УБМЗ-5 применена на гор. 730 м при креплении выработок околоствольного двора. Бетон приготавливался непосредственно у ствола и в вагонетках спускался в шахту. В процессе работ уложено свыше 300 м³ бетона. На этой же шахте установкой бетонировался наклонный ходок на стволе № 3. Бетон подавался установкой вверх под углом 49° на длине ходка 20 м. Наибольшая высота подачи бетона по вертикали достигла 17 м (при гарантированной высоте 10 м).

Бетононасосы с гидравлическим приводом широко применяются за рубежом. Ведущие фирмы «Торкрет», «БШМ», «Швинг» и другие изготовляют насосы для различных условий работы.

Фирма «Торкрет» изготовляет насосы типа РТ-6 и РТ-15, предназначенные для работ в подземных и наземных условиях (рис. 15). Насосная и приводная части бетононасосов — на пневмоколесном ходу. Рабочий и гидравлический цилиндры расположены на одной оси, имеющей жесткую связь. Поршни рабочего цилиндра

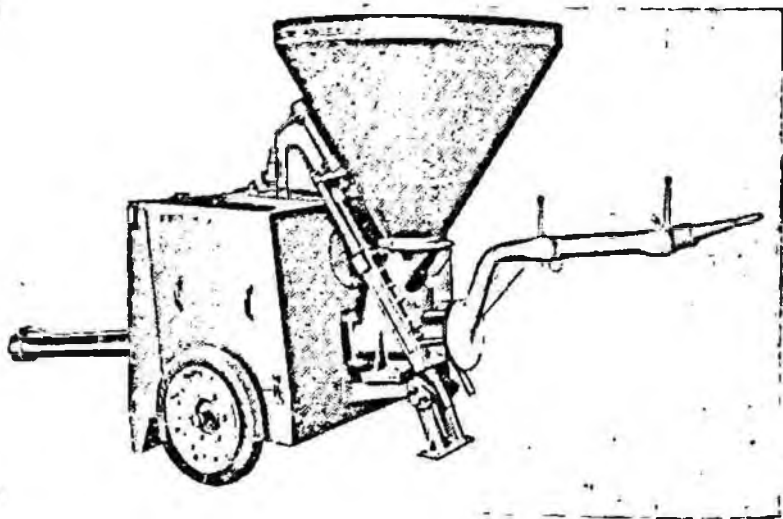


Рис. 15. Бетононасос РТ-15 фирмы «Торкрет»

и шиберного затвора приводятся в движение от отдельных масляных насосов, имеющих общий электропривод. Установленный на цилиндре аккумулятор давления обеспечивает быстрое переключение шиберного затвора при небольшой скорости поршня. Изменение направления движения поршня производится автоматическим переключающим устройством, размещающимся под гидравлическим цилиндром. Производительность бетононасоса регулируется автоматически. Конструкция бетононасоса позволяет также регулировать его производительность вручную. Применяемый в насосах шиберный затвор более прост и надежен в эксплуатации, чем цилиндрический.

Техническая характеристика насосов

	РТ-6	РТ-15
Производительность, м ³ /ч	6	12
Дальность транспортирования, м:		
по горизонтали	200	400
по вертикали	30	60
Диаметр, мм:		
бетоновода (в свету)	150	150—180
рабочего цилиндра	150	180
Максимальная крупность заполнителя, мм	50	50—70
Давление в гидросистеме, кгс/см ²	160	160
Мощность привода масляного насоса, кВт	15,1	30
Основные размеры, мм:		
длина	3100	3790
ширина	1505	1445
высота	1810	2135
Масса, т	1,3	2,03

Этой же фирмой изготавливается одноцилиндровый бетононасос РК-20в большей производительности. Бетононасос состоит из насосного и приводного агрегатов, расположенных на расстоянии 4—5 м один от другого. Насосный агрегат состоит из рабочего цилиндра со свободно плавающим поршнем, клапанной коробки и приемного бункера. Рабочий цилиндр установлен под углом 10—13° к горизонту. Поршень снабжается резиновыми манжетами и направляющими роликами, расположенными в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Перемещение шиберного затвора производится гидравлическим цилиндром двустороннего действия, а в качестве привода используется масляный насос небольшой производительности, работающий вместе с бетоно-

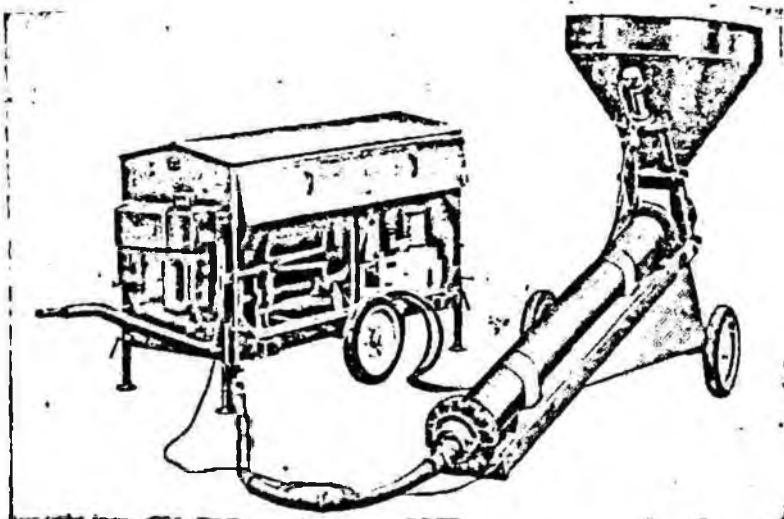


Рис. 16. Бетононасос РК-20в фирмы «Торкрет»

насосом. Для надежного переключения шиберного затвора имеется заполненный азотом аккумулятор.

Приводной агрегат включает в себя масляный и водяной центробежные насосы с приводами, гидроаккумулятор, масляные и водяные баки.

Техническая характеристика бетононасоса РК-20в

Производительность, м ³ /ч	25
Дальность подачи, м:	
по горизонтали	400
по вертикали	60
Диаметр бетоновода, мм	180— 204
Крупность заполнителя, мм	50—80
Давление в гидросистеме, кгс/см ²	90
Мощность привода, кВт:	
масляного насоса	5,5
центробежного насоса	38
Основные размеры, мм:	
длина	3210
ширина	1450*
высота	1575
.	2510
.	1835
Масса, т	3,36

* В числителе дроби указаны размеры насосного агрегата, в знаменателе — приводного.

Недостатком бетононасосов со свободно плавающим поршнем являются небольшое разрежение, образуемое поршнем при засасывании смеси, а также подсосы воздуха, снижающие его производительность.

Применяемое в насосах ряда фирм регулирование производительности и дальности подачи смеси заслуживает использования в отечественной практике. Этими же фирмами изготавливаются бетононасосы большей производительности с двумя поршнями. Ряд установок снабжается индивидуальными двигателями внутреннего сгорания.

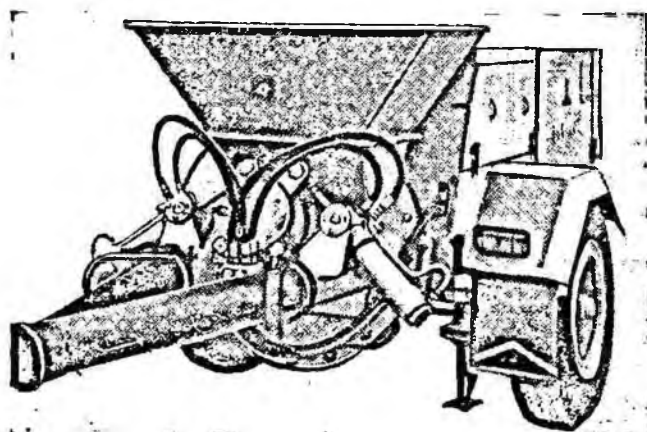


Рис. 17. Бетононасос типа «Вариант» предприятий ГДР

Бетононасос типа «Вариант». Машиностроительные предприятия ГДР изготавливают двухпоршневые гидравлические бетононасосы типа «Вариант» (рис. 17). Конструкция бетононасоса позволяет плавно регулировать его производительность в широких пределах и высоту подачи смеси от 40 до 80 м. Бетононасос смонтирован на колесном ходу, что позволяет буксировать его автомашинами, перемещать на небольшие расстояния вручную. Бетононасос снабжен электрическим приводом. Нагнетание смеси в бетоновод регулируется одной шибберной задвижкой на оба цилиндра. Управление бетононасосом осуществляется автоматически с места укладки бетона или вручную. Напряжение аппаратуры управления 24 В. Бетононасос снабжен

камерой для промывки его после работы. Емкость бункера насоса 500 или 900 л. Унификация деталей бетононасоса позволяет собирать его в шести вариантах. Техническая характеристика бетононасосов типа «Вариант» приведена в табл. 6.

Таблица 6

Показатели	Бетононасос типа «Вариант»					
	8/80	12/40	12/80	16/40	16/80	22/40
Производительность, м ³ /ч	8	12	12	16	16	22
Дальность подачи по вертикали, м	80	40	80	40	80	40
Мощность электродвигателя, кВт	13	13	17	17	22	22
Давление в масляной системе, кгс/см ²	160	160	160	160	160	160
Диаметр бетоновода, мм	150	150	150	150	150	150
Основные размеры, мм:						
длина	4170	4170	4170	4170	4170	4170
ширина	2120	2120	2120	2120	2120	2120
высота	1880	1880	1800	1880	1880	1880
Масса, кг	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Таблица 7

Показатели	Бетононасос		
	С-296А	С-284А	СБ-85
Производительность, м ³ /ч	10	40	20
Дальность подачи, м:			
по горизонтали	250	220	350
по вертикали	40	30	50
Наибольшая крупность заполнителя, мм	40	100	80
Мощность привода, кВт	14	40	60
Емкость бункера, м ³	0,45	2,8	0,8
Диаметр бетоновода, мм	150	283	207
Основные размеры, мм:			
длина	2500	5950	4000
ширина	1350	2040	2000
высота	1700	3175	1800
Масса, кг	2700	12 000	6000

Отечественной промышленностью изготавливаются бетононасосы с механическим приводом С-296 (рис. 18) и С-284А и с гидравлическим приводом СБ-85. В табл. 7 приведены их характеристики.

Ленточный укладчик бетонной смеси УБТ-5. Наряду с транспортом бетона по трубам имеется стремление использовать для этих целей средства шахтного технологического транспорта— вагонетки. Одним из таких решений является укладчик, разработанный ЦНИИПодземмашем (рис. 19). Благодаря тому что транспорт бетонной смеси за опалубку осуществляется по ленточному конвейеру, значительно упрощается технология приготовления бетонных смесей, поскольку снижаются ограничения, связанные с гранулометрическим составом и применением крупноразмерных фракций.

Укладчик состоит из портала с установленным на нем грейфером и трубчатого ленточного конвейера. Рама портала изготовлена из швеллеров № 16. В средней части рамы вварен масляный бак, в который вмонтирован маслонасос. На концах рамы имеются четыре шарнирно закрепленных кронштейна, в которые устанавливаются гидравлические стойки. На раме портала монтируется бункер для загрузки конвейера, который подает смесь за опалубку. Подача бетонной смеси из вагонетки в бункер выполняется пневматическим двухчелюстным грейфером. Подвеска грейфера на стреле осуществляется при помощи траверсы, смонтированной на крышке цилиндра. Перемещение грейфера со стрелой осуществляется от гидроцилиндров, шарниры которых закреплены на стойках рамы.

Трубчатый конвейер состоит из стрелы сварной конструкции и установленных на ней приводного, натяжного и направляющих барабанов, очистителей и роликов для придания ленте округлой формы. Для изменения направления движения бетонной смеси на конце конвейера предусмотрена консоль, которая крепится к стреле шарнирно. На консоли монтируются два направляющих барабана и два гидроцилиндра для их поворота и распределитель бетонной смеси. Приводной барабан посредством шлицевого соединения связан с пневмодвигателем ДР-10у.

Трубчатый конвейер посредством стойки крепится к крышке платформы, которая вращается в горизон-

Рис. 18. Бетононасос С-296

1—электропривод насоса; 2—цилиндр с поршнем; 3—клапаны всасывающий и нагнетательный; 4—тяга всасывающего клапана; 5—тяга нагнетательного клапана; 6—кулисы; 7—приемный бункер насоса; 8—вал смесителя; 9—вал побудителя; 10—электропривод с редуктором смесителя и побудителя; 11—цепная передача; 12—ящик с электроаппаратурой; 13—станнина насоса; 14—деревянные лыжи

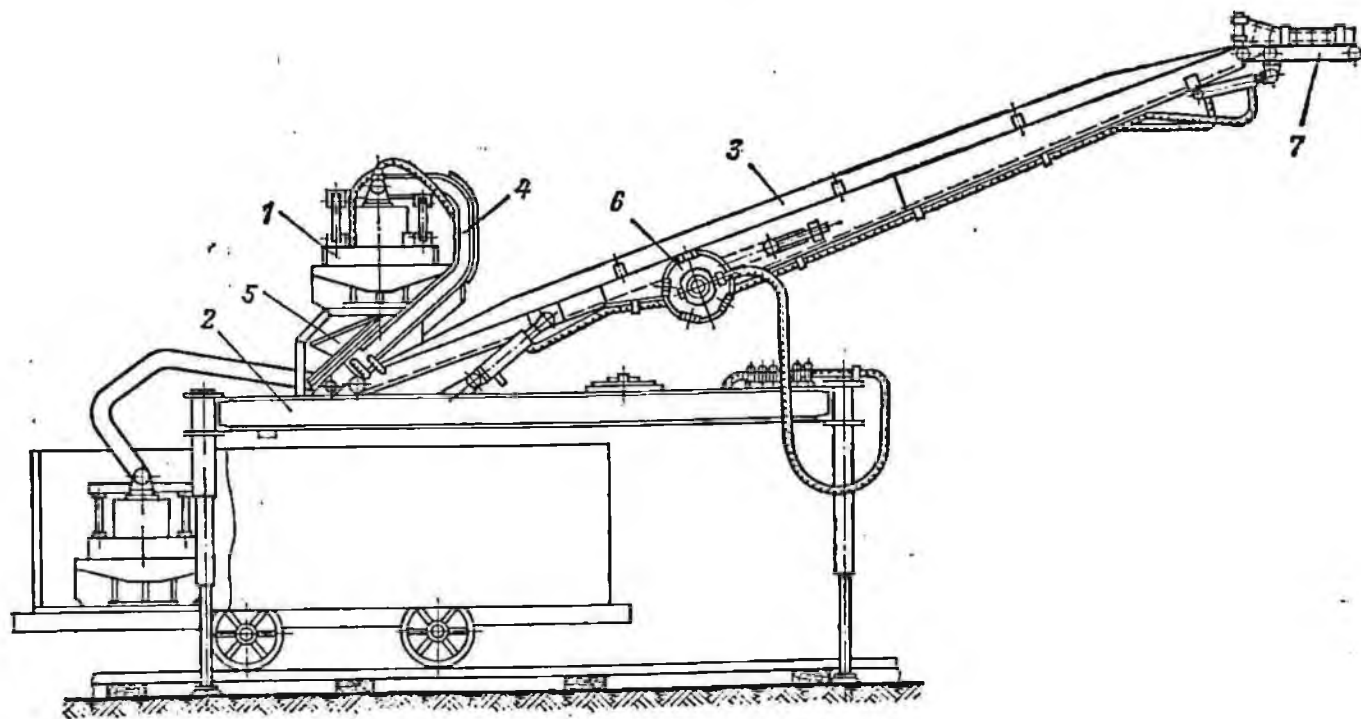
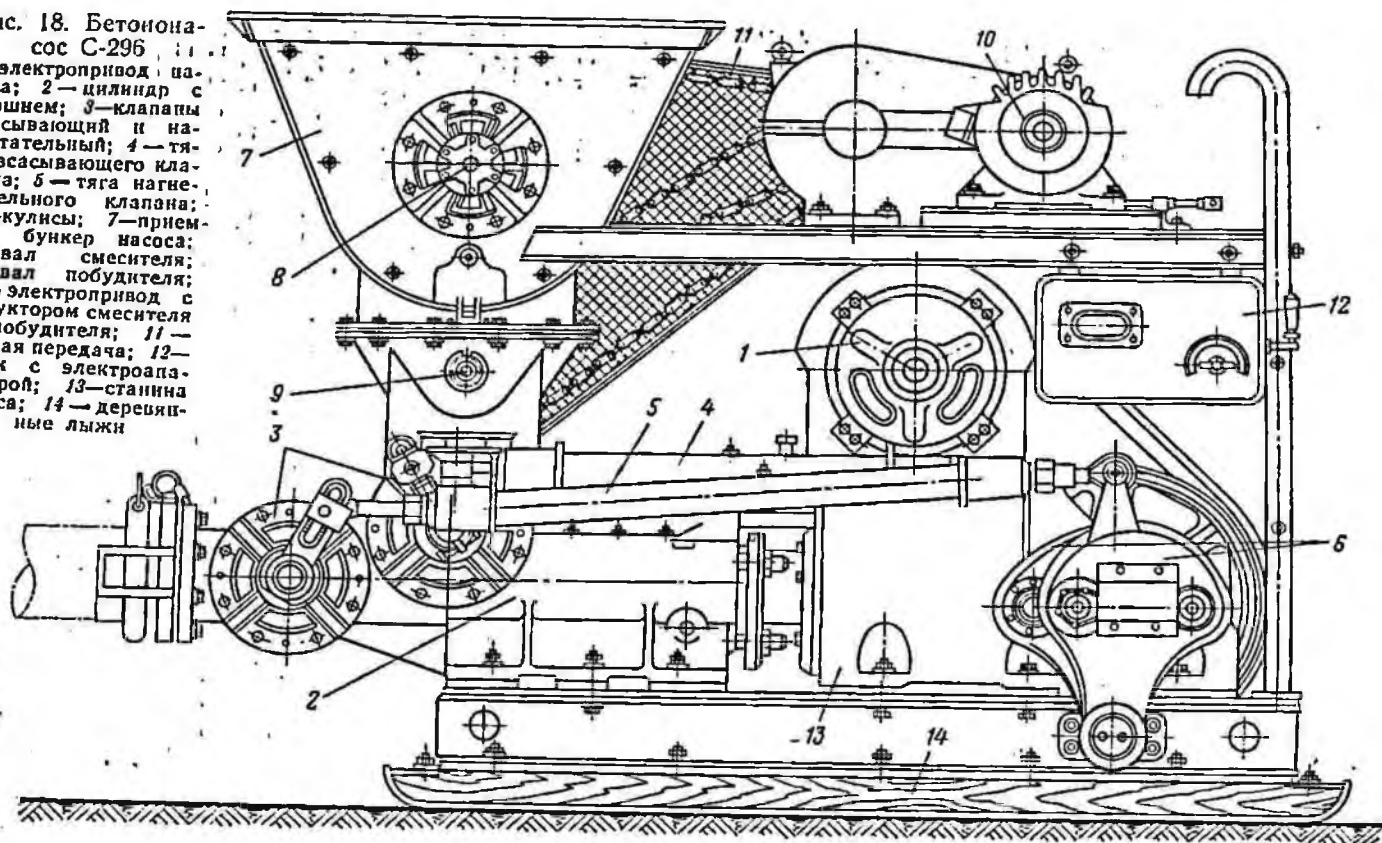


Рис. 19. Ленточный укладчик УБТ-5:

1—грейфер; 2—рама; 3—транспортёр; 4—рама грейфера; 5—приемный лоток; 6—пульт управления; 7—направляющий лоток

тальной плоскости. Для подъема и опускания конвейера в вертикальной плоскости предусмотрены два гидrocиллиндра, которые крепятся к крышке поворотной платформы и к стреле конвейера.

Транспортирование укладчика бетонной смеси по выработке производится на шахтных вагонетках.

Техническая характеристика укладчика УБТ-5

Производительность, м ³ /ч:	
укладчика	5
грейфера	6
Максимальная высота укладки бетонной смеси за опалубку, м	3,5
Угол поворота конвейера в горизонтальной плоскости, градус	45
Управление поворотом и подъемом конвейера	Гидравлическое
Скорость движения ленты конвейера, м/с	1—4
Установленная мощность электродвигателя, л. с.	17
Максимальная крупность щебня, мм	До 70
Осадка конуса бетонной смеси, см	От 0 до 15
Основные размеры в транспортном положении, мм:	
высота от головки рельсов	2440—2090
длина	7200
ширина	1380

При испытаниях укладчика УБТ на шахте «Тайбинская» (Кузбасс) бетонная смесь доставлялась на шахтную площадку с расстояния 25 км самосвалами, из которых она через промежуточный бункер перегружалась в вагонетки УВГ-3,3 и к месту работ на горизонте доставлялась электровозом. Укладываемая смесь марки 150 имела заполнители крупностью 5—70 мм и осадку конуса 0—4 см. Толщина крепи в стенках выработки составляла 300 мм, в своде — 250 мм.

В процессе испытаний было выявлено, что укладчик позволяет работать на фракциях заполнителей любой формы и крупности при нормальном расходе цемента и малой подвижности бетонной смеси. Применение укладчика позволило в 2 раза и более повысить производительность труда рабочих на укладке бетона.

Следует отметить, что за рубежом в последние годы для транспорта бетона стали также находить применение конвейеры с округлой формой ленты, предотвращающей расслоение смеси.

Опалубки. В шахтном и подземном строительстве применяют передвижные и сборно-разборные опалубки. Основным элементом опалубок является несущий каркас и обшивка в передвижных или затяжка в сборно-разборных опалубках.

Передвижные опалубки обычно предназначены для одного поперечного сечения. Их обшивка жестко соединена с каркасом, который опирается на ходовую тележку при перемещении опалубки. Система домкратов позволяет устанавливать каркас в проектное положение и отрывать обшивку от затвердевшего бетона.

В условиях шахтного строительства крепь из монолитного бетона большей частью применяют при креплении выработок околоствольного двора, характеризующегося большим разнообразием сечений (до 40 размеров), наличием камерных выработок небольшой протяженности, сопряжений и криволинейных участков. Примерно 35—40% протяженности выработок околоствольного двора приходится на участки, имеющие по длине переменное сечение. Для таких условий целесообразно использование сборно-разборных опалубок, более мобильных, в которых унифицированным элементом являются рамы и затяжки.

Передвижная металлическая опалубка ОМП-1, разработанная КузНИИШахтостроем, состоит из отдельных секций и самоходной тележки (рис. 20). Секция опалубки собирается из шарнирно закрепленных между собой частей — сводчатой, бортовых, откидных и фундаментных. Подставки крепятся к откидным секциям разъемными соединениями. Части опалубки выполнены из листового железа с приваренными ребрами жесткости.

По оси опалубки приваривается двутавр, по которому на тележке перемещаются секции опалубки при перестановке. Тележка состоит из двух консольных кареток, домкрата, подъемной площадки, стопоров, лебедки и пульта управления. В щеки вмонтированы верхние и нижние опорные катки. Каретки между собой соединены шарнирно. Поворот верхней группы катков и консольных кареток ограничен упорами. Подъемная площадка крепится к домкрату, обеспечивающему подъем и опускание секции в процессе ее монтажа и демонтажа. Стопоры предотвращают сход тележки с монорель-

тальной плоскости. Для подъема и опускания конвейера в вертикальной плоскости предусмотрены два гидроцилиндра, которые крепятся к крышке поворотной платформы и к стреле конвейера.

Транспортирование укладчика бетонной смеси по выработке производится на шахтных вагонетках.

Техническая характеристика укладчика УБТ-5

Производительность, м ³ /ч:	
укладчика	5
грейфера	6
Максимальная высота укладки бетонной смеси за опалубку, м	3,5
Угол поворота конвейера в горизонтальной плоскости, градус	45
Управление поворотом и подъемом конвейера	Гидравлическое
Скорость движения ленты конвейера, м/с	1—4
Установленная мощность электродвигателя, л. с.	17
Максимальная крупность щебня, мм	До 70
Осадка конуса бетонной смеси, см	От 0 до 15
Основные размеры в транспортном положении, мм:	
высота от головки рельсов	2440—2090
длина	7200
ширина	1380

При испытаниях укладчика УБТ на шахте «Тайбинская» (Кузбасс) бетонная смесь доставлялась на шахтную площадку с расстояния 25 км самосвалами, из которых она через промежуточный бункер перегружалась в вагонетки УВГ-3,3 и к месту работ на горизонте доставлялась электровозом. Укладываемая смесь марки 150 имела заполнители крупностью 5—70 мм и осадку конуса 0—4 см. Толщина крепи в стенках выработки составляла 300 мм, в своде — 250 мм.

В процессе испытаний было выявлено, что укладчик позволяет работать на фракциях заполнителей любой формы и крупности при нормальном расходе цемента и малой подвижности бетонной смеси. Применение укладчика позволило в 2 раза и более повысить производительность труда рабочих на укладке бетона.

Следует отметить, что за рубежом в последние годы для транспорта бетона стали также находить применение конвейеры с округлой формой ленты, предотвращающей расслоение смеси.

Опалубки. В шахтном и подземном строительстве применяют передвижные и сборно-разборные опалубки. Основным элементом опалубок является несущий каркас и обшивка в передвижных или затяжка в сборно-разборных опалубках.

Передвижные опалубки обычно предназначены для одного поперечного сечения. Их обшивка жестко соединена с каркасом, который опирается на ходовую тележку при перемещении опалубки. Система домкратов позволяет устанавливать каркас в проектное положение и отрывать обшивку от затвердевшего бетона.

В условиях шахтного строительства крепь из монолитного бетона большей частью применяют при креплении выработок околоствольного двора, характеризующегося большим разнообразием сечений (до 40 размеров), наличием камерных выработок небольшой протяженности, сопряжений и криволинейных участков. Примерно 35—40% протяженности выработок околоствольного двора приходится на участки, имеющие по длине переменное сечение. Для таких условий целесообразно использование сборно-разборных опалубок, более мобильных, в которых унифицированным элементом являются рамы и затяжки.

Передвижная металлическая опалубка ОМП-1, разработанная КузНИИШахтостроем, состоит из отдельных секций и самоходной тележки (рис. 20). Секция опалубки собирается из шарнирно закрепленных между собой частей — сводчатой, бортовых, откидных и фундаментных. Подставки крепятся к откидным секциям разъемными соединениями. Части опалубки выполнены из листового железа с приваренными ребрами жесткости.

По оси опалубки приваривается двутавр, по которому на тележке перемещаются секции опалубки при перестановке. Тележка состоит из двух консольных кареток, домкрата, подъемной площадки, стопоров, лебедки и пульта управления. В щеки вмонтированы верхние и нижние опорные катки. Каретки между собой соединены шарнирно. Поворот верхней группы катков и консольных кареток ограничен упорами. Подъемная площадка крепится к домкрату, обеспечивающему подъем и опускание секции в процессе ее монтажа и демонтажа. Стопоры предотвращают сход тележки с монорель-

сового пути. На тележке имеются стопоры — аварийный и автоматический. Перемещение тележки с опалубкой производится лебедкой, трос которой крепится впереди в верхней части выработки. Пульт управления установлен на водиле, который поворачивается и фикс-

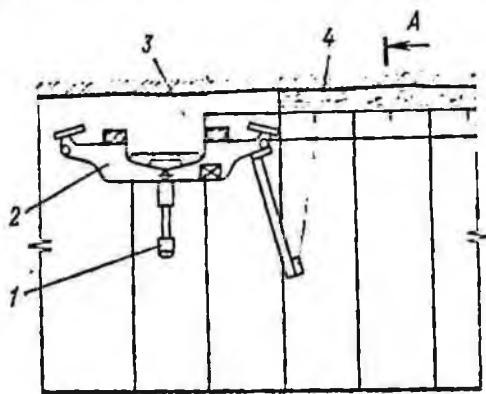
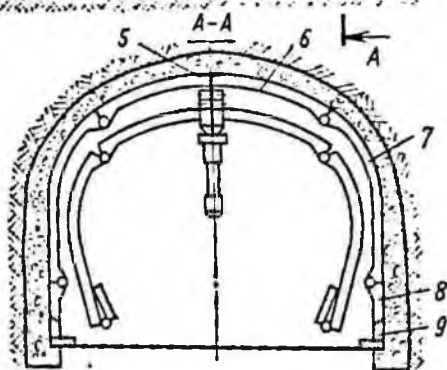


Рис. 20. Опалубка ОМП-1:

1 — домкрат; 2 — тележка; 3 — лебедка; 4 — пульт управления; 5 — двутавр; 6 — сводчатая секция; 7 — бортовая секция; 8 — откидная секция; 9 — подставка



сируется в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Демонтаж и перемещение секции производится в следующем порядке. Тележка устанавливается под демонтируемой секцией, площадка домкрата выдвигается до упора о двутавр, удаляются крепежные соединения, боковые и откидные элементы опалубки устанавливаются в транспортное положение, секция опускается на тележку вдоль двутавра и перемещается к новому исходному положению. Одновременно туда же переносятся и устанавливаются фундаментные подставки. Далее перемещенная секция поднимается в проектное положение по высоте и раскрепляется.

Институтом ПечорНИИИ применялась разборная металлическая опалубка (рис. 21). Опалубка состоит из

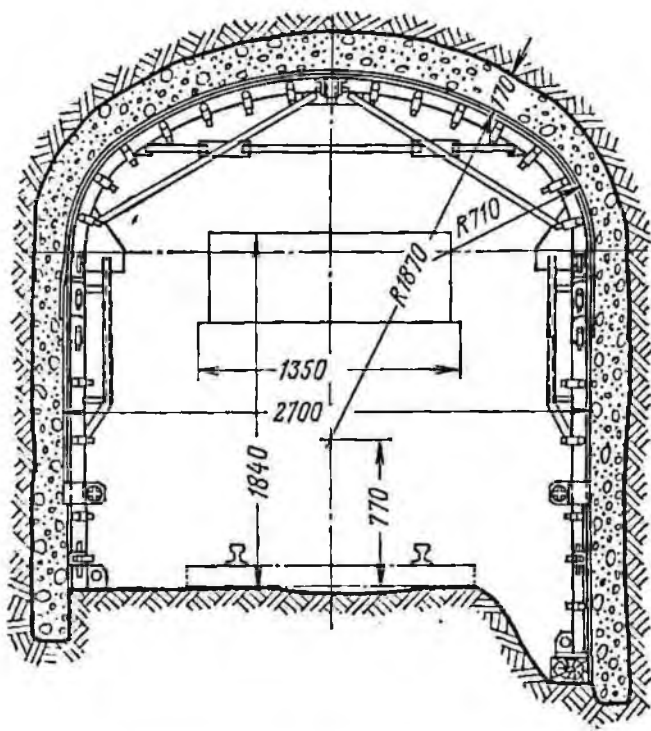


Рис. 21. Опалубка конструкции ПечорНИИ

Техническая характеристика опалубки ОМП-1
сечением 14,5 м²

Основные размеры секций, мм:	
ширина	4450
длина	1000
высота	3600
Привод домкрата	Электро- сверло ЭР18-ДМ
Привод перемещения тележки	То же
Грузоподъемность домкрата, кг	1500
Масса подставки, кг	30
Масса секции, кг	1000
Число секций в комплекте	15
Основные размеры тележки, мм:	
ширина	400
длина	3290
высота	1500
Скорость перемещения, м/мин	4
Масса тележки, кг	600

двух каркасных рам, соединяющихся продольными скобами, на которых закрепляется конвейерная лента, выполняющая роль ограждающей поверхности. Длина опалубки 1,4 м.

На Запорожском железорудном комбинате нашли применение несколько типов опалубок. Одна из конст-

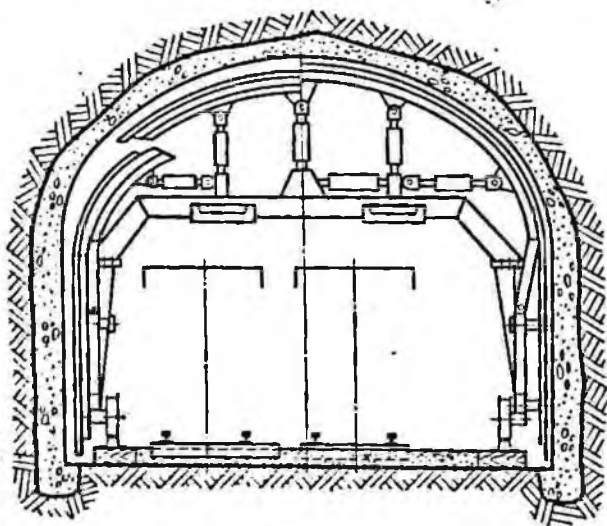


Рис. 22. Опалубка Запорожского комбината

рукций предусматривает возведение крепи в две фазы двумя последовательно расположенными опалубками. Вначале возводятся стены, а с некоторым отставанием — свод выработки.

Другая конструкция (рис. 22) предусматривает бетонирование всего сечения выработки в один прием. Опалубка ОБ набирается из секций длиной 1,5 м. В сводовой части с помощью шарниров и форкопфов устанавливаются боковые, изогнутые по радиусу щиты. При демонтаже элементы опалубки стягиваются внутрь (левая часть рисунка). Отрыв опалубки производится форкопфами. Вентиляционные трубы продвигаются по роликам, опорной рамы, внутри опалубки навешиваются троллейный провод, кабели, воздухопровод и др. Укладка бетона производится пневмобетонукладчиками.

В Криворожском бассейне для возведения бетонной крепи в одной из двухпутных выработок применяют сборно-разборную металлическую опалубку.

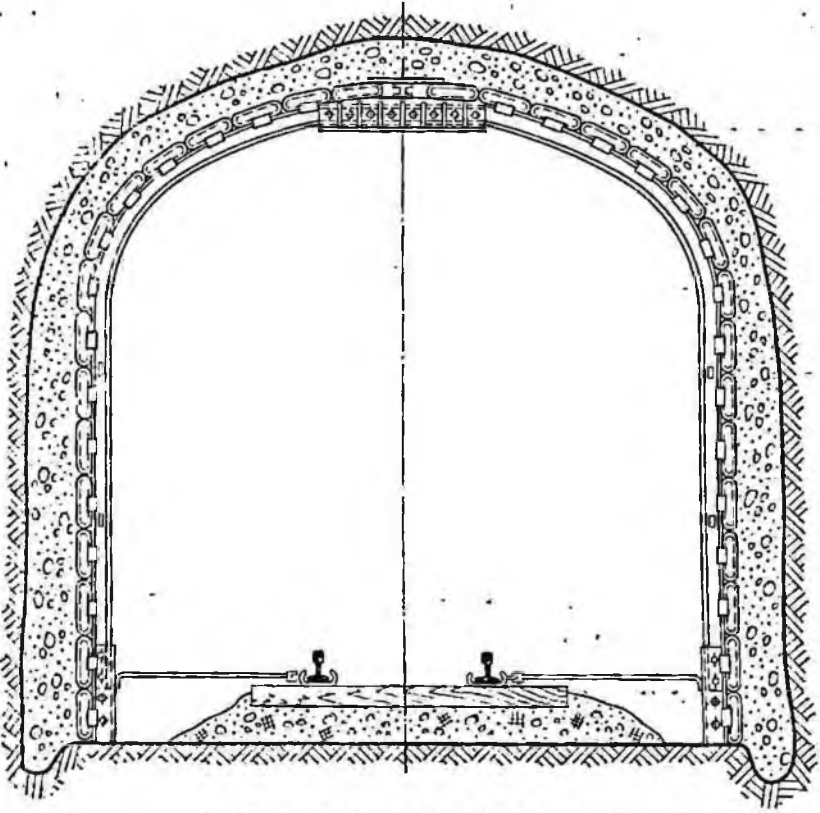


Рис. 23. Опалубка ОГВ-1м

ОГВ-1м (рис. 23) конструкции ЦНИИПодземмаша. Опалубка собирается из отдельных арок и закладываемых за них затяжек, которые прижимами крепятся к аркам. Арка состоит из двух полукружал, согнутых из двутавра № 10 и соединенных удлинителем и фиксатором. Ножки арки заканчиваются стаканами, регулирующими высоту арки на 200 мм. При монтаже арки скрепляются между собой скобами. Для большей устойчивости арок и фиксации их в заданном положении они скрепляются с проложенными по выработке рельсовыми путями специальными распорками. Затяжки выполнены из листовой стали или алюминиевого сплава. Длина затяжек 2 м, ширина 25 см. Ширина арок может быть увеличена на 400 мм за счет раздвижки удлинителем. Комплект опалубки состоит из пяти сек-

ций общей длиной 10 м. Техническая характеристика опалубки ОГВ-1м приведена в табл. 8.

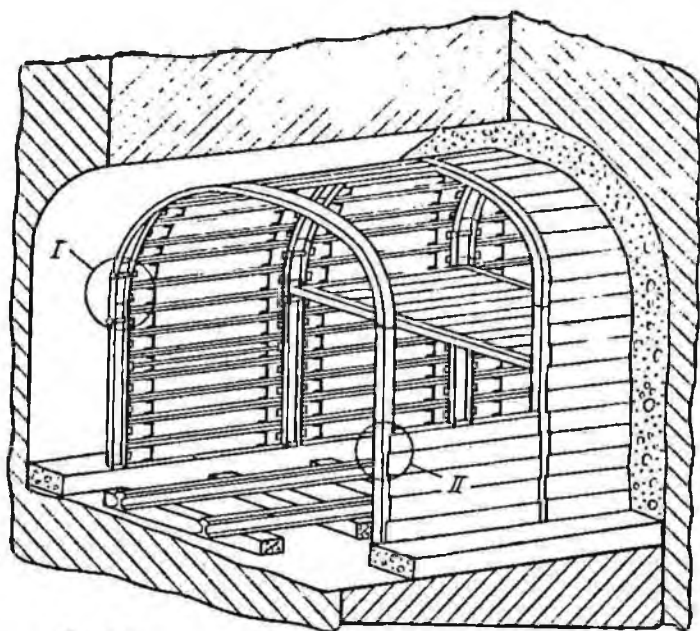
Таблица 8

Показатели	Опалубка ОГВ-1м сечением, м ²		
	5—6,3	4—10,28	9,8—11,1
Число кружал	11	11	11
Число затяжек	130	170	340
Длина комплекта, м	10	10	10
Масса затяжки, кг:			
стальной	31	31	31
из алюминиевого сплава	14	14	14

В Восточном Казахстане применяется опалубка ЛО-1. Опалубка состоит из арок (швеллер № 12), соединенных стяжками, и щитов. Арки состоят из кружал и двух стоек, которые соединены с кружалами на пальцах. Опалубочные щиты выполнены из стали толщиной 3 мм и оформлены уголками, которые являются ребрами жесткости и одновременно фиксируют положение щита (рис. 24). Опалубка по ширине не раздвигается, что является ее недостатком.

В комбинате Кузбассшахтострой применяется инвентарная крепь-опалубка, позволяющая возводить бетонную крепь вслед за продвижением забоя. Несущие арки опалубки изготавливаются из спецпрофиля или швеллера № 16—18. Стойка и верхняк опалубки соединяются между собой быстроразъемными клиньями. Обшивкязатяжка изготавливается из листовой стали толщиной 2—3 мм, шириной 30—50 см для стен и 20—30 см для свода. Затяжки снабжены ребрами жесткости и стыкуются внахлестку. К каркасам хомутами подвешивается выдвижная предохранительная крепь в виде защитного козырька. Со стороны забоя опалубка по торцу защищена козырьком, удерживающим бетонную смесь и предохраняющим ее от взрывных работ. Такое решение имеет ряд преимуществ.

Примененная на шахте «Северная» № 1 в Кривбассе опалубка конструкции комбината Кривбассшахтопроходка (рис. 25) состоит из порталной рамы, на кото-



Узел I



Узел II

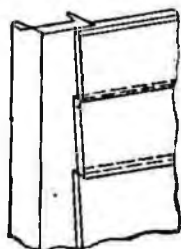


Рис. 24. Опалубка ЛО-1

рую опираются щиты опалубки. Установка и демонтаж щитов опалубки производится с помощью домкратов, опирающихся на порталную раму. Перемещение опалубки производится по направляющим. Размеры порталной рамы обеспечивают пропуск подвижного состава. Применение опалубки позволило увеличить производительность труда с 0,94 до 6,7 м³ бетона за человеко-смену и снизить затраты на крепление в 2 раза.

Универсальную опалубку ОГУ-1м конструкции ЦНИИПодземмаша можно применять в выработках с площадью поперечного сечения в свету от 4,9 до 16,6 м² при ручной и механизированной укладке бетонной сме-

сп. Комплект опалубки имеет длину 10 м. Конструкция опалубки предполагает применение арки одного сечения в выработках различных форм сечений за счет изменения положения арки к оси выработки. Основными элементами опалубки (рис. 26) являются стойки наружные 1 и внутренние 2, полукружала 3 и 4 для двухпутных выработок и соответственно аналогичные для однопутных выработок. При монтаже опалубки применяют стяжки 5, распорки и затяжки 6.

Один комплект опалубки включает 11 арок и 240 металлических затяжек. Наружная стойка изготавливается из трубы диаметром 114 мм с толщиной стенки 5 мм. На верхней части

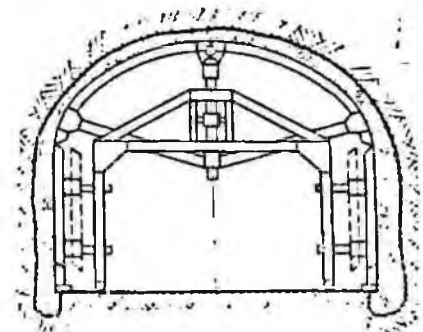
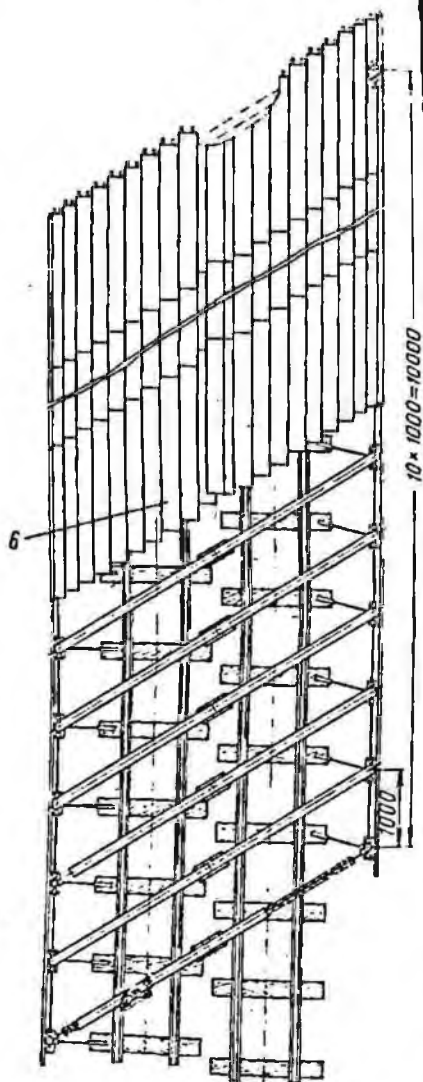


Рис. 25. Опалубка конструкции комбината Кривбассшахтопроходка

Рис. 26. Опалубка ОГУ-1м

стойки приварены три втулки, из которых одна предназначена для навески рабочего полка, с которого производят работы по бетонированию свода выработки, а также для удержания противоположных стоек и затяжек при укладке бетонной смеси за опалубку. Две другие втулки служат для соединения стоек между собой с помощью распорок. Кроме того, на стойке приварен упор, позволяющий шарнирно соединить кружала со стойкой. Наружная стойка вставляется во внутреннюю стойку, на которой имеется 19 отверстий диаметром 26 мм с шагом 50 мм. Таким образом, телескопическое соединение позволяет раздвинуть стойку на необходимую высоту по размеру стен выработки. Положение стоек по высоте закрепляется фиксаторами. Внутренняя стойка изготавливается из трубы диаметром 89 мм.

На внутренней стойке приварены: четыре направляющие планки для свободного ее перемещения в наружной стенке, опорный лист и три втулки, в которые устанавливаются распорки. Распорки крепятся к шпалам и имеют отверстия для костылей. Кружала предназначены для удержания затяжек, бетонной смеси и придания своду необходимой формы. Кружала изготавливаются из труб и выполнены различных типоразмеров для одно- и двухпутных выработок. Крепление кружал со стойкой выполнено шарнирно при помощи фиксатора, позволяющего поворачивать кружало на требуемый угол по отношению к продольной оси выработки и тем самым изменять ее сечение в свету. На кружале крепится кольцо со втулкой для установки рабочего полка и кронштейны для установки затяжки. Стяжки устанавливаются только в двухпутных выработках.

Затяжки размером 250×2000 мм изготавливаются из листовой стали толщиной 2 мм. В торцах затяжки имеют стенки. К одной из стенок приварен палец диаметром 15 мм, предназначенный для стыковки ее с соседней затяжкой, а в противоположной стенке предусмотрено отверстие диаметром 16,5 мм. Кроме того, это отверстие может использоваться для отрыва затяжки при демонтаже. Крепление затяжек к стойкам и кружалам осуществляется пружинным замком. При неровностях в почве выработки производят регулировку высоты внутренней стойки по месту, при помощи отверстий в

стойке, расположенных с шагом 50 мм, и установки в нужные отверстия фиксаторов. Если кратность шага отверстий не обеспечивает необходимую высоту, то под опорный лист внутренней стойки делают подкладку.

Крепление выработок с помощью опалубки ОГУ-1м производится ступенчато или посеционно, по мере набора прочности бетона. Опалубка наращивается секциями шагом по 2 м.

Техническая характеристика опалубки ОГУ-1м

Площадь сечения выработки в свету, м ²	От 4,9 до 16,6
Число арок на комплект	11
Длина одного комплекта, м	10
Число затяжек на комплект для наибольшего сечения выработок в свету	240
Основные размеры затяжки, мм:	
длина	2000
ширина	250
Масса затяжки, кг	11,3
Наибольшая масса элемента опалубки, кг	51
Масса комплекта, кг:	
для однопутной выработки	4460
для двухпутной выработки	5326

Опалубка может изготавливаться рудоремонтными заводами комбинатов.

Для возведения выработок круглого сечения на строительстве Торг-Гульского гидротехнического тоннеля пашла применение секционная металлическая опалубка, показанная на рис. 27. Опалубка состоит из четырех элементов, соединенных между собой шарнирно, и двух поддонов. Два нижних элемента откидные и при транспортировании складываются внутрь. При установке опалубки к откидным элементам крепятся два металлических сегмента (поддоны), с помощью которых возводится опережающий лоток. Поддоны крепятся к опалубке болтами с резиновой прокладкой.

Перестановка опалубки производится кареткой, состоящей из рамы, двух вертикальных подвижных стоек верхней балки и четырех винтовых домкратов. На верхней балке смонтирован брус, на который при перевозке опирается опалубка. Балка, в свою очередь, опирается

на два винта, которые при помощи храпового устройства поднимают и опускают опалубку. Четыре винтовых домкрата служат для отрыва опалубки от бетона и монтажа ее в транспортное положение. Длина секции опалубки 2 м; секции соединяются между собой с помощью соединительных проушин. В работе одновременно находятся две секции опалубки (один комплект).

На новом месте опалубка с помощью домкратов устанавливалась в проектное положение и после выверки раскреплялась распорками и заделывались торцы. Бетон за опалубку подавался пневмонагнетателем. Уплотнение бетона производилось вибраторами. На двух секциях было установлено шесть вибраторов.

После бетонирования одного комплекта опалубки длиной 4 м разбирали бетонород, настилали временные пути и демонтировали опалубку. Демонтаж начинали с двух откидных элементов и затем верхних. В последнюю очередь снимались поддоны. После установки секции опалубки в транспортное положение они передвигались к новой заходке. Настилаемый в забетонированном тоннеле путь узкой колес (600 мм) после передвижения каретки с опалубкой не разбирался, поскольку он в дальнейшем использовался для доставки оборудования.

На рис. 28 показана схема организации работ при бетонировании тоннеля. Характерной особенностью организации работ является бетонирование всего сечения тоннеля в один прием с устройством опережающего

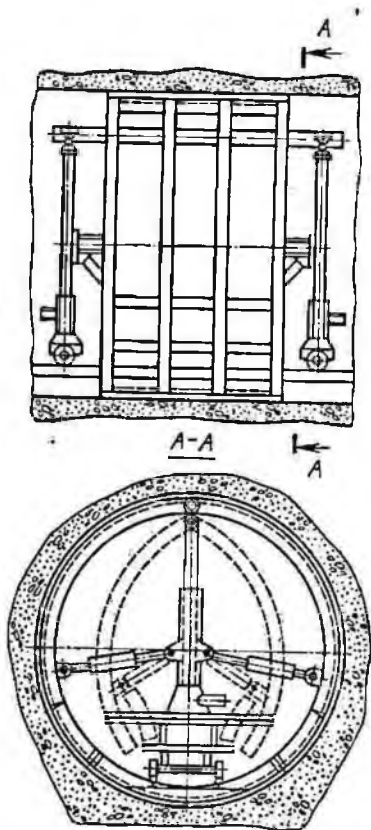


Рис. 27. Кольцевая опалубка

лотка. Для установки опалубки производилась маркшейдерская съемка с целью выявления переборов и заужений сечения и контроля установки арматуры на длину 4—5 м. После этого центрировались и раскреплялись две секции опалубки. Длина бетонируемой заходки составляла 4 м.

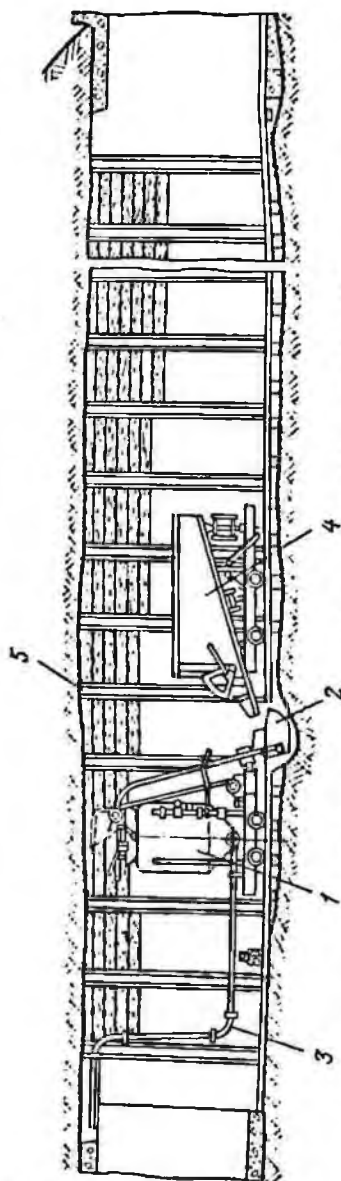


Рис. 28. Организация работ при креплении тоннеля.
1 — пневмобетоноукладчик, 2 — скип; 3 — бетоновод; 4 — бетоновоз; 5 — временная крыша

В бетоноукладочный комплект входили нагнетатель со скиповым устройством, бетоновоз и бетоновод. Загрузочное устройство нагнетателя емкостью 0,5 м³ состоит из скипа с направляющими и лебедки с пневматическим приводом. Бетоновоз емкостью 0,6 м³ снабжен наклонным днищем и секторным затвором. Снизу днища установлены два пневматических цилиндра и вибратор для подъема кузова и очистки его от бетона.

Бетонный узел располагался у портала тоннеля. Вблизи портала была сооружена эстакада с металлическим бункером емкостью 2 м³. Доставка бетона в бункер производилась автосамосвалами. Из бункера смесь разгружалась в бетоновоз (их на участке имелось два), который доставлялся аккумуляторным электровозом в забой. Бригада рабочих состояла из 12 человек, составлявших три звена. Так, на демонтаже установка опалубки продолжалась три челове-

ка, они же производили настилку путей и забутовку. Во время укладки бетона два человека обслуживали бетоноукладочный комплекс: один рабочий занимался подвозкой бетона, а другой — обслуживанием вибраторов и наблюдением за опалубкой. Производительность труда в бригаде составила 4—5 м³ бетонной смеси за выход. Максимальная скорость бетонирования составила 54 м/мес. Работы были организованы по сетевому графику.

На одном из реконструированных железнодорожных тоннелей бетон транспортировался на расстояние до 300 м в верхнюю часть свода. Из бетоновода смесь поступала в гаситель, а оттуда по деревянным лоткам за опалубку. Для изменения направления выдачи бетона к гасителю был присоединен патрубок с клиновым замком (рис. 29). Бетоновод длиной 300 м, диаметром 150 мм систематически очищался с помощью пыжей, изготавливаемых из старых байковых одеял, предварительно смазываемых цементным раствором. Пыж вставлялся в выходной патрубок нагнетателя, в резервуар наливалась вода, и пыж прогонялся по бетоноводу давлением воздуха. Осадка конуса бетона составляла 5—7 см, прочность при сжатии — 220 кгс/см². Всего было уложено 2000 м³ бетона.

Зарубежные фирмы изготавливают сборно-разборную опалубку из сплавов алюминия. На рис. 30 показаны конструктивные схемы опалубок, изготавливаемых фирмой «Блоу-Кнокс» (Англия), для выработок круглого и арочного поперечного сечения.

Для облегчения распалубки возможно в опалубке предусматривать отверстия и приваренный фланец с внутренней резьбой, в который ввертывается трубка со шлангом для сжатого воздуха. При подаче сжатого воздуха опалубка отходит от бетона. Воздействуя на патрубок, можно создать зазор между опалубкой и бетоном.

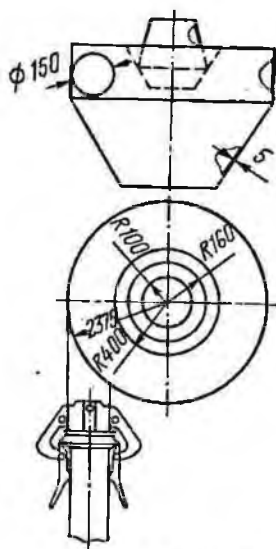


Рис. 29. Гаситель

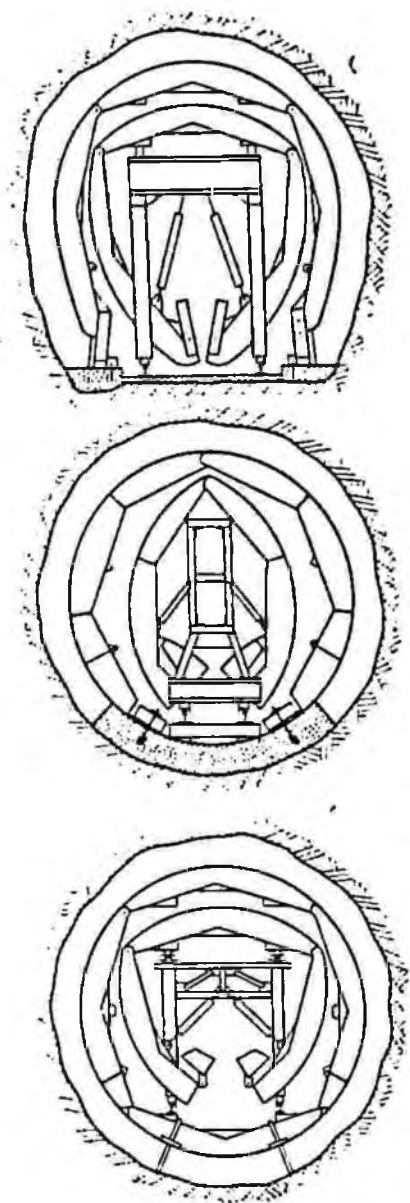


Рис. 30. Схемы опалубок
фирмы «Блоу-Кнокс»

канавку. При демонтаже опалубки тележку устанавливали под переставляемой секцией, пятка домкрата выдвигалась до упора в монорельс, соединительные болты

На рис. 31 показана схема организации работ по бетонированию камеры привода конвейера на шахте «Октябрьская». Толщина бетонной крепи достигала 500 мм. Бетонирование производилось пневмобетонукладчиком конструкции ДонУГИ. Бетонная смесь приготовлялась в шахте и имела осадку конуса 6—8 см. На конце бетоновода крепился гибкий наконечник длиной 3,5 м, свободный конец которого при нагнетании бетона закреплялся. Бригада рабочих состояла из 11 человек. Два человека были заняты загрузкой бетоносмесителя, два — на загрузке бетоноукладчика, один обслуживал бетоноукладчик, один — бетоновод. На возведении опалубки и монтаже арматуры было занято пять человек. Весь объем работ в 500 м³ бетона был выполнен за 7 сут.

На Таштагольском руднике 750 м тоннеля было закреплено передвижной опалубкой ОМП-1 (рис. 32). До установки опалубки производили подготовку котлована под фундамент и

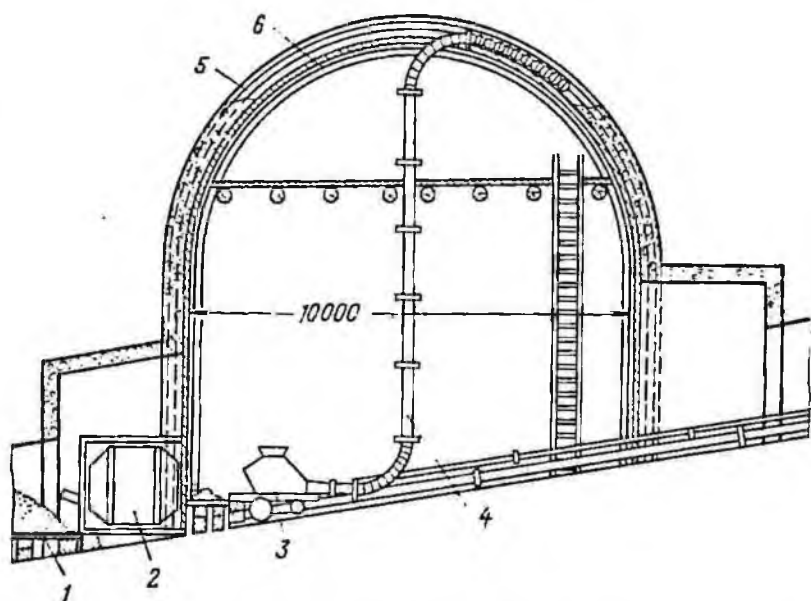


Рис. 31. Расположение оборудования при креплении камеры:
 1 — полук; 2 — бетоносмеситель; 3 — пневмобетоноукладчик; 4 — бетоновод;
 5 — временная крепь; 6 — опалубка

удалялись от основания и борт поворачивали, затем секция домкрата опускалась на тележку. На месте монтажа заранее устанавливали подставки. После выверки секций укладывали распорки и торцевые щиты. Работы по монтажу и демонтажу опалубки выполняли четыре проходчика, которые за шестичасовую смену устанавливали по три секции. Бетононагнетатель устанавливали под опалубкой, вертикальный участок бетоновода опирался на платформу. Общая длина бетоновода составляла около 20 м. Работы по проходке и креплению в основном выполнялись последовательно. Бригада состояла из 4—7 проходчиков, двое из которых переставляли секции, а остальные готовили фундаменты под крепь. Перестановка секций занимала до 50 мин. Бетоноукладчик производительностью $4,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ обслуживали четыре человека. За сутки укладывалось до 48 м^3 бетона (3 м тоннеля).

Представляет интерес организация работ по спуску бетона в шахту, примененная при строительстве шахты

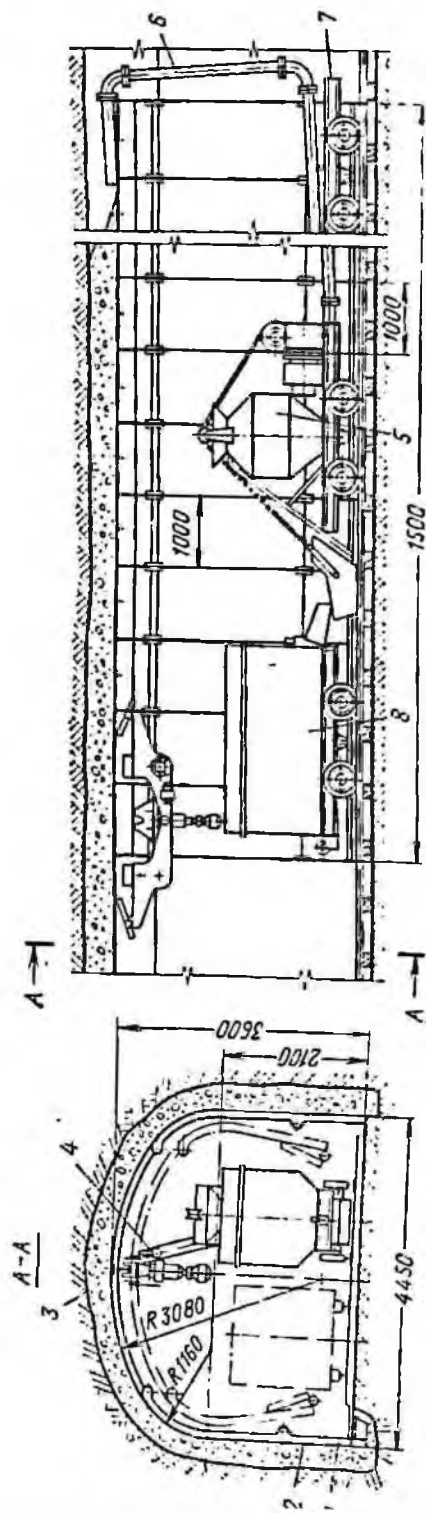


Рис. 32. Организация работ при креплении выработки:

1 — подставка; 2 — откидное основание; 3 — мост; 4 — тележка; 5 — бетононагнетатель; 6 — бетоноуд; 7 — платформа; 8 — бетоновоз

«Распадская». Чтобы не задалживать подъем для спуска вагонеток с бетонной смесью, вблизи закрепляемой выработки для спуска бетона были пробурены три скважины. Для приемки смеси в шахте устраивался бункер, из которого смесь загружалась в пневмонагнетатель. Глубина скважин 85, 149 и 218 м, конечный диаметр скважины 500 мм.

Анализ применения механизированной укладки бетона с помощью пневмобетонукладчиков и передвижной опалубки в условиях Кузнецкого бассейна (шахты «Распадская» № 1, «Байдаевская-Северная» № 1, «Абашевская» № 2 и др.) подтвердил наибольшую экономическую целесообразность их применения при совмещенной схеме работ, в этом случае производительность труда возрастает в среднем на 28%, а прямые затраты снижаются на 31%.

Бетонные узлы. Стремление в возможно большей степени механизировать работы по приготовлению, транспорту и укладке бетона находит свое выражение в создании централизованных механизированных и автоматизированных наземных и подземных бетонных узлов, бетономашин многоцелевого назначения. Ниже приведены отдельные решения, нашедшие применение в отечественной и зарубежной практике.

Представляет интерес организация бетонных работ на Ачисайском полиметаллическом комбинате, где на поверхности для 9-го, 10-го и 13-го горизонтов были оборудованы механизированные бетонные узлы, а для приема и хранения инертных были приспособлены скважины и восстающие. На рис. 33 показаны: бетоносмесительный узел на 9-м горизонте (б) и приемный пункт для бетона на 13-м горизонте (а). На одном из рудников комбината бетоносмесительный узел располагался у склона возвышенности таким образом, что заполнитель и цемент собственным весом транспортировались в бетоносмеситель и из него с помощью пневмобетонагнетателя к стволу на расстояние около 300 м по горизонтали и на высоту 9 м. Далее смесь по трубам диаметром 150 мм направлялась на 9-й горизонт и в пневмобетонукладчик.

С целью сокращения времени, протекаемого с момента приготовления бетонной смеси до укладки его, на шахте № 9 — 9-бис СУБРа был построен подземный

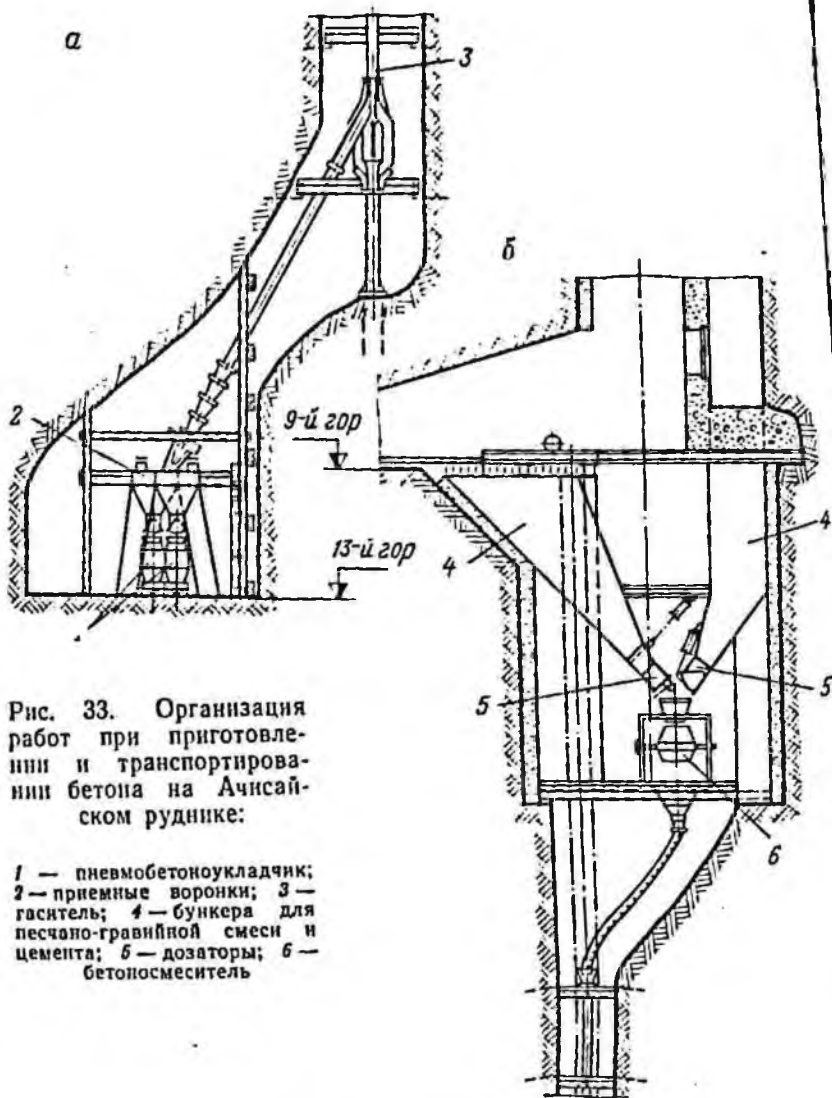


Рис. 33. Организация работ при приготовлении и транспортировании бетона на Ачисайском руднике:

1 — пневмобетонукладчик;
 2 — приемные воронки; 3 — гаситель; 4 — бункера для песчано-гравийной смеси и цемента; 5 — дозаторы; 6 — бетоносмеситель

бетоносмесительный узел. Узел размещен над наклонным углубочным стволом (рис. 34). Общая емкость бункеров для составляющих 258 м³. От ствола составляющие в цементовозах и вагонетках доставляются в приемную камеру 1, где разгружаются с помощью сжатого воздуха.

В нижней части бункеров 2 расположены объемные и весовые дозаторы 3, ленточный конвейер 4 и двухвальный бетоносмеситель непрерывного действия 5,

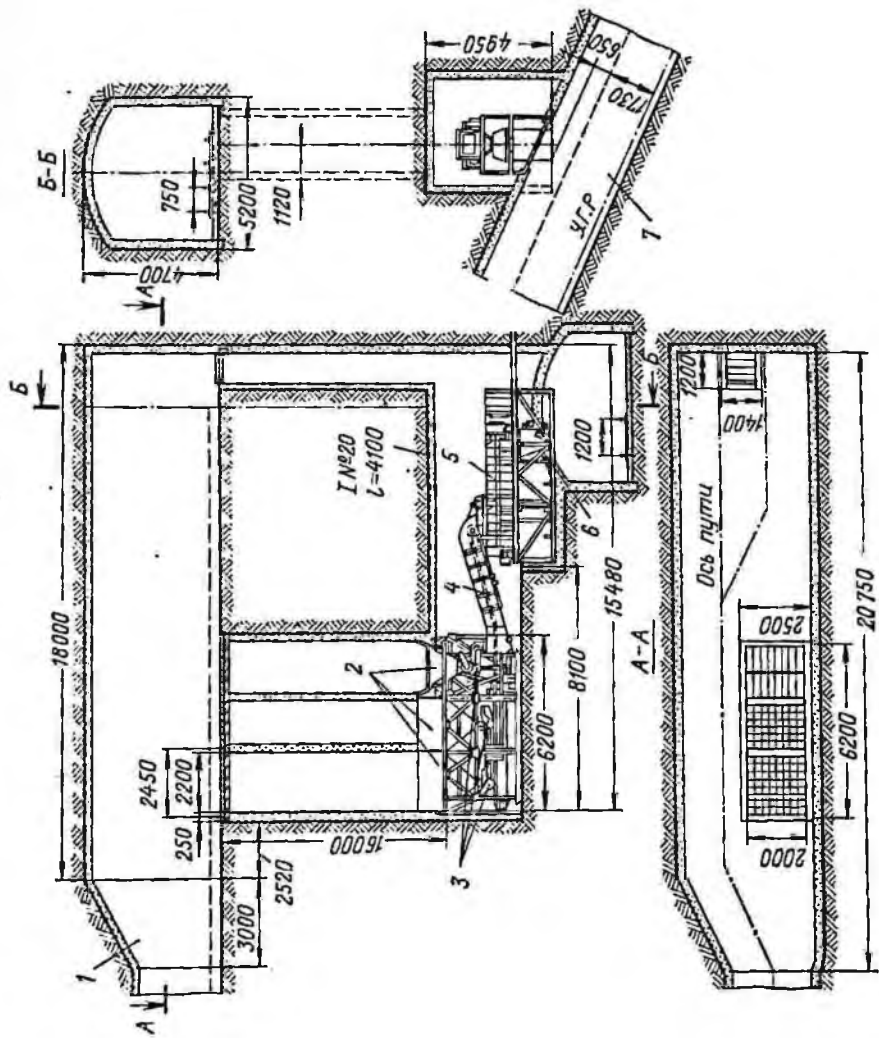


Рис. 34. Подземный бетонный узел на СУБРе

разгрузочный бункер с автоматическим затвором 6 и бак для воды. Готовая смесь по углубочному стволу 7 спускается в бетоновозах, устанавливаемых в скип. Разгрузка из скипа производится электротельфером. К месту укладки бетоновозы доставляются электровозом. Принятая схема транспорта позволяет обеспечить доставку на горизонт 9—12 м³ бетона в 1 ч.

Комплексная механизация работ была применена при креплении выработок монолитным бетоном на медном руднике «Сан-Мауэль» в США. В смену укладывалось до 190 м³ бетона. Бетоном крепились полевые, откаточные и панельные штреки и выработки горизонтов грохочения и скреперования. На поверхности была оборудована автоматизированная дозирующая установка, снабженная бункерами вместимостью по 8300 т для щебня, песка и цемента. Отдозированные составляющие доставлялись к бетоносмесительной установке автосамосвалами, в кузовах которых имелось четыре отсека по 0,95 м³. Для спуска бетона на руднике были пробурены две скважины, расположенные на границах рудной залежи. Бетонная смесь спускалась по трубе диаметром 203 мм, трубопровод заканчивался гасителем. На горизонте смесь вторично перемешивалась в бетономешалке емкостью 4,6 м³ и загружалась в пневмобетонукладчики емкостью 1,07 м³. Из шести бетоноукладчиков составлялся поезд, который на месте работ опорожнялся в течение 15 мин через коллектор, к которому одновременно присоединялись все укладчики, на конце коллектора имелся бронированный шланг диаметром 152 мм и длиной 4,5 м и металлический накопчик. Опорожнению пневмобетонагнетателей способствовали установленные вибраторы.

Для выработок круглого сечения диаметром 2,5 м и подковообразного сечения 3,3×2,4 м применяли переставную разборную опалубку, состоящую из 2—4 элементов длиной 1,5 м. Для кривых участков в опалубке дополнительно применяли клиновые элементы. Монтаж опалубки осуществляли с помощью передвижного порталного крана и подъемника. Длина бетонируемых участков колебалась от 9 до 315 м. Укладываемый бетон уплотнялся прикрепляемыми вибраторами. Большие вывалы в кровле выработки заполняли породой и бетоном. Для последующего нагнетания в бетоне оставляли труб-

ки для подачи смеси и выхода воздуха. Поскольку бетонную крепь возводили на некотором расстоянии от забоя, при проходке устанавливали временную крепь. В устойчивых породах устанавливали анкерную крепь, в слабых и малоустойчивых породах деревянную и металлическую крепь, которую при бетонировании извлекали. В очень слабых породах временную крепь оставляли в бетоне. Четкость работ обеспечивали хорошо налаженной телефонной связью и сигнализацией.

В состав бетоносмесительного узла, разработанного в ЧССР, входят одновальный шнековый бетоносмеситель, пневматический бетононагнетатель и боковой вагоноопрокидыватель (рис. 35). Бетоносмеситель и бетононагнетатель смонтированы на шасси шахтной вагонетки. Бетоносмеситель включает бункер и дозатор цемента на 200 кг, шнеки для смешения смеси, желоб для выгрузки смеси в нагнетатель, дозатор воды, бункер для песчано-щебеночной смеси на 0,8 м³ и стойку для распора. При транспортировании по выработкам наклонную раму бетоносмесителя устанавливают в горизонтальное положение. Бетононагнетатель емкостью 250 л управляется с рабочего места машиниста. Боковой вагоноопрокидыватель монтируется на рельсовом пути с помощью двух балок швеллерного типа, укрепляемых к подошве рельса скобами. Конструкция позволяет регулировать высоту опрокидывания.

Разгружаемая вагонетка фиксируется от продольного и поперечного смещений и опрокидывается с помощью троса и лебедки. Бетоносмеситель непрерывного действия работает при автоматической подаче воды, цемента и песчано-гравийной смеси, расход которых регулируется в соответствии с заданным соотношением. До начала работ бункера цемента и инертных полностью заполняются. Цепная передача на бункере цемента позволяет регулировать количество загружаемого в смесь цемента в соответствии с заданной маркой бетона. В процессе работы шнек, дозирующий песчано-гравийную смесь, должен быть полностью погружен в смесь. Постоянство оборотов бетоносмесителя машинист поддерживает в соответствии с давлением в сети сжатого воздуха. Бетоносмесительный узел обслуживается 3—4 рабочими. Один рабочий обслуживает бетоносмеситель, другой рабочий загружает цемент и ведет учет расхода ма-

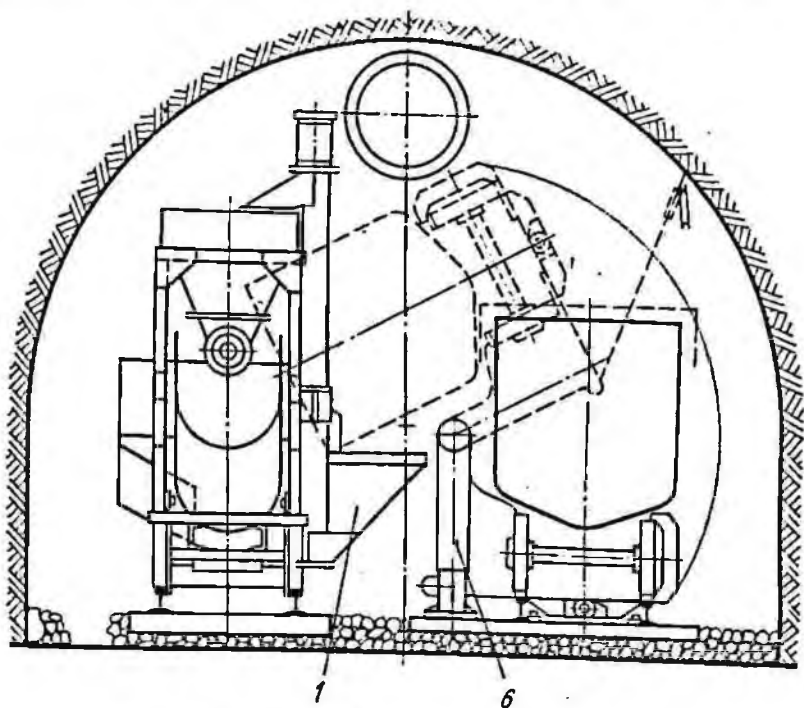
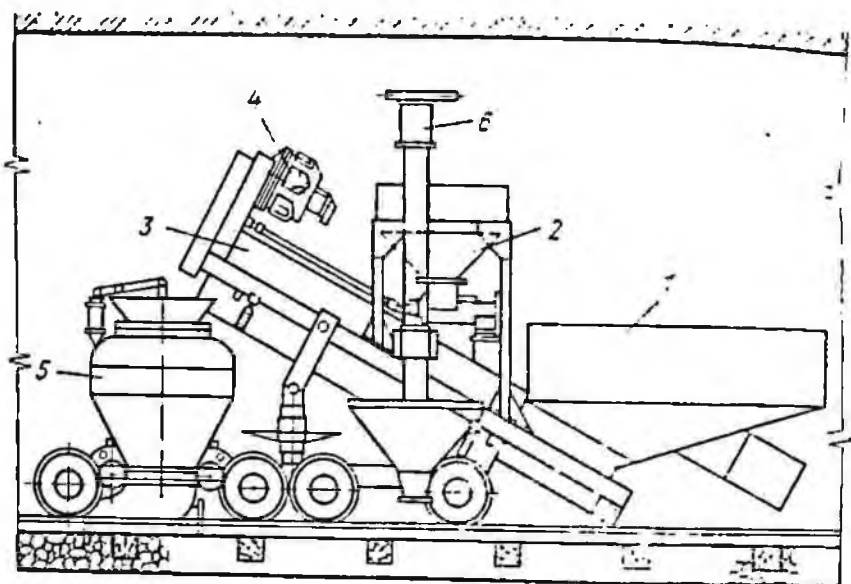


Рис. 35. Подземный бетонный узел (ЧССР):
 1 — бункер для щебня; 2 — бункер для цемента; 3 — бетоносмеситель; 4 — при-
 вод; 5 — пневмобетононагнетатель; 6 — стойка опрыскивателя

териалов, два рабочих загружают установку заполнителями. Между забоем и установкой осуществляется световая связь. По окончании работ установка тщательно очищается.

Техническая характеристика бетоносмесительного узла
(ЧССР)

Производительность узла, м ³ /ч	5,5
Производительность бетоносмесителя, м ³ /ч	10—12
Мощность двигателя, л. с.	8
Основные размеры, мм:	
длина	4600
ширина	1000
высота	2400
Масса бетоносмесителя, кг	1400

В практике работ своевременная доставка бетонной смеси с поверхности в большинстве случаев оказывается невозможной, вследствие чего машины для укладки бетонной смеси работают с большой недогрузкой или укладывают бетон пониженного качества. Вместе с тем работы по приготовлению бетонных смесей под землей пока почти не механизированы и поэтому малопроизводительны.

Институтом ЦНИИПодземмаш был изготовлен опытный образец малогабаритного подземного узла (комбайн КШБ-5), предусматривающий механизированное приготовление бетонной смеси непосредственно в горных выработках с последующей укладкой ее за опа-

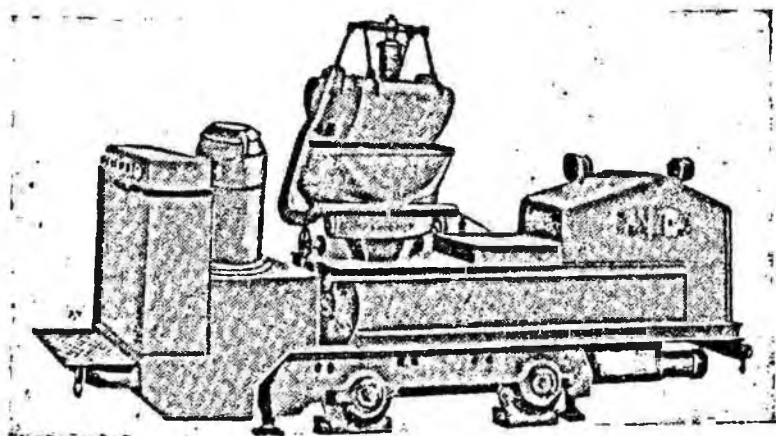


Рис. 36. Комбайн КШБ-5

лубку (рис. 36). Комбайн предназначен для размещения в горизонтальных выработках сечением 4,9 м² и более.

Комбайн может приготавливать бетонную смесь, используя три вида исходных компонентов:

готовую сухую бетонную смесь (затворение ее водой производится в комбайне);

песчано-гравийную смесь и цемент, подаваемые раздельно (дозировка, затворение и смешивание производятся в комбайне);

готовую бетонную смесь, потерявшую подвижность за время транспортирования (в комбайне производится дополнительное перемешивание смеси для ее активизации).

Техническая характеристика комбайна КШБ-5

Производительность бетононасоса, м ³ /ч	5
Дальность транспортирования бетона, м:	
по горизонтали	100
по вертикали	30
Наибольшая крупность фракций заполнителя, мм	40
Внутренний диаметр бетоновода, мм	150
Емкость грейфера, л	60
Мощность главного привода, кВт	20
Основные размеры комбайна в рабочем положении, мм:	
длина	4250
ширина	650—780
Масса, кг	4900

Комбайн состоит из грейферного перегружателя, бункера-дозатора, ходовой тележки с бетоносмесителем, бетононасоса и приводов. Грейферный перегружатель обеспечивает перегрузку смеси или составляющих из вагонок в бункер комбайна. В корпусе бункера-дозатора имеются отсеки для сухой (песчано-гравийной) смеси и цемента. Из бункера лопастным питателем отдозированное количество материалов подается в бетоносмеситель. Бетоносмеситель непрерывного действия состоит из двух лопастных валов, производящих смешивание смеси. Бетонная смесь, перемешиваясь, перемещается к выпускному отверстию и далее в бетононасос.

Бетононасос комбайна расположен ниже бетоносмесителя. Его основными узлами являются: затвор, рабочий цилиндр, силовой цилиндр и управляющий золотник. В корпусе затвора помещается поворотный шибер,

перекрывающий всасывающее или нагнетательное отверстие. Поворот шибера осуществляется посредством двух гидроцилиндров, расположенных по бокам.

В комбайне применен бетоновод с механизированным вождением.

Главный привод комбайна, состоящий из электродвигателя и редуктора, приводит в движение бетоносмеситель и связанные с ним узлы. Привод вспомогательных агрегатов состоит из: электродвигателя, редуктора, водяного насоса, масляного насоса, вентилятора пылеотсоса и гидродвигателя. Установкой центрального колеса привода вспомогательных агрегатов обеспечивается работа механизмов соответственно принятым исходным материалам.

При работе комбайн устанавливается в людском проходе одно- или двухпутных горных выработок, не мешая проезду подвижного состава. В двухпутной выработке комбайн может работать с одного из путей.

Обслуживание комбайна предусмотрено двумя рабочими: машинистом и помощником. Машинист управляет всеми механизмами с пульта управления и работает на грейферном перегружателе. Помощник машиниста следит за укладкой бетонной смеси за опалубку, подтаскивает лебедкой вагоны и следит за постоянным погружением головки всасывающего рукава в цемент.

В настоящее время комбайн проходит испытания.

§ 3. КРЕПЛЕНИЕ СТВОЛОВ ШАХТ МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ

Крепление шахтных стволов в угольной и горнорудной промышленности осуществляют преимущественно монолитным бетоном. В 1972 г. крепление монолитным бетоном в угольной промышленности на вновь строящихся шахтах составило 97,3%, а в горнорудной — 86,3%.

Применение металлических передвижных опалубок в сочетании с быстротвердеющими смесями, спускаемыми по трубам, изменило технологию и организацию работ по креплению стволов, значительно повысило производительность труда и скорость их возведения.

В состав оборудования для механизированного возведения монолитной бетонной крепи в вертикальных

стволах шахт входят металлические опалубки, бетоно-воды, гасители скорости падения бетона и гибкие бетоно-воды для укладки бетона непосредственно за опалубку.

Все основные конструкции металлических опалубок можно разделить на группы по следующим конструктивным особенностям:

по способу изменения диаметра опалубки для перестановки ее на новую заходку — створчатые, секционные и комбинированные;

по способу отрыва опалубки от уложенного бетона — с ручным или механизированным отрывом;

по способу перекрытия заопалубочной кольцевой щели — без поддона, с горизонтальным поддоном и со спиральным поддоном;

по способу перемещения на новую заходку — с помощью подвесных канатов или шагающая опалубка с помощью механических устройств.

Створчатые опалубки. Конструктивная особенность опалубки в том, что ее формирующая часть состоит из вертикально навешенных створок, способных благодаря шарнирам открываться внутрь опалубки, уменьшая при этом ее диаметр.

Опалубка конструкции ЦНИИПодземмаша (рис. 37) состоит из несущего каркаса и створок, образующих цилиндр высотой 235 м, диаметр которого равен диаметру ствола в свету. Каркас состоит из нижнего и верхнего швеллерных колец, соединенных между собой стойками. На каждую стойку шарнирно навешивают створки опалубки. В нижней части створок имеется поддон со специальными выступами, служащими для образования ниш. В рабочем положении створки запирают при помощи двух накладных защелок и распорного клина. Отрыв створок от бетона производят вручную. Для этого выбивают клинья, откидывают защелки и отрывают створки внутрь ствола. При повороте створок наружный диаметр опалубки уменьшается на 100—120 мм, что позволяет свободно перемещать опалубку в стволе на новую заходку для бетонирования. Опалубка подвешивается на канатах с помощью трех лебедок, расположенных на поверхности под углом 120°. В табл. 9 приведена техническая характеристика створчатой опалубки.

Малая рабочая высота опалубки в какой-то мере

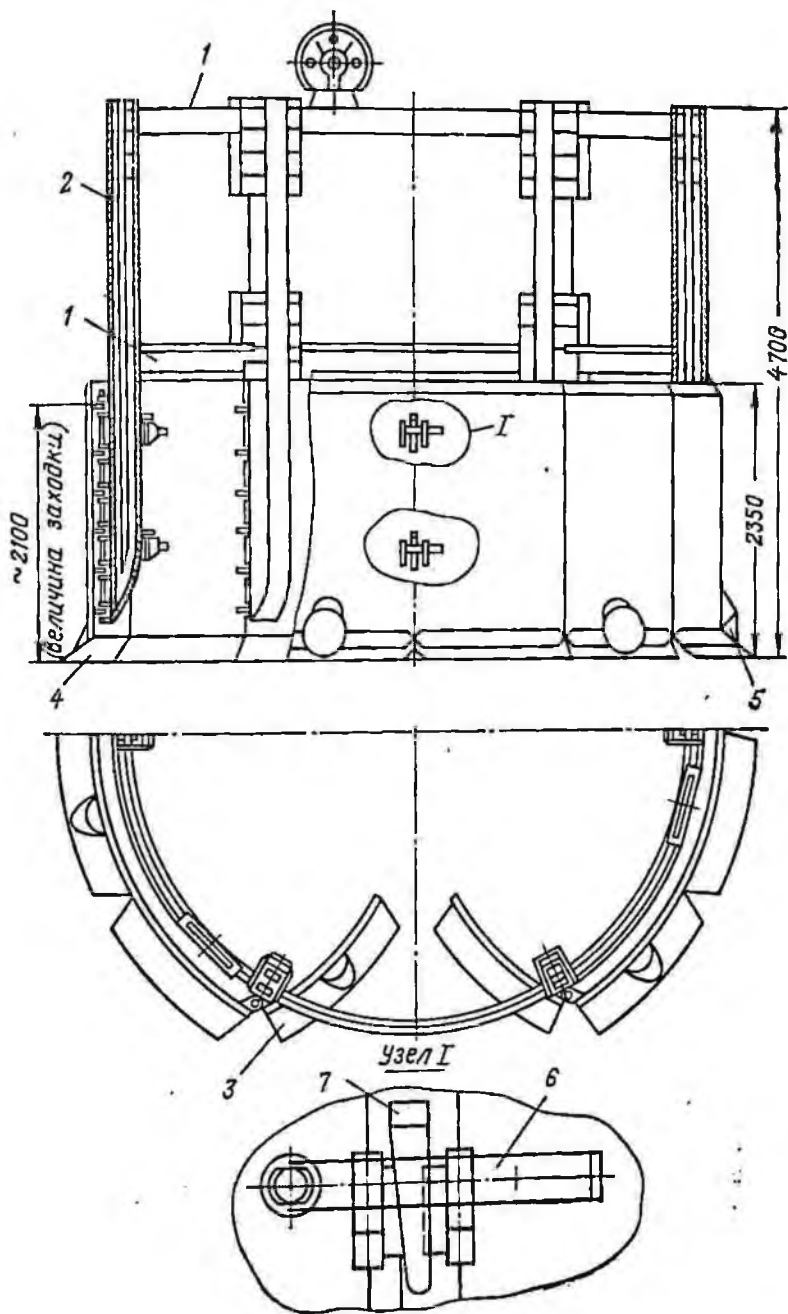


Рис. 37. Опалубка створчатая:

1 — швеллерные кольца; 2 — стойки; 3 — створки; 4 — поддон; 5 — выступы для образования ниш; 6 — накладные защелки; 7 — распорный клин

Таблица 9

Показатели	Диаметр опалубки, м							
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Опалубка	ОС-4,5	ОС-5,0	ОС-5,5	ОС-6,0	ОС-6,5	ОС-7,0	ОС-7,5	ОС-8,0
Число створок	12	12	12	14	16	18	18	20
Рабочая высота створок, мм	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Число стоек	6	6	6	7	8	9	9	10
Масса опалубки, кг	9487	10417	11000	13416	14210	21334	22300	25800

сдерживала скорость проходки стволов. С 1963 г. применение створчатых опалубок рабочей высотой 2,1 м резко сократилось, и в настоящее время их применяют в основном только на проходках стволов с незначительными объемами проходческих работ, а также при углубке стволов.

В 1959 г. на рекордной проходке ствола шахты «Ново-Бутовская» в Донбассе комплексом КС-1м рабочая высота створчатой опалубки была увеличена до 3,2 м. Несколько позднее в Донецком и Карагандинском бассейнах были применены призабойные створчатые опалубки рабочей высотой 3,1 м. Конструктивно эти опалубки отличались от опалубок ЦНИИПодземшахтоостроя конструкцией створок и центрированием опалубки (между верхним и нижним кольцами каркаса монтировались направляющие лыжи).

В 1964—1965 гг. в Донбассе были применены призабойные створчатые опалубки рабочей высотой 4 и 5 м (рис. 38). Разработке этих опалубок предшествовал опыт крепления вертикальных стволов на рекордных проходках, где проходка велась параллельно с креплением стволов (шахты № 29 и «Пролетарская»).

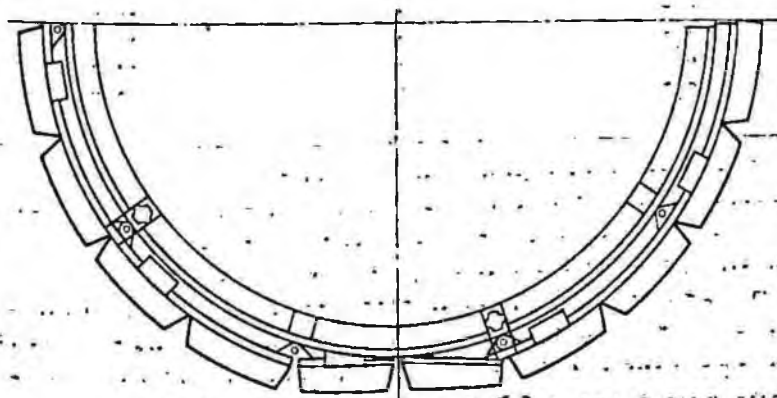
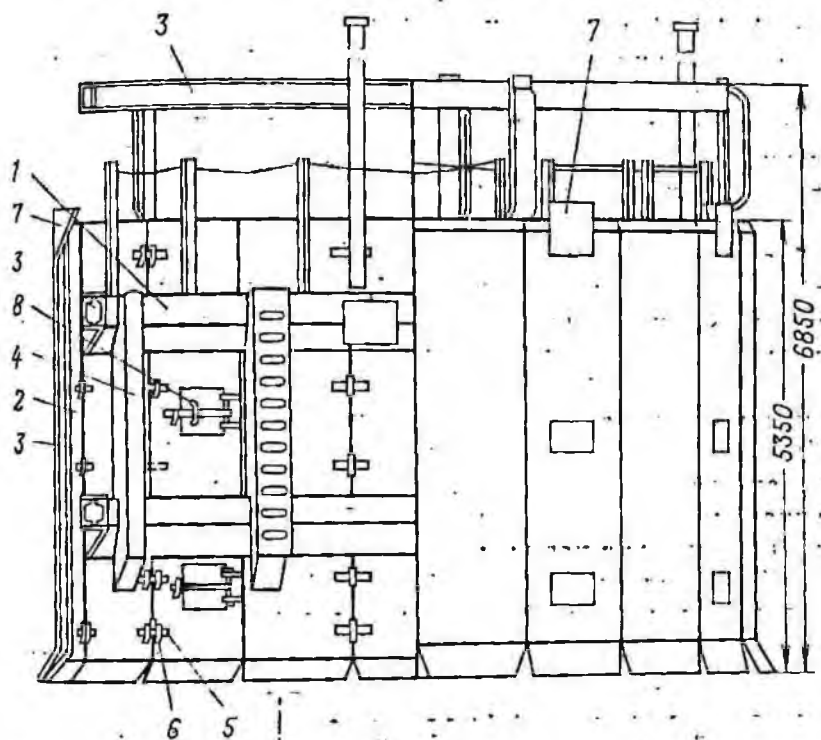


Рис. 38.- Опалубка створчатая конструкции Оргшахтостройпроекта:
 1 — несущий каркас; 2 — створка; 3 — швеллерные кольца; 4 — стойки; 5 — за-
 щелки; 6 — распорные клинья; 7 — карманы для подачи бетона; 8 — смотровые
 окна

Применение передвижных опалубок с рабочей высотой 4,5—5 м позволило значительно повысить скорости крепления стволов и производительность труда за счет снижения удельных затрат труда на выполнение подготовительно-вспомогательных операций по возведению постоянной крепи. В основу этих разработок была положена конструкция опалубки ЦНИИПодземмаша.

Опалубка состоит из несущего каркаса и створок, образующих формуемую часть. Каркас состоит из трех колец, соединенных между собой стойками, на которые шарнирно навешиваются створки, причем два нижних кольца расположены внутри створок.

Для подачи бетона за опалубку были предусмотрены специальные карманы, расположенные сверху створок. Наблюдение за заполнением бетоном заопалубочного пространства осуществлялось через специальные смотровые окна, расположенные в средней части створок, и со среднего кольца каркаса.

Характеристика опалубок этой конструкции для стволов диаметром 7,5—8,5 м приведена в табл. 10.

Таблица 10

Диаметр ствола в свету, м	Рабочая высота опалубки, м	Масса, т
7,5	4	47,0
8,1	4	47,9
8,3	5	54,6
8,5	5	56,7

Опыт эксплуатации этих опалубок при проходке стволов шахт «Петровская» и «Октябрьская» показал, что отрыв створок от бетона требует больших усилий и занимает 30—35% времени рабочей смены.

В табл. 11, по данным НИС-15 комбината Донецкшахтострой, приведены хронометражные наблюдения при креплении клетового ствола шахты «Петровская» диаметром в свету 8,5 м и в проходке — 9,5 м створчатой опалубкой высотой 5 м.

Как видно из табл. 11, существенными недостатками створчатых опалубок увеличенной рабочей высоты являются большая их масса и значительные затраты труда на выполнение операций, связанных с перестановкой

Таблица 11

Операции	Средние затраты на операцию		В % от общих затрат	
	трудо, чел.-мин	времени, мин	трудо	времени
Выбивка клиньев, раскрытие створок, спуск опалубки	271	36	9,2	6,8
Закрытие створок, забивка клиньев, центровка опалубки	728	90	24,6	16,8
Бетонирование ствола	1893	390	64,0	73,4
Разравнивание породы в забое ствола	66	16	2,2	3,0
Итого	2958	532	100	100

на новую заходку. Наличие большого числа замков с клиньями, забиваемыми вручную, трудности отрыва створок от бетона, большая масса и стоимость показали, что створчатые опалубки рабочей высотой 4—5 м недостаточно эффективны.

Секционные опалубки впервые нашли применение в Криворожском бассейне. Конструктивная особенность опалубки состоит в том, что ее формирующая часть собрана из нескольких секций, которые при распалубке стягивают специальными форкопфными стяжками по хордовой линии, уменьшая этим ее диаметр. Секции опалубки при этом легко отрываются от бетона при перестановке на новую заходку. Многочисленные конструкции секционных опалубок отличаются в основном конструкцией поддона и высотой. Опалубка (рис. 39) состоит из каркаса и двух — четырех блоков, собранных из определенного числа секций. Каркас состоит из двух швеллерных колец, соединенных между собой стойками.

Секции изготовляют из листовой стали толщиной 6—8 мм и усиливают вертикальными и горизонтальными ребрами жесткости из уголков. К секциям привариваются кронштейны, с помощью которых кожух опалубки удерживается на каркасе. Между блоками вставляются сегменты, на которых крепятся форкопфные стяжки. Форкопфные сегменты состоят из двух частей, между которыми имеется зазор 100—200 мм, обеспечивающий

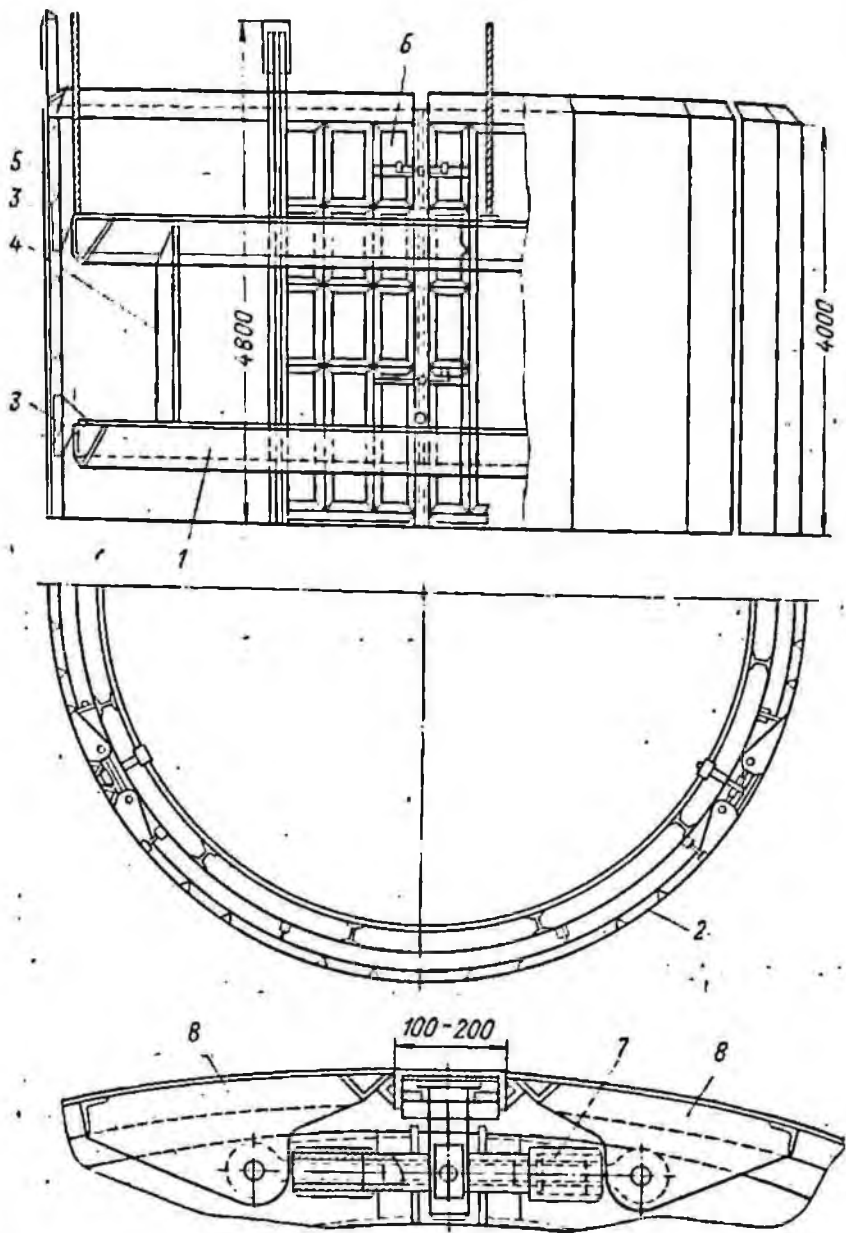


Рис. 39. Опалубка секционная:

1 — каркас жесткости; 2 — блок опалубки; 3 — швеллерные кольца; 4 — стойки;
 5 — кронштейны; 6 — форковфые сегменты; 7 — форкопфы; 8 — оболочка
 опалубки

уменьшение диаметра опалубки. В рабочем положении зазор перекрывается с помощью клина-вставки. При отрыве опалубки от бетона сначала с помощью винтов отрывают клин-вставку, после чего на 0,2—0,3 м опускают каркас опалубки и подпирают цилиндр опалубки вертикально расположенными на нижнем кольце каркаса ручными домкратами, а затем форкопфами стягивают опалубку.

После отрыва опалубки от бетона ее опускают на новую заходку, и она в обратной последовательности приводится в рабочее состояние. При сжатии опалубки диаметр ее уменьшается на 80—120 мм, что обеспечивает ее свободное перемещение по стволу.

Секционные опалубки достаточно легко отрываются от бетона, требуют мало времени и затрат труда на их перестановку на новую заходку. В табл. 12 приведены хронометражные наблюдения, проведенные при проходе стволов в Криворожском бассейне.

Таблица 12

Операции	Затраты на операцию		В % от общих затрат	
	времени, мин	труда, чел.-мин	труда	времени
Освобождение клиновой вставки и сжатие опалубки	102	25	24,1	22,1
Опускание опалубки	14	7	3,3	6,2
Центрирование опалубки	48	16	11,3	14,2
Разжатие опалубки и расклинивание клиновой вставки	72	18	17,0	16,0
Выравнивание породы	140	35	33,0	30,9
Подсыпка породы	48	12	11,3	10,6
Итого	424	113	100,0	100,0

Комбинированные опалубки. Конструкция этого типа опалубок содержит элементы створчатых и секционных опалубок. В основу положена конструкция створчатой опалубки. Для увеличения рабочей высоты опалубку наращивали вторым ярусом, используя элементы секционной опалубки. Это позволило увеличить рабочую высоту

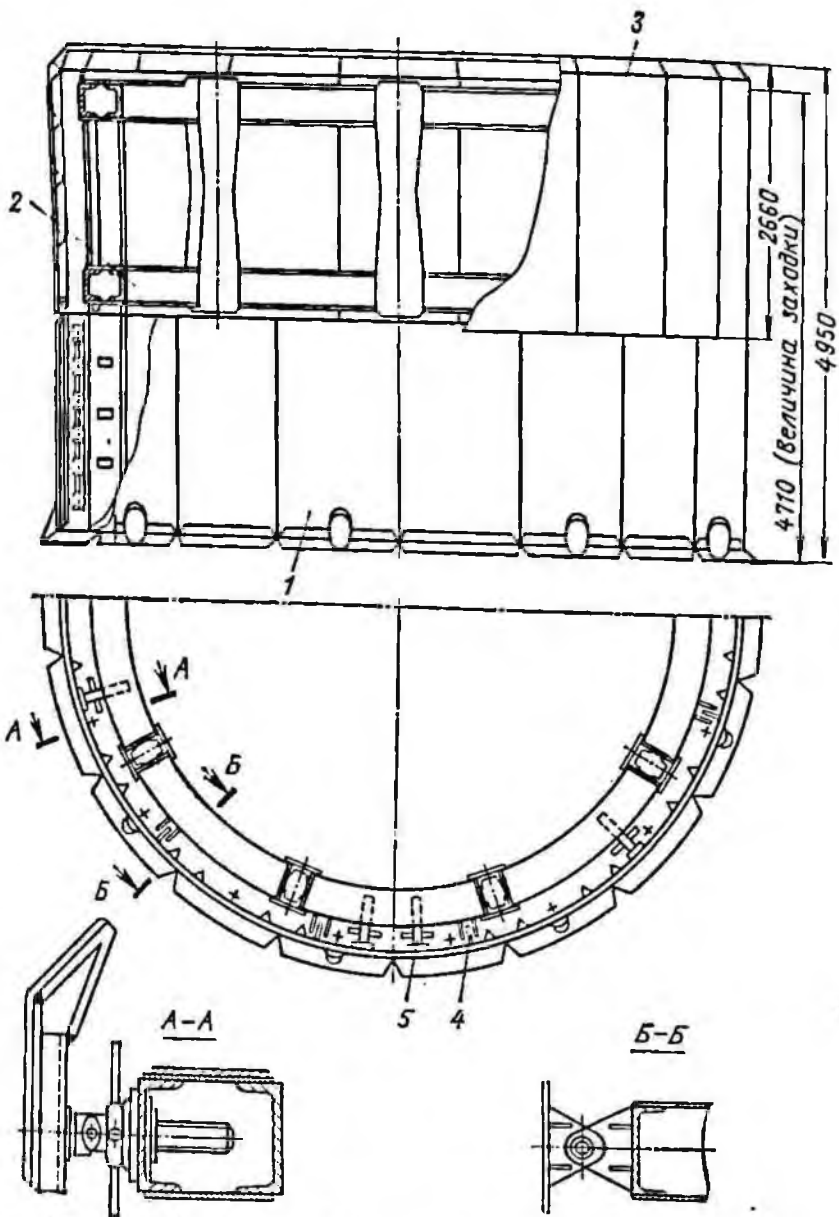


Рис. 40. Опалубка комбинированная (створчато-секционная):
 1 — створка; 2 — стальные кольца каркаса; 3 — секции; 4 — шарниры;
 5 — домираты

опалубки до 4,7 м. Секционная опалубка (рис. 40) состоит из 16 секций, соединенных в три жестких блока. Крепление блоков первоначально производилось посредством цепных подвесов. Впервые опалубка была применена при проходке ствола шахты «Абашевская» в Кузбассе. Блоки секционной опалубки соединялись между собой форкопфами, позволяющими изменять диаметр опалубки и этим отрывать ее от бетона. Продолжительность отрыва, спуска, установки и центрирования опалубки составляла в среднем 110 мин.

В дальнейшем крепление секционной опалубки к створчатой было изменено, и секция крепилась к кольцам каркаса при помощи шарнира. Отрыв секций от бетона и их установка в исходное положение после перестановки опалубки на новую заходку для бетонирования осуществляется с помощью домкратов. Для предохранения от повреждения взрывными работами домкраты вмонтированы в кольцо каркаса опалубки. Применение такого крепления секционной опалубки к каркасу створчатой при проходке ствола шахты «Капитальная» № 1—2 в Кузбассе позволило сократить продолжительность перестановки опалубки на новую заходку в среднем на 20%.

Комбинированную опалубку можно использовать как в устойчивых, так и в неустойчивых породах. При неустойчивых породах используют только ее створчатую часть. Подачу бетона за опалубку в этом случае производят в окна через одну секцию опалубки. Помимо указанного достоинства комбинированная опалубка при большой рабочей высоте имеет относительно небольшую массу. Из сопоставления технических и экономических показателей рассмотренных типов опалубок — створчатых, секционных и комбинированных для стволов диаметром 8 м (табл. 13) видно, что по основным показателям ряд преимуществ имеют секционные и комбинированные опалубки.

Рабочая высота является основным параметром опалубок, определяющим затраты труда на крепление 1 м ствола. С увеличением рабочей высоты опалубки сокращаются удельные металлоемкость, стоимость и затраты труда на выполнение отдельных подготовительно-вспомогательных операций по возведению постоянной крепи, повышается производительность труда и скорость про-

Таблица 13

Опалубка	Рабочая высота, м	Масса, т	Удельная метал- лоемкость, т/м ³	Затраты труда на перестанов- ку, чел.-мин		Затраты труда на укладку 1 м ³ бетона, чел.-мин
				всего	на 1 м рабочей высоты	
Створчатая	2,1	25,8	0,49	480	228	65,0
	3,1	31,8	0,41	540	175	46,5
	4,0	47,1	0,47	764	191	41,2
	5,0	54,0	0,43	1065	213	34,5
Секционная	3,0	17,0	0,226	424	141	40,1
	4,0	26,0	0,258	424	106	33,6
Створчато-секционная (комбинированная)	4,7	33,1	0,280	708	150	52,1

ходки стволов. Следует отметить, что с увеличением рабочей высоты опалубки увеличиваются затраты времени на ручные операции при ее перестановке.

Опыт показывает, что с увеличением высоты опалубок увеличивается также и площадь обнажения стенок ствола, которая продолжительное время остается незакрепленной. Это может приводить к вывалам породы, особенно при недостаточной устойчивости обнажений. В связи с этим уменьшается безопасность ведения работ в забое, а при вывалах увеличивается расход бетона. При креплении клетевых стволов шахт «Петровская» и «Октябрьская» в Донбассе с помощью призабойной опалубки высотой 5 м возникала необходимость одновременно с уборкой породы опускать опалубку, которая служила защитной оболочкой. Однако это, в свою очередь, иногда приводило к вывалам свежеуложенного бетона в верхней части заходки крепления. При определении рабочей высоты опалубки должны в первую очередь учитываться горнотехнические условия. Наибольшее распространение в настоящее время имеют секционные опалубки с рабочей высотой 3—4 м.

Опалубки с устройствами для образования ниш под расстрелы. При разработке конструкций опалубок были попытки предусмотреть устройства, которые позволили бы исключить трудоемкую ручную работу по устройст-

ву лунок в отвердевшей монолитной бетонной крепи для установки расстрелов при армировке ствола. В этих целях на опалубке устанавливались специальные короба, расположение которых соответствовало проектному положению расстрелов. Применение коробов вызывало значительные трудности по центрированию и установке опалубки. По этим причинам от установки таких устройств отказались.

В последующие годы ЦНИИПодземмаш разработал специальную машину РЛ-1 для устройства ниш путем разбуривания монолитной бетонной крепи и породы и машину БМС-5 для заделки расстрелов монолитным бетоном. Указанные машины успешно прошли промышленные испытания и позволяют полностью механизировать указанный процесс при армировке стволов.

Опалубки с канатно-рычажным отрывом. Разработанные конструкции по способу отрыва базируются на использовании подвесных канатов; системы рычагов, встроенных в опалубку; собственной массы опалубки и на применении пневматических подушек. Отрыв опалубки от бетона при ее перестановке на новую заходку производится с использованием подвесных канатов, которые при натяжении воздействуют на системы рычагов, встроенных в опалубку, а последние, изменяя свое положение, сдвигают створки к центру, изменяя диаметр опалубки на некоторую величину, отрывая ее от бетона. Опалубка (рис. 41) состоит из трех секций и трех вертикальных стоек с системой рычажных механизмов, при помощи которых осуществляется отрыв секций от бетона. Канаты подвески опалубки крепятся к вертикальным стойкам. Для отрыва секций от бетона и спуска опалубки ослабляли канаты подвески с помощью лебедок, установленных на поверхности, и из рычажных механизмов вынимались три пальца-фиксатора. Затем канаты подвески опалубки натягивались, в результате осуществлялось перемещение вертикальных стоек вверх, стягивались верхние и нижние рычаги и секции опалубки отрывались от бетона.

После спуска опалубки на следующую заходку она устанавливалась на взорванную разравненную породу.

Для распора опалубки в рабочее положение канаты подвески опалубки выпускались, верхние стойки смещались вниз и занимали первоначальное положение. После

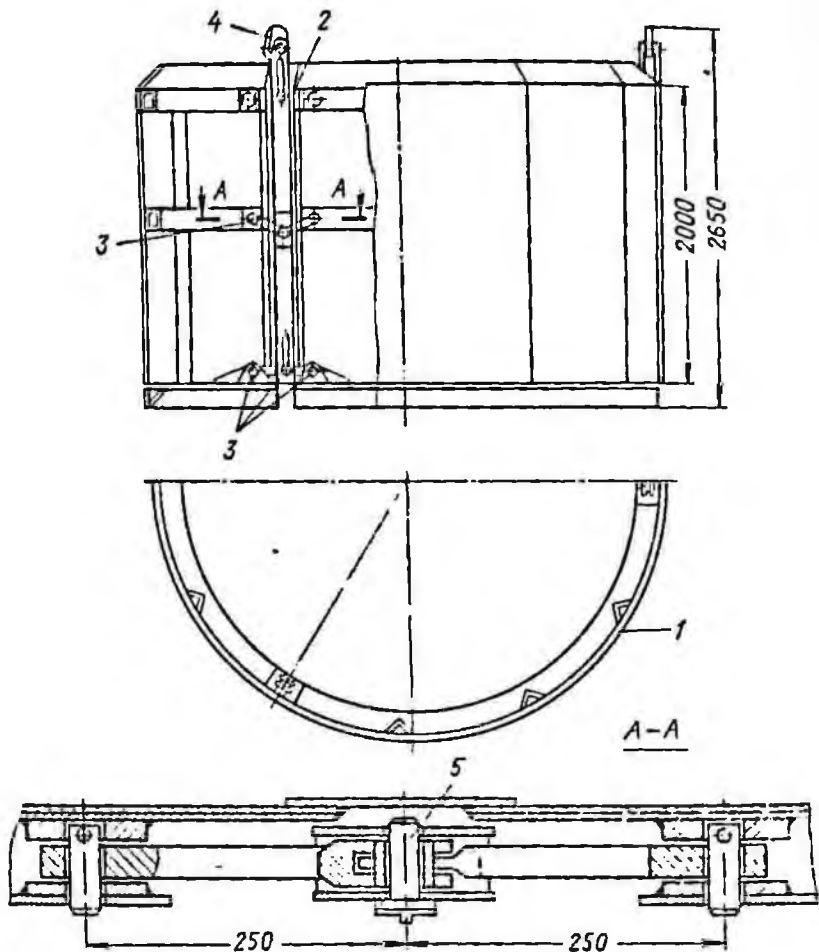


Рис. 41 Опалубка с механизированным отрывом при помощи подвесных канатов и шарниров:

1 — секция опалубки; 2 — вертикальные стойки; 3 — рычажный механизм; 4 — место для крепления канатной подвески; 5 — пальцы-фиксаторы

этого вставлялись пальцы-фиксаторы, осуществлялось натяжение канатов подвески опалубки, в результате чего секции средними рычагами раздвигались до проектного диаметра.

В дальнейшем в Карагандинском бассейне была разработана аналогичная, но усовершенствованная секционная опалубка, которую успешно применяли при проходке ствола шахты «Саранская».

Опалубки с использованием для отрыва подвесных канатов и собственного веса. Принцип действия конст-

рукции состоит в том, что утяжеленный бетонным балластом каркас и ее секции, образующие формующую часть, могут перемещаться друг относительно друга в вертикальном направлении на некоторую величину, при этом утяжеленный каркас, опускаясь относительно секции при напуске подвесных канатов с помощью специальных устройств, отрывает их от бетона, а после отрыва последние под собственным весом устанавливаются в прежнее проектное положение.

Опалубка (рис. 42) состоит из внутренних и наружных секций, 12 стоек и двух поясов каркаса. Внутренние и наружные секции опалубки при помощи осей навешиваются на стойки каркаса опалубки. Наружные секции располагаются внахлестку к внутренним секциям. Каждая секция имеет две верхние и две нижние щеки с фигурными прорезями. Соответственно на стойках опалубки закреплены верхние и нижние оси. При спуске опалубки на новую заходку секции опалубки удерживаются силой сцепления с бетоном. При спуске каркаса оси стоек перемещаются в прорезях верхних и нижних щек секции в соответствии с профилем прорезей, отрываются сначала нижние, а затем верхние части наружных и внутренних секций. Диаметр опалубки при этом уменьшается на 60—80 мм.

После спуска опалубки на следующую заходку секции под действием собственной массы занимают нижнее положение, диаметр опалубки при этом увеличивается до проектного.

Для предотвращения преждевременного опускания внутренних секций, отрываемых ранее, наружные секции связываются с внутренними гибкой связью — канатом. Оригинальность опалубки состоит в том, что при некотором напуске ее канатов отрыв секций опалубки и возвращение их в первоначальное проектное положение происходят автоматически. Такие опалубки с некоторыми усовершенствованиями применяют при проходках стволов в Донецком бассейне.

Опалубки, отрываемые от бетона сжатым воздухом. Этот способ отрыва состоит в том, что секции конструктивно связаны с двумя группами пневматических баллонов. При подаче сжатого воздуха в одну группу баллонов последние увеличиваются по своему диаметру и, воздействуя на секцию, отводят ее, увеличивая опалуб-

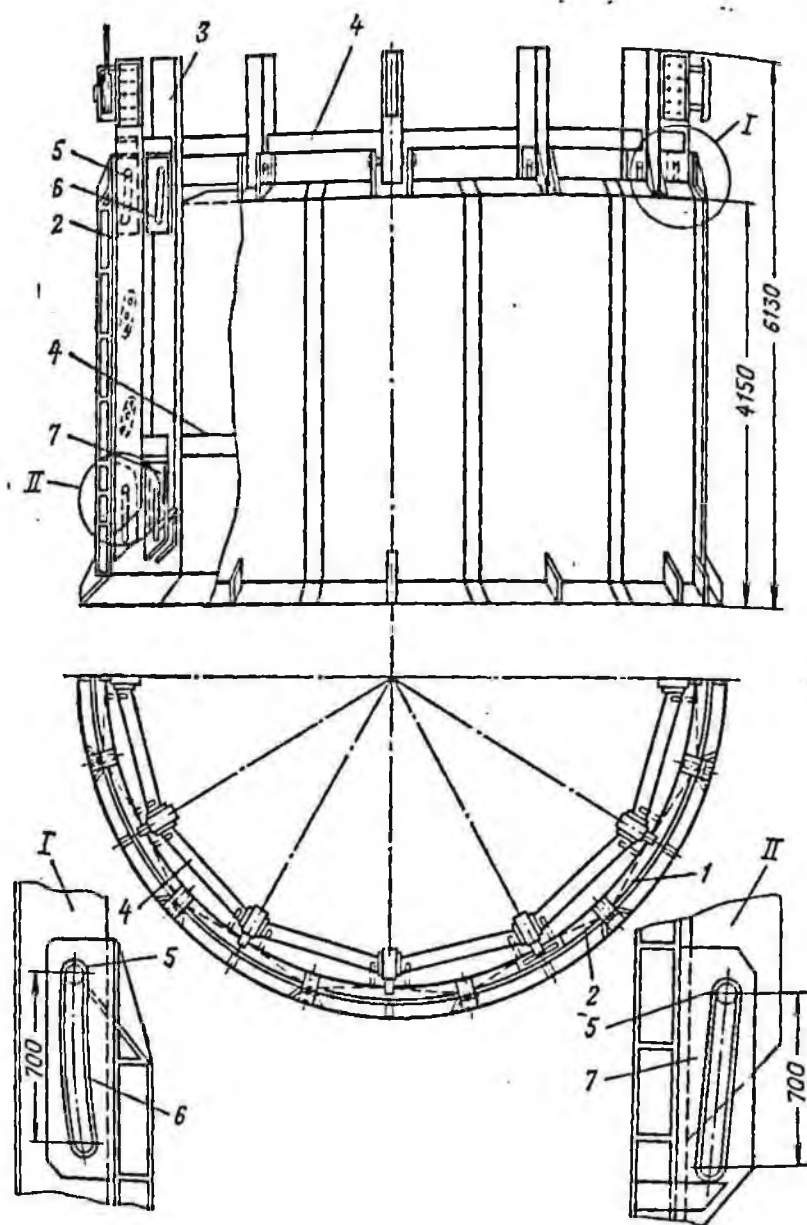


Рис. 42. Опалубка с механизированным отрывом при помощи канатов подвески и собственного веса:

1 и 2 — внутренние и наружные секции; 3 — стойки, 4 — каркас; 5 — оси для навески секций; 6 и 7 — верхняя и нижняя щеки с фигурными прорезями

ку по диаметру. При подаче сжатого воздуха в другую группу секции опалубки стягиваются к ее центру, отрываясь от бетона. ЦНИИПодземмаш разработал ряд опалубок, характеристика которых приведена в табл. 14.

Таблица 14

Опалубка	Конструкция формирующей части	Наружный диаметр, м	Рабочая высота, м	Число секций	Масса, г
ОМС	Створчатая	6,0	4,17	14	19,5
ОМЦ	Цанговая	6,0	4,17	16	14,0
ОРС	Секционная	6,0	4,17	6	18,0
ОМС-8	То же	8,0	4,5	18	33,0
ОПД-2	»	7,0	3,0	12	20,2

Наиболее проверенной в производственных условиях является опалубка ОПД-2, которая запроектирована для крепления вертикальных стволов, проходимых стволопроходческим комбайном ПД-2.

Опалубка (рис. 43) представляет собой цилиндр высотой 4650 мм и состоит из опорного и распорного колец, 12 секций опалубки с устройством для их распора и отрыва от бетона. Секции опалубки крепятся шарнирно к опорному кольцу, образуя в собранном виде наружный контур опалубки. При повороте секций опалубки в опорах образуется зазор между стенкой ствола и рабочей поверхностью опалубки, что позволяет опалубке свободно опускаться в закрепленной части ствола. Для механизации отрыва секций опалубки от бетона в верхней ее части установлено пневматическое приспособление. При подаче в приспособление сжатого воздуха от магистрали производится отрыв одновременно всех секций опалубки. Для установки секций опалубки в исходное положение после перестановки ее на следующую заходку предусмотрено другое пневматическое приспособление, которое смонтировано в распорном кольце. Пневматическое приспособление состоит из резинового баллона диаметром 150 мм, штуцера и резинового листа. Резиновый лист толщиной 3—4 мм предназначен для предотвращения протекания цементного молока внутрь приспособления. Продолжительность цикла отрыва опа-

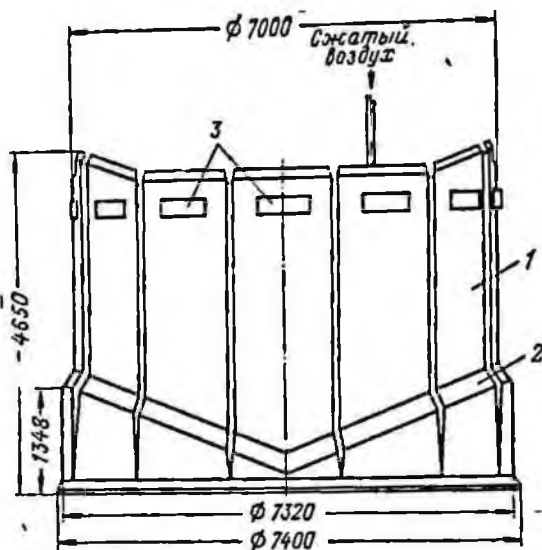


Рис. 43. Опалубка, отрываема от бетона сжатым воздухом:

1 — секция опалубки; 2 — спиральный поддон; 3 — пневматические баллоны

лубки или установки ее в исходное положение составляет 15—20 с.

Схема устройства для пневматического отрыва секций опалубки от бетона представлена на рис. 44. Опа-

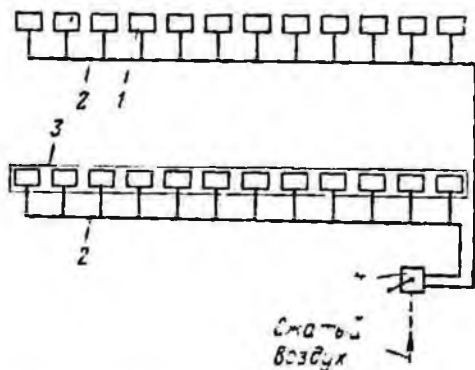


Рис. 44. Схема управления отрывом секций опалубки от бетона:

1 — группа баллонов для отрыва секций; 2 — рукав Г-10Ф16; 3 — группа баллонов для распора секций; 4 — кран управления

лубка успешно применялась при креплении ствола на шахте «Самсоновская» комбината Ворошиловградуголь.

Опалубки с горизонтальным поддоном. В зависимости от принятой технологии работ опалубки могут быть с поддоном для перекрытия кольцевой щели, образующейся между наружной поверхностью опалубки и стенкой ствола, или без поддона. Поддон может быть жестко связан с опалубкой, иметь ограниченно свободный ход или независимую подвеску. Передвижные металличе-

ские опалубки без поддона обычно применяют при последовательной или совмещенной схеме проходки стволов. Опалубку устанавливают непосредственно на забой или на взорванную и предварительно разровненную породу. Отсутствие поддона упрощает конструкцию опалубки, исключает затраты труда на устройство пикотажного перекрытия, но при этом торцевая поверхность бетонного цилиндра получается неровной и подвергается воздействию взрывных работ. Этот недостаток в некоторой степени устраняется при применении опалубки с жестким соединением поддона. При совмещенном способе отбор и погрузка взорванной породы осуществляются после набора бетоном первоначальной прочности в нижней части опалубки (через 1,5—2 ч). При параллельном способе проходки ствола передвижная металлическая опалубка должна иметь поддон, обеспечивающий устройство пикотажного перекрытия.

Секционная металлическая опалубка с ограниченно свободным ходом поддона конструктивно позволяет при помощи винтовых устройств перед бетонированием поднять оболочку опалубки относительно поддона на некоторую высоту (100—150 мм). В образующуюся щель между поддоном и оболочкой опалубки укладывают деревянный веерообразный настил, достаточно плотно перекрывающий кольцевое заопалубочное пространство. После окончания бетонирования и набора бетоном прочности опалубку переставляют на новую заходку, а деревянный настил извлекают. Недостатком такой конструкции поддона является дополнительная трудоемкость по поднятию оболочки и извлечению пикотажного перекрытия из узкой щели между поддоном и оболочкой. Этот недостаток устраняется при конструкции поддона с независимой подвеской. Примером такой конструкции является опалубка, входящая в стволопроходческие комплексы ДШП-1 и ДШП-1м (рис. 45).

Опалубка бескаркасного типа высотой 4—5 м имеет механизированный отрыв секций при помощи шарнирного механизма с пневмогидравлическим или ручным приводом. Ввиду небольшой толщины стенок и наличия специальных отбойников проходческий полок свободно перемещается через внутреннее пространство опалубки. Опалубка и поддон имеют независимую канатную подвеску, а между собой связаны цепями длиной, равной

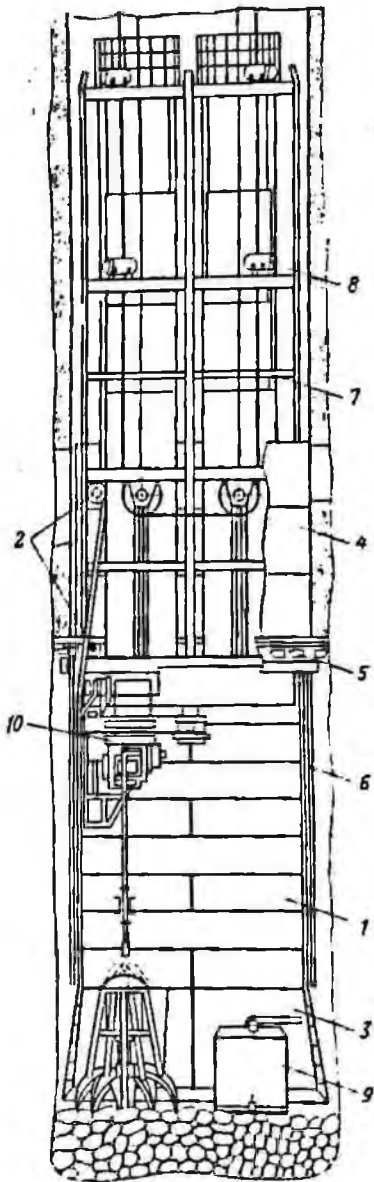


Рис. 45. Комплекс ДШП-1:

1 — укороченный щит; 2 — отводящие ролики подвески; 3 — конусное расширение щита; 4 — подвесная опалубка; 5 — пикетажное кольцо; 6 — защитная обойма; 7 — подвесной полук; 8 — гидродомкрат раскрепления полка; 9 — саморазгружающаяся бадья; 10 — породопогрузочная машина

высоте заходки. После перемещения поддона на новую заходку (на 4—5 м) его раскрепляют и производят пикетажный настил из досок, после чего на него устанавливают опалубку. После бетонирования и набора бетоном распалубочной прочности (7—8 кгс/см²) поддон перемещают вниз и цикл работ повторяется. Канаты подвески проходят через специальные проушины, расположенные на опалубке. Это позволяет при спуске поддона на новую заходку ему центрироваться относительно опалубки, обжатой бетоном, а при спуске опалубки последней центрироваться относительно раскрепленного поддона. Такая конструкция поддона оправдала себя на скоростных проходках вентиляционного ствола шахты № 17—17-бис и на шахте «Бутовка-Донецкая» комбината Донецк-уголь.

Опалубки со спиральным поддоном. При подаче бетонной смеси за опалубку заполнение заопалубочного пространства происходит в пределах угла растекания бетонной смеси. Поэтому для равномерного заполнения пространства бетонную

смесь попеременно подают в различные точки. Неудобства проявляются при стыковании укладываемой бетонной смеси с плоскостью бетона, уложенного в предыдущей заходке. Следует отметить, что стык заходок получается низкого качества.

В отличие от существующих конструкций ранее описанная опалубка ОПД-2, разработанная ЦНИИПодземмашем, имеет поддон, идущий по спиральной кривой. Секции опалубки выполнены из трех листов и угольника, связанных между собой. На рабочей поверхности каждой секции опалубки предусмотрен спиральный поддон с углом закручивания спирали $18-20^\circ$, что соответствует углу растекания бетонной смеси при осадке конуса 12—14 см. При подаче бетонной смеси в диаметрально противоположные ниши при такой конструкции поддона происходит свободное ее растекание и равномерное заполнение заопалубочного пространства. Наличие спирального поддона позволяет проще и качественнее стыковать между собой отдельные заходки за счет создающегося подпора бетонной смеси. Опалубка с такой конструкцией поддона успешно себя зарекомендовала при проходке ствола на шахте «Самсоновская-Западная» комбината Ворошиловградшахтострой.

Призобойная шагающая опалубка. В отличие от подвесных опалубок, перемещающихся в стволе при помощи канатов и лебедок, устанавливаемых на поверхности, Криворожским филиалом ВНИИОМШСа на базе секционной опалубки высотой 2,5 м разработана конструкция призобойной шагающей опалубки. Применение такой опалубки позволяет упростить оснащение ствола путем исключения лебедок и канатов, на которые подвешивается опалубка, и сократить время перемещения опалубки на новую заходку. Опалубка (рис. 46) имеет два шагающих узла — корпус и несущее кольцо, соединенные между собой при помощи гидродомкратов. Спуск опалубки на новую заходку осуществляется поочередным перемещением обоих шагающих узлов, каждый из которых жестко закреплен в стволе. Для перемещения корпуса опалубки несущее кольцо раскрепляется своими выдвижными пальцами, входящими в специальные лунки, а при опускании кольца корпус опалубки удерживается в стволе за счет сцепления ее с затвердевшим бетоном. Лунки выполняют в процессе крепления ство-

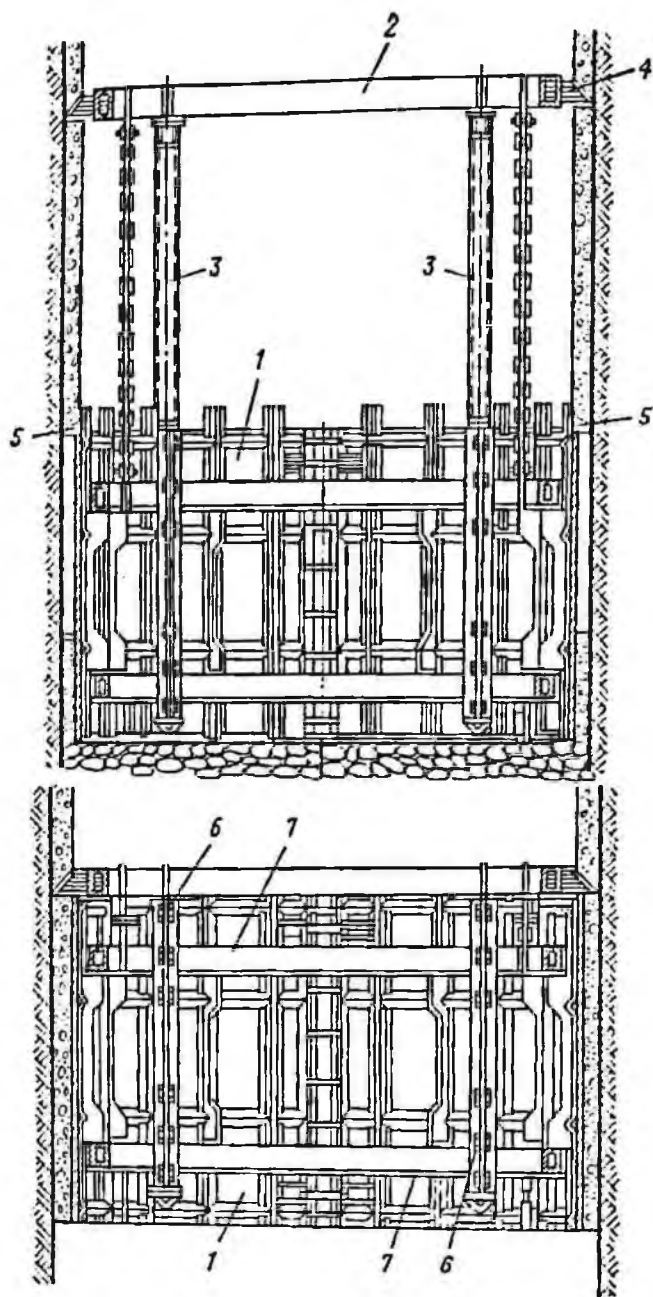


Рис. 46. Шагающая опалубка:

1 — корпус; 2 — несущее кольцо; 3 — гидродомкраты; 4 — выдвижные кольца;
 5 — лунки; 6 — защитные кожухи; 7 — кольцо жесткости

ла, используя специальные приливы, размещенные на корпусе опалубки. Для предохранения от воздействия взрывной волны гидродомкраты опалубки укрыты защитными кожухами, вмонтированными в двойное коль-

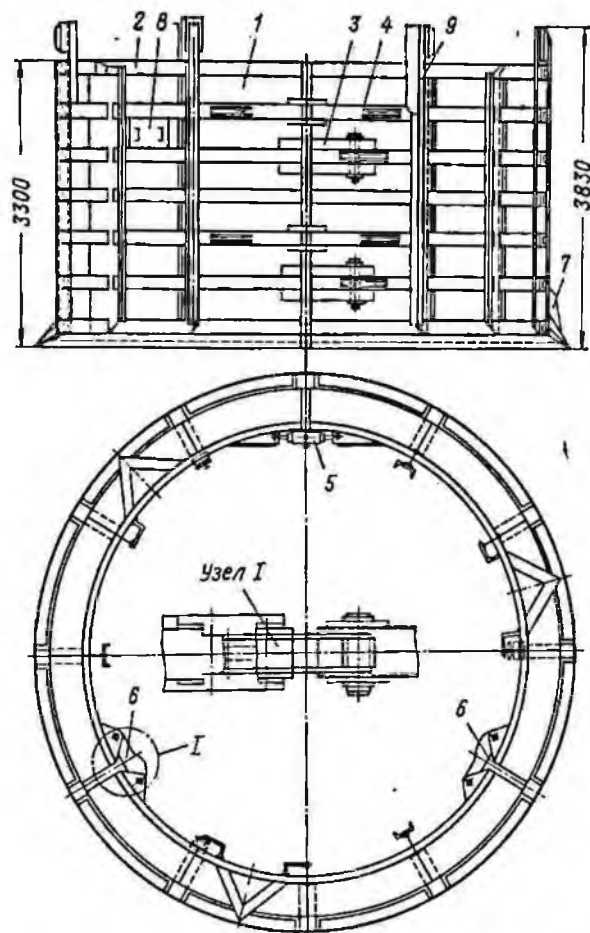


Рис. 47. Опалубка секционная, применяемая в ЧССР и ВНР:
 1 — секция; 2 — ребро жесткости; 3 — проушины; 4 — пальцы; 5 — винтовые
 стяжки; 6 — эксцентриковые замки; 7 — коробка для устройства ниш; 8 — люки;
 9 — отбойные лыжи

цо жесткости. Управление узлами распора осуществляется дистанционно (с забоя или полка). Коммуникации, питающие пневмоцилиндры узлов распора, размещены внутри несущего кольца. Точность шагания фиксируется мерными цепями; скорость опускания опалубки 0,05—

0,08 м/с. Опытный образец шагающей опалубки был испытан при углубке ствола шахты «Северная-Вентиляционная» рудоуправления им. Розы Люксембург в Кривбассе. Несмотря на оригинальность конструкции и ряд ее преимуществ, опалубка еще не получила практического применения.

В дальнейшем ВНИИОМШСом был разработан комплекс шагающего оборудования для проходки стволов. Комплекс состоял из шагающего полка опалубки и пневмогрузчика КС-3. Опалубка высотой 3,2 м подвешивалась на канатах к трем лебедкам, расположенным на втором этаже шагающего полка (но может иметь и свой механизм). Промышленные испытания шагающего комплекса были осуществлены при углубке скипового ствола № 1 шахты им. Карла Маркса в Донбассе и показали его работоспособность, надежность и безопасность. По сравнению с обычным оборудованием комплекс шагающего оборудования имеет ряд преимуществ: значительно упрощается оснащение поверхности шахты, что особенно выгодно при углубке стволов с действующего горизонта.

Зарубежные металлические опалубки. В зарубежной шахтостроительной практике крепления шахтных стволов монолитным бетоном находят широкое применение различные конструкции металлических опалубок.

В социалистических странах (ЧССР, ПНР, ВНР и ГДР) проходку стволов чаще осуществляют по совмещенной схеме. Для крепления стволов применяют створчатые и секционные опалубки. В отличие от створчатой опалубки, разработанной ЦНИИПодземмашем, в ЧССР применяют опалубку с рабочей высотой до 4 м. Для облегчения отрыва створок от бетона последние размещают в два яруса.

В секционных опалубках, применяемых в ЧССР и ВНР (рис. 47), отсутствует каркас жесткости. Секции, изготовленные из листовой стали, усиливают горизонтальными и вертикальными ребрами жесткости из швеллеров. Соединение секций между собой осуществляют с помощью двух пар проушины и пальцев, которые обеспечивают в пределах до 35 мм возможность горизонтального перемещения секций, но не допускают их взаимного вертикального смещения.

На одном из стыков устанавливают две винтовые

стяжки, а на двух других — эксцентрикковые замки. Винтовые стяжки служат для регулирования диаметра и компенсации неточностей изготовления и деформаций опалубки в процессе эксплуатации. Эксцентрикковые замки предназначены для стягивания секции при распалубке. В рабочем положении между секциями имеются зазоры по 70 мм, обеспечивающие сокращение диаметра опалубки. Зазоры перекрываются наружными листами, приваренными внахлестку к одной из секций опалубки. При распалубке эксцентрики рычагами разворачиваются на 180°, благодаря чему выбираются зазоры и диаметр уменьшается на 40 мм. Для облегчения центрирования опалубки в верхней части ее имеются отбойные лыжи, которые подняты над рабочей частью опалубки на 700 мм и всегда находятся в забетонированной части ствола. При диаметре опалубки 4550 мм и рабочей высоте 3360 мм (величина заходки 3 м) масса опалубки равна 8268 кг.

В ФРГ для возведения монолитной бетонной крепи применяют секционную опалубку (рис. 48), состоящую из сегментов 1, 2, 3, усиленных уголками 4. На стыках сегментов приварены вертикальные швеллеры 5 и 6, к которым приварены проушины. Проушины соединяются между собой болтом 7.

На одном из стыков проушины 8 имеют вырезы. Вставляемый в них болт 9 имеет срезы, соответствующие этим вырезам. При повороте болт выходит из проушин и стык освобождается. Двойной рычаг, служащий для быстросействующего затвора, шарнирно закреплен в точках 11 и 12. При повороте болта 9 рычагом 10 сегменты 1 и 2 заходят друг за друга, в результате чего диаметр опалубки уменьшается. Сегменты 1 и 2 при любом положении рычага 10 постоянно остаются скрепленными шарнирами 11 и 12.

В Швеции и Голландии были разработаны опалубки с механизированным перемещением их по стволу. Опалубки представляют собой цилиндр высотой 1—1,1 м, состоящий из отдельных секций. Перемещение опалубок осуществляется с помощью системы домкратов. Для направления движения опалубок в стволе подвешивают две распорные платформы, между которыми натягивают канаты либо устанавливают стержни. Из-за сложности эти типы опалубок распространения не получили.

0,08 м/с. Опытный образец шагающей опалубки был испытан при углубке ствола шахты «Северная-Вентиляционная» рудоуправления им. Розы Люксембург в Кривбассе. Несмотря на оригинальность конструкции и ряд ее преимуществ, опалубка еще не получила практического применения.

В дальнейшем ВНИИОМШСом был разработан комплекс шагающего оборудования для проходки стволов. Комплекс состоял из шагающего полка опалубки и пневмогрузчика КС-3. Опалубка высотой 3,2 м подвешивалась на канатах к трем лебедкам, расположенным на втором этаже шагающего полка (но может иметь и свой механизм). Промышленные испытания шагающего комплекса были осуществлены при углубке скипового ствола № 1 шахты им. Карла Маркса в Донбассе и показали его работоспособность, надежность и безопасность. По сравнению с обычным оборудованием комплекс шагающего оборудования имеет ряд преимуществ: значительно упрощается оснащение поверхности шахты, что особенно выгодно при углубке стволов с действующего горизонта.

Зарубежные металлические опалубки. В зарубежной шахтостроительной практике крепления шахтных стволов монолитным бетоном находят широкое применение различные конструкции металлических опалубок.

В социалистических странах (ЧССР, ПНР, ВНР и ГДР) проходку стволов чаще осуществляют по совмещенной схеме. Для крепления стволов применяют створчатые и секционные опалубки. В отличие от створчатой опалубки, разработанной ЦНИИПодземмашем, в ЧССР применяют опалубку с рабочей высотой до 4 м. Для облегчения отрыва створок от бетона последние размещают в два яруса.

В секционных опалубках, применяемых в ЧССР и ВНР (рис. 47), отсутствует каркас жесткости. Секции, изготовленные из листовой стали, усиливают горизонтальными и вертикальными ребрами жесткости из швеллеров. Соединение секций между собой осуществляют с помощью двух пар проушин и пальцев, которые обеспечивают в пределах до 35 мм возможность горизонтального перемещения секций, но не допускают их взаимного вертикального смещения.

На одном из стыков устанавливают две винтовые

стяжки, а на двух других — эксцентрикковые замки. Винтовые стяжки служат для регулирования диаметра и компенсации неточностей изготовления и деформаций опалубки в процессе эксплуатации. Эксцентрикковые замки предназначены для стягивания секции при распалубке. В рабочем положении между секциями имеются зазоры по 70 мм, обеспечивающие сокращение диаметра опалубки. Зазоры перекрываются наружными листами, приваренными внахлестку к одной из секций опалубки. При распалубке эксцентрики рычагами разворачиваются на 180° , благодаря чему выбираются зазоры и диаметр уменьшается на 40 мм. Для облегчения центрирования опалубки в верхней части ее имеются отбойные лыжи, которые подняты над рабочей частью опалубки на 700 мм и всегда находятся в забетонированной части ствола. При диаметре опалубки 4550 мм и рабочей высоте 3360 мм (величина заходки 3 м) масса опалубки равна 8268 кг.

В ФРГ для возведения монолитной бетонной крепи применяют секционную опалубку (рис. 48), состоящую из сегментов 1, 2, 3, усиленных уголками 4. На стыках сегментов приварены вертикальные швеллеры 5 и 6, к которым приварены проушины. Проушины соединяются между собой болтом 7.

На одном из стыков проушины 8 имеют вырезы. Вставляемый в них болт 9 имеет срезы, соответствующие этим вырезам. При повороте болт выходит из проушин и стык освобождается. Двойной рычаг, служащий для быстросействующего затвора, шарнирно закреплен в точках 11 и 12. При повороте болта 9 рычагом 10 сегменты 1 и 2 заходят друг за друга, в результате чего диаметр опалубки уменьшается. Сегменты 1 и 2 при любом положении рычага 10 постоянно остаются скрепленными шарнирами 11 и 12.

В Швеции и Голландии были разработаны опалубки с механизированным перемещением их по стволу. Опалубки представляют собой цилиндр высотой 1—1,1 м, состоящий из отдельных секций. Перемещение опалубок осуществляется с помощью системы домкратов. Для направления движения опалубок в стволе подвешивают две распорные платформы, между которыми натягивают канаты либо устанавливают стержни. Из-за сложности эти типы опалубок распространения не получили.

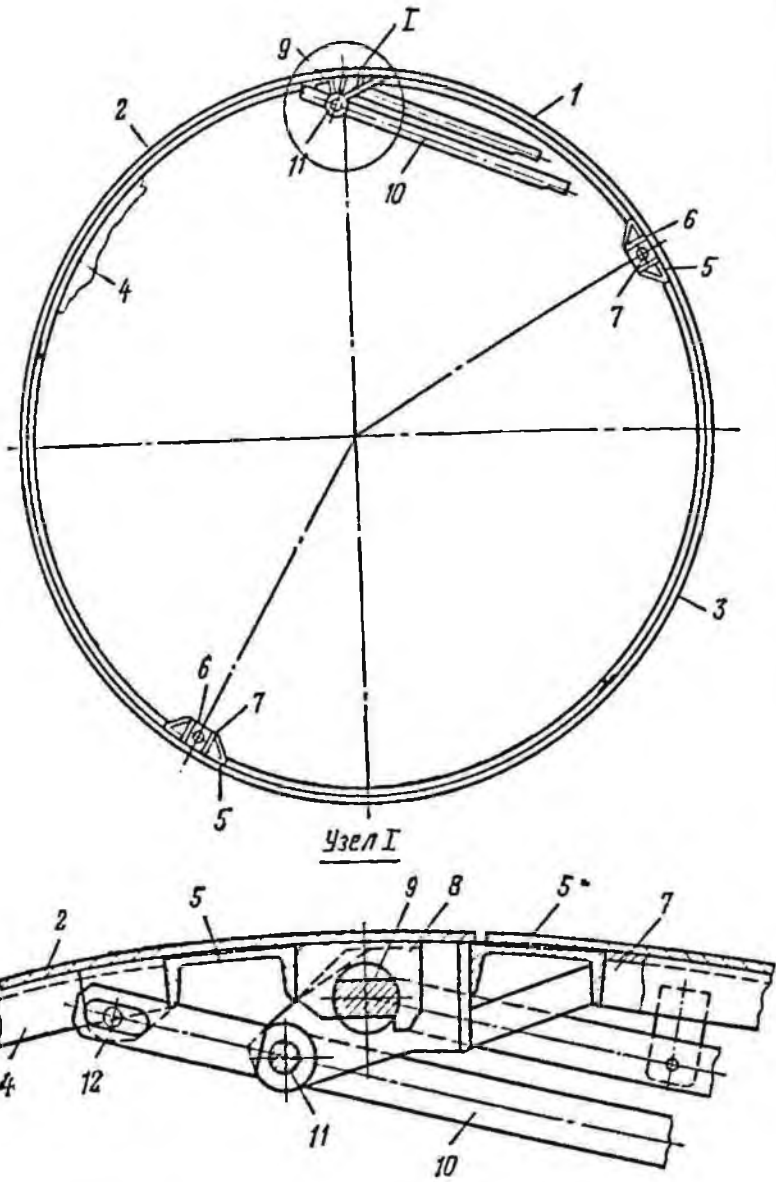


Рис. 48. Опалубка секционная, применяемая в ФРГ

Подвеска опалубки. Перемещение опалубки по стволу осуществляется преимущественно с помощью лебедок, устанавливаемых на поверхности; значительно ре-

же опалубки перемещаются совместно с подвесным проходческим полком, к которому они подвешиваются стальными тросами.

Грузоподъемность лебедок для подвески опалубок выбирают в соответствии с массой опалубки и каната и глубиной ствола.

Подвеска опалубок может быть выполнена по следующим вариантам.

I вариант — обычная подвеска, установленная на верхнем кольце каркаса опалубки, канат при этом охватывает коуш и закрепляется жимками. Этот тип подвески применяется в стволах с обычным креплением без оставления ниш в бетоне под расстрелы.

II вариант — подвеска через вертлюг, который предотвращает разворот опалубки в стволе при перестановке ее на следующую заходку. Применяется в тех случаях, когда крепление ствола производится с оставлением ниш под расстрелы.

III вариант — подвеска выполнена через полиспаст, блок которого устанавливается на верхнем кольце каркаса, а неподвижный конец каната лебедки крепится к нулевой раме (применяется при глубине ствола 300—400 м) или к балкам, заделанным в постоянную крепь (при глубине ствола более 400 м). Этот вариант подвески применяется при углубке стволов, когда отсутствуют лебедки соответствующей грузоподъемности и канатоемкости, а также на стесненных шахтных площадках.

Оборудование для подачи бетона за опалубку. Поддачу бетонной смеси по стволу осуществляют с помощью металлических труб или бадей. Последние применяют редко, так как эффективность их использования может быть оправдана при небольших глубинах стволов и малых объемах работ. Подвеска става металлических труб в стволе осуществляется по одному из двух вариантов. По одному варианту став металлических труб подвешивают на лебедках с помощью канатов и хомутов, по другому варианту трубы подвешивают к постоянной крепи или расстрелам постоянной армировки (в случае параллельного ведения этих работ). Оборудование для спуска бетонной смеси за опалубку по первому варианту состоит (рис. 49) из приемного бункера, приемной воронки с телескопической трубой, металлического бе-

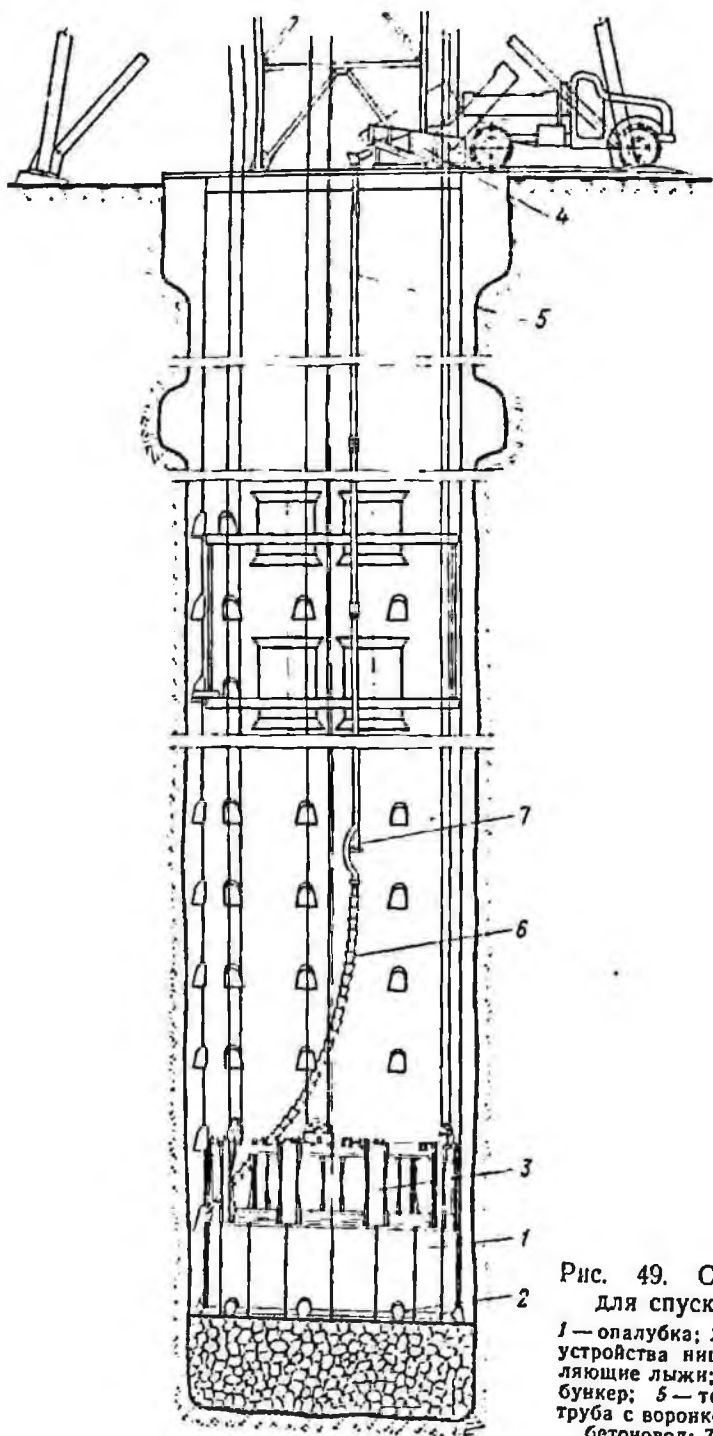


Рис. 49. Оборудование для спуска бетона:
 1 — опалубка; 2 — коробка для устройства ниш; 3 — направляющие лыжи; 4 — приемный бункер; 5 — телескопическая труба с воронкой; 6 — гибкий бетоновод; 7 — гаситель

тоновода, тупикового гасителя, предназначенного для уменьшения скорости движения бетона при выходе из става, и гибкого бетоновода, состоящего из набора конусных патрубков, шарнирно соединенных между собой. Характеристика оборудования подачи бетонной смеси за опалубку на один бетоновод приведена в табл. 15.

Таблица 15

Оборудование	Количество и др. показатели	Масса подвешиваемого оборудования на 100 м ствола, кг
Число бетоноводов	1	2986
Диаметр трубы, мм	154/168	—
Число тупиковых гасителей	1	86,5
Емкость приемного бункера, м ³	1,5	—
Пропускная способность бетоновода, м ³ /мин	0,3—0,5	—
Гибкий бетоновод, шт.	1	175,0
Крепежные элементы (хомуты, болты, гайки), компл.	20	88,9
Всего		3336,4

Привозимый к стволу бетон разгружается в приемный бункер. Из приемного бункера, наклоняемого с помощью лебедки ЛП-5, бетон через приемную воронку поступает по трубам в тупиковый гаситель и в гибкий бетоновод, а из него за опалубку, к месту укладки.

Наращивание става труб, подвешенного на канатах, производят с нулевой площадки. Для этого в верхней части бетоновода устанавливают воронку с телескопической трубой, имеющей длину на 500—800 мм больше основной трубы. После укладки бетона на длину телескопической трубы (10 м) производят установку новой основной трубы. Став трубы должен подвешиваться вертикально при равномерном натяжении канатной подвески. Соосность става труб проверяют по отвесу во избежание преждевременного их износа. Подачу бетонной смеси по трубам производят непрерывно. При вынужденных перерывах более 20—25 мин, а также после окончания работ по спуску бетонной смеси став труб необходимо промыть водой, а затем пропустить через него сухой щебень крупностью 25—40 мм. Каждая порция бе-

тона (емкость приемного бункера) должна подаваться в бетоновод только по сигналу с забоя. Недопустимо подавать очередную порцию бетонной смеси, если предыдущая порция не поступила за опалубку.

По второму варианту подвески труб для спуска бетонной смеси оборудование состоит из тех же узлов, которые перечислены в первом варианте, за исключением телескопической трубы. Гибкий бетоновод подвешивают на лебедке типа ЛКС-3. Нарастивание става труб, подвешенного к постоянной крепи, производят с проходческого полка. В остальном все работы по спуску бетонной смеси за опалубку ведутся аналогично первому варианту.

Организация работ по креплению. Широкое внедрение металлических створчатых опалубок предопределило несколько технологических схем возведения монолитной бетонной крепи, которые отличаются друг от друга рабочим расположением опалубки в стволе и в связи с этим соответствующей организацией горнопроходческих работ.

При использовании такие опалубки устанавливаются непосредственно на забой, на некоторой высоте над забоем или на взорванную породу.

Характерной особенностью первой схемы, при которой опалубку размещают непосредственно на забое, является последовательное выполнение работ по выдаче породы и возведению крепи (последовательный способ проходки). Достоинство этой схемы в том, что опалубка, будучи установленной на забой, одновременно выполняет роль защитного щита-оболочки, перекрывающего обнаженную призабойную часть ствола. При этой схеме также возможно применение опалубки без поддона, что упрощает ее конструкцию и создает лучшие условия для отрыва от бетона при перестановке на новую заходку. К недостаткам следует отнести последовательное выполнение работ по выдаче породы и возведению крепи, что увеличивает продолжительность цикла работ и снижает технические и экономические показатели проходки.

При установке опалубки на некотором удалении от забоя имеется возможность одновременно вести процессы уборки породы и возведения крепи (параллельный способ проходки). Этот способ был успешно применен в

Операции	Затрачиваемая мощность в СМ/ч и - м/ч	Часы							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		10 30	10 30	10 30	10 30	10 30	10 30	10 30	10 30
Отрыв опорного кольца от опалубки и снятие поддона	0-30	█							
Спуск опорного кольца с обрешетки породных стенок	1-00	█	█						
Центровка опорного кольца и настилка поддона	1-00		█	█					
Спуск и установка опалубки	1-00			█	█				
Бетонирование опалубки нижнего опорного кольца	0-30				█				
Твердение опорного слоя (выдержка)	1-00				█	█			
Испытательная часть опалубки с павильной	2-30					█	█	█	
Твердение верхнего слоя бетона (до отрыва опалубки)	3-00	█	█	█				█	

Рис. 50. График организации работ по возведению монолитной бетонной крепи при проходке вентиляционного ствола на шахте № 17—17-бис

Донбассе на рекордных проходках стволов шахт № 29 и «Пролетарская-Глубокая», где были достигнуты высокие технические и экономические показатели. Недостатком этой схемы является наличие щита-оболочки, вызывающего определенные трудности его передвижения влед за забоем.

По третьей схеме опалубку устанавливают в призабойной части непосредственно на взорванную породу (совмещенный способ). Это позволяет частично совместить процесс уборки породы и возведения крепи и получить достаточно высокие результаты проходки ствола. Эта схема получила наибольшее распространение. При выборе схемы размещения опалубки прежде всего учитывают геологические и горнотехнические условия проходки, оснащение ствола, поверхности и др.

Возведение монолитной бетонной крепи осуществляется по графику организации работ, который составляется в полном соответствии со всеми процессами горнопроходческого цикла. Трудовые затраты по каждой операции в пересчете на 1 м³ уложенного бетона при проходке главного ствола шахты «Красный партизан» треста Ворошиловградшахтопроходка приведены в табл. 16. Диа-

Таблица 16

Операции	При подаче смеси по одному бетоноводу			При подаче смеси по двум бетоноводам		
	Затраты труда, чел.-мин	Затраты труда на 1 м³ бетона, чел.-мин	Затраты времени, мин	Затраты труда, чел.-мин	Затраты труда на 1 м³ бетона, чел.-мин	Затраты времени, мин
Разравнивание породы в забое перед спуском опалубки	55,0	1,037	13,58	51,0	0,718	12,8
Раскручивание форкопфов и отрывание створок от ранее забетонированной заходки	120,0	2,263	30,00	72,0	1,191	18,0
Спуск и установка опалубки	68,0	1,282	17,00	51,5	0,703	12,9
Проверка правильности установки и центрирование опалубки по отвесу и шаблону	113,0	2,131	28,25	121,5	1,736	30,4
Подсыпка породы к опалубке	33,0	0,622	8,25	58,5	0,247	14,7
Спуск бетоновода	21,0	0,395	5,25	33,2	0,474	8,3
Установка гибкого бетоновода	24,0	0,453	6,00	37,2	0,531	9,3
Укладка бетонной смеси за опалубку с разравниванием и уплотнением ее	1825,5	34,429	456,27	1343,0	19,186	335,8
Передвижка бетоноводов в процессе работы	27,5	0,519	6,90	117,5	1,679	29,4
Прочие подготовительно-заключительные операции, подъем и опускание центрального отвеса, промывка бетоноводов	123,0	2,318	30,70	193,9	2,770	48,5
Всего	2410	45,449	602,5	2079,3	29,824	519,8

метр ствола в свету 7 м, в проходке — 7,8 м, пересекаемые породы — песчано-глинистые сланцы III категории, приток воды — до 6 м³/ч. Спуск бетона осуществляется по бетоноводу диаметром 173 мм; объем бетона на одну заходку составлял 53 м³; работы по креплению осуществляла бригада проходчиков в составе четырех человек.

В табл. 16 также приведены затраты труда на выполнение тех же операций при спуске бетонной смеси по двум бетоноводам. Данные получены при проходке вспомогательного ствола шахты «Красный партизан» диаметром в свету 8,0 м, в проходке — 8,8 м. Опалубка имела рабочую высоту 4 м, объем укладываемой бетонной смеси на один цикл составлял 69,6 м³, бригада на креплении состояла из четырех человек. Отобрав породу на высоту опалубки, бригада рабочих производила ее разравнивание, спуск и центрирование опалубки. Затем два проходчика производили подкидку породы под опалубку, а два занимались спуском и заводкой бетоноводов за опалубку. После выполнения этих работ два проходчика выезжали на поверхность и участвовали в спуске бетонной смеси по бетоноводам, а два укладывали бетон за опалубку, разравнивали и уплотняли его, переносили гибкие бетоноводы. Во всех случаях при укладке бетона за опалубку производят его уплотнение с помощью погружных вибраторов.

Из приведенных данных следует, что на этих проходках затраты времени на укладку бетонной смеси при одном бетоноводе составляют 75% и при двух бетоноводах — 64,4% от общих, а интенсивность работ по укладке бетонной смеси за опалубку составляет 7 и 12,2 м³/ч. При увеличении объема укладываемой за цикл бетонной смеси удельные трудовые затраты на выполнение отдельных операций сокращаются.

Имея данные по трудовым затратам и абсолютному времени на выполнение отдельных операций, можно построить циклограмму работ по возведению крепи. На рис. 50 показана циклограмма работ по возведению монолитной бетонной крепи с опалубкой высотой 5,1 м при рекордной проходке вентиляционного ствола шахты № 17—17-бис в 1969 г. Проходка ствола осуществлялась параллельно-щитовым способом. Одновременно с проходкой ствола производились работы по возведению постоянной крепи из монолитного быстротвердеющего бетона марки 200, приготовленного на сульфатостойком цементе.

Бригада по возведению постоянной крепи состояла из четырех человек. Графиком работ предусматривалось возведение бетонной крепи за сутки на участке ствола протяженностью 15 м. Цикл работ по креплению начи-

нался с отрыва и спуска поддона на очередную заходку. После этого на поддон укладывали деревянный настил и производили пакотаж всех зазоров. Для точного фиксирования высоты новой заходки поддон с опалубкой соединяли мерными цепями, длина которых соответствовала высоте заходки. Затем опалубку опускали на поддон и приступали к возведению крепи.

Бетонная смесь подвозилась автосамосвалами от районного бетонного узла, расположенного на расстоянии 4 км от шахты, и подавалась за опалубку по двум металлическим трубопроводам диаметром 150 мм, подвешенным на канатах. После укладки первых 10—12 м³ бетона работы прерывались на 1 ч для твердения бетонной смеси в нижней опорной части. После этого бетон укладывали на полную высоту опалубки. За одну заходку высотой 5 м укладывалось примерно 40 м³ бетона. В среднем цикл работ по креплению заходки занимал 9 ч. На проходке этого ствола была достигнута скорость 401,3 м за тридцать рабочих дней; производительность труда по креплению на одного проходчика в смену составила 5,2 м³ готового ствола.

В апреле 1970 г. на шахте «Бутовка-Донецкая» при проходке вертикального ствола со скоростью 220,1 м/мес была достигнута производительность труда, составившая 7 м³ готового ствола в свету на каждого члена бригады за шестичасовую смену. Проходку осуществляли параллельно-щитовым способом с помощью комплекса ДШП-1; толщина бетонной крепи — 500 мм, диаметр ствола в свету — 6 м. Для спуска бетонной смеси использовали два бетоновода диаметром 150 мм, подвешенных на канатах с помощью лебедок 2ЛП-18. Объем укладываемого бетона за один цикл составлял примерно 45 м³. Для возведения крепи была применена металлическая опалубка рабочей высотой 4 м. Графиком работ по креплению было предусмотрено выполнение в сутки двух циклов, что обеспечивало возведение в стволе 8 м крепи. На креплении была занята бригада в количестве трех-четырёх проходчиков. Цикл операций по креплению и технология их выполнения были такими же, как и в предыдущем примере; бетонная смесь подвозилась автосамосвалами от районного бетонного узла, расположенного в 16 км от шахты.

Представляет интерес организация работ по возведе-

нию бетонной крепи при скоростных углубках стволов.

В 1972 г. в тресте Бокситстрой на углубке клетевого ствола шахты № 15—15-бис за 31 рабочий день было сооружено 43,5 м ствола. Ствол имел диаметр в свету 6,5 м, приток воды — 3 м³/ч; породы представлены песчаниками, глинистыми сланцами, алевролитами, аргиллитами с коэффициентом крепости 4—8 по шкале проф. М. М. Протодьяконова. Для возведения крепи бетонную смесь подвозили автосамосвалами по оперативному графику с бетонно-растворного узла, расположенного на расстоянии 6 км от шахты, и опускали на гор. 230 м по бетоноводу через специальную скважину. На одну заходку высотой 3 м укладывали 40 м³ бетона. На подготовительные работы, связанные с опусканием призабойной опалубки, ее центрированием и установкой поддона, в среднем затрачивали 4,5 ч. Непосредственно на креплении была занята бригада проходчиков, состоявшая из шести человек, при этом два проходчика укладывали бетонную смесь за опалубку, двое других принимали бетонную смесь из скважины в вагонетку, транспортировали ее до ствола и подавали в бетоновод; остальные два проходчика на поверхности принимали бетонную смесь с автосамосвалов и подавали в скважину. В среднем цикл работ по креплению одной заходки продолжался 6 ч.

Затраты времени (мин) на один цикл углубки ствола при среднем подвигании забоя на 1,7—1,8 м

Спуск и подъем смеси	10
Бурение шпуров	290
Заряжание и взрывание шпуров	80
Проветривание забоя	30
Приведение забоя в безопасное состояние	60
Уборка породы с зачисткой почвы	600
Подготовительные работы к бетонированию (опускание призабойной опалубки, установка поддона, центрирование и др.)	270
Возведение крепи	360
Опускание полка и наращивание труб	100
Всего	1860

§ 4. КРЕПЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НАБРЫЗГБЕТОНОМ

Общие сведения и область применения. Способ бетонирования горных выработок набрызгбетоном состоит в

том, что с целью возведения плп ускорения конструкций крепи на поверхность пород с помощью сжатого воздуха наносятся быстросхватывающиеся и быстротвердеющие бетонные смеси. Безопалубочное бетонирование является качественным развитием известного способа торкретирования. В горной промышленности торкрет-бетон применяют с 1914 г. для устройства защитных покрытий от выветривания пород, гидроизоляционных покрытий, противопожарных и вентиляционных перемычек, предохранения крепей: деревянной от гниения, металлической от коррозии и т. п. В 1924—1930 гг. торкрет-бетон применяли при восстановлении выработок шахт Донбасса. Академик А. А. Скочинский высоко оценил возможности и перспективность способа торкретирования применительно к креплению горных выработок. Наличие в торкрет-бетоне только песчаных фракций (крупностью не более 7—8 мм) ограничивает его применение при возведении несущих конструкций.

Усовершенствование конструкций машин для набрызга и применение специальных вяжущих позволили, начиная с пятидесятых годов, применять для набрызга не растворные, а бетонные смеси. Набрызгбетонная смесь состоит из цемента, песка, щебня (гравия) крупностью до 40 мм, ускорителя схватывания и твердения и затворяется водой на выходе из сопла.

Достоинствами безопалубочного бетонирования является непрерывность и высокая степень механизации процесса набрызга. Эти положительные стороны нашли свое продолжение при совершенствовании способа. Технологической особенностью безопалубочного бетонирования является совмещение и взаимозависимость элементов процесса, состоящая в том, что крепь возводится машинной, которая одновременно транспортирует и приготовляет бетонную смесь в процессе набрызга. Конструктивной особенностью крепей из набрызгбетона является использование несущей способности горных пород, что предопределяет уменьшение размеров крепи и поперечного сечения закрепляемых выработок. Отскок части материалов и пылеобразование в процессе набрызга сопутствуют этому способу работ и являются усложняющими факторами.

За рубежом безопалубочное бетонирование находит значительное применение в Австрии, ФРГ, Швейцарии

и США. Наибольшая часть выполняемого объема работ приходится на тоннельное строительство — гидротехническое, железнодорожное и автодорожное. Так, в Австрии большая часть выполняемых объемов работ приходится на гидротехнические и железнодорожные тоннели (Каунерталь, Прутц-Имст, Шварцах, Караванкан и др.), пройденные в малоустойчивых породах (коэффициент крепости 1—3 по шкале проф. М. М. Протодьяконова). Тоннели крепили набрызгбетоном в сочетании с металлическими сетками, арочной крепью, штангами, монолитным бетоном и др.

В течение последних десяти лет в Италии, Швейцарии, США, ФРГ, Перу, Венесуэле и в других странах построен ряд крупных автодорожных тоннелей большого сечения, где набрызгбетон находит самостоятельное применение и в сочетании с другими крепями. На руднике «Гейер» (ФРГ) крепь из набрызгбетона толщиной 5 см применяли как временную, возводимую непосредственно в забое, она же на удалении 40—50 м от забоя усиливалась до толщины 12—15 см. Представляет интерес крепление железнодорожных тоннелей в Лансберге (Австрия), где набрызгбетон применяли как временную и постоянную крепь для раскрытия сечения площадью 50—100 м². В горнорудной промышленности набрызгбетон используют самостоятельно и в составе комбинированных крепей. Так, на железных рудниках в Штирии (Австрия) набрызгбетон применяли для крепления околоствольных и главных откаточных выработок. На марганцевых рудниках набрызгбетон применяли для изоляции глинистых сланцев от влаги воздуха, усиления деревянной крепи, которую невозможно заменить, и как самостоятельную крепь. В ФРГ на одной из угольных шахт был применен набрызгбетон при креплении околоствольного двора, пройденного по песчаникам и песчаным сланцам. На другой шахте в этих же условиях набрызгбетоном был закреплен полевой штрек. Там же на ряде шахт набрызгбетон применяли самостоятельно и в сочетании с другими крепями при креплении водосборников сечением до 15 м².

В ЧССР набрызгбетон применяли для изоляции в газообильных выработках. В Англии набрызгбетоном крепили выработки, пройденные по углю.

По мнению зарубежных специалистов, набрызгбетон

не может противостоять значительным сдвигениям пород, вызываемых влиянием очистных работ, но он может найти применение в качестве первичной крепи в капитальных выработках в зоне влияния очистных работ, в штреках, проведенных по пласту при обратном порядке отработки шахтного поля, при проведении выработок с опережением лавы. При необходимости эта крепь может быть усилена металлическими арками и т. п.

В СССР начало промышленного использования безопалубочного бетонирования для крепления горных выработок относится к 1958—1960 гг. Наибольшее использование оно находит в горнорудной промышленности: на железорудных месторождениях Кривого Рога и Урала; на рудниках цветной металлургии, на которых ежегодно крепится свыше 50 км горизонтальных выработок. Эти месторождения в основном представлены устойчивыми породами ($f \geq 4-5$) и выработки крепятся одним набрызгбетоном или в сочетании со штанговой крепью, металлической сеткой и др.

Больше всего безопалубочное бетонирование применяют в капитальных и подготовительных выработках. Так, из пройденных и закрепленных в Кривбассе в 1967 г. 48,1 км выработок набрызгбетоном закреплено 25,1 км, или свыше 52%. На Дзержинском комбинате набрызгбетон применяли в очистных камерах для крепления пород, склонных к выветриванию, в сочетании со штанговой крепью. Безопалубочное бетонирование широко применяют при сооружении гидротехнических и железнодорожных тоннелей. Так, на Нурекской ГЭС было закреплено набрызгбетоном свыше 250 тыс. м² выработок.

Представляет интерес опыт применения набрызгбетона в угольных шахтах. При сооружении порожняковой ветви скипового ствола на шахте им. Ленина (производственное объединение Ростовуголь) применяли штанговую крепь в сочетании с набрызгбетоном. На шахте № 30 объединения Воркутауголь на гор. 428 м были закреплены временной и постоянной крепью из набрызгбетона однопутный заезд сечением 6,1 м² в свету и сбойка между грузовым и порожняковым квершлагом; участки пройдены в породах средней крепости (алевролиты и трещиноватые песчаники). На шахте им. Карла Маркса (трест Горловскуглестрой) на гор. 750 м закреплено набрызгбетоном 86 м порожняковой ветви

угольного опрокида сечением $12,5 \text{ м}^2$ в проходке. На шахте «Александров-Запад» закреплено 197 м квершлага гор. 250 м сечением 7 м^2 в проходке. Коэффициент крепости пересекаемых пород составлял 4—10 по шкале проф. М. М. Протодьяконова. Около 500 м выработка закреплено набрызгбетоном в сочетании с другими видами крепей на шахте № 10/16 объединения Приморскуголь. Все перечисленные выработки закреплены бетономашинной БМ-60.

Разновидностью безопалубочного бетонирования является набрызг на поверхность готовых растворных и бетонных смесей («мокрый» способ). По этому способу непосредственно в бетономашине производится затворение смеси водой или в нее загружаются предварительно затворенные смеси. Для «мокрого» способа характерна меньшая дальность подачи смеси и меньшая толщина слоя набрызга. Вместе с тем он почти полностью исключает пылеобразование на месте работ.

Обобщение и анализ применения безопалубочного бетонирования в горном деле подтверждают целесообразность его применения для крепления горных выработок, создания покрытий (гидроизоляционных, огнестойких, газонепроницаемых и др.), укрепления трещиноватых пород, усиления и ремонта крепей, снижения шероховатости необлицованных выработок и др.

Анализ опыта подтверждает, что набрызгбетон целесообразно применять для крепления горных выработок, не подверженных влиянию очистных работ, как самостоятельный вид крепи, а при более слабых породах — в сочетании с другими видами — штанговой, металлической сеткой, металлическими арками и др. Параметры возводимой крепи уточняются в зависимости от крепости, трещиноватости и водообильности вмещающих пород. В сравнении с другими видами крепей возведение набрызгбетонной крепи менее трудоемко и ее применение экономически оправдано. Крепление выработок набрызгбетоном позволяет повысить безопасность ведения горных выработок, поскольку оно может применяться непосредственно вслед за проходкой.

Строительно-технические свойства набрызгбетона. Технологические особенности безопалубочного бетонирования оказывают существенное влияние на строительно-технические свойства набрызгбетона. Прочностные по-

казатели набрызгбетона в наибольшей степени зависят от активности цемента и добавки ускорителя, сроков схватывания и твердения бетона, водоцементного отношения и качества нанесения. Процесс набрызга позволяет уплотнить наносимую смесь, заполнить трещины, обеспечить его сцепление с поверхностью пород и этим обеспечить совместную работу крепи и вмещающего породного массива.

Прочность набрызгбетона на сжатие, по данным ряда авторов, колеблется в месячном возрасте в пределах $120—350$ кгс/см² и более. По данным ряда фирм в США, прочность образцов на сжатие составляла около 700 кгс/см², на изгиб — $41—92$ кгс/см²; модуль упругости находится в пределах $18 \cdot 10^4—41 \cdot 10^4$ кгс/см²; усадка и ползучесть набрызгбетона близки к нормам обычного бетона; водопоглощение составляет около 8%. Наибольшие прочности получены при водоцементном отношении $0,27—0,30$.

По данным Б. Н. Кузина, прочность набрызгбетона на сжатие составляет $200—300$ кгс/см², прочность на растяжение — $26—35$ кгс/см²; модуль упругости находится в пределах $20 \cdot 10^4—23,5 \cdot 10^4$ кгс/см²; водонепроницаемость соответствует требованиям В-6 — В-8. Можно предполагать, что участие воздуха в процессе изготовления набрызгбетона положительно влияет на такие его свойства, как морозостойкость и прочность.

Ряд исследований показал, что применение добавок-ускорителей неодинаково влияет на такие показатели набрызгбетона, как прочность на сжатие и растяжение, изгиб, модуль упругости и усадку. Так, по данным проф. А. В. Саталкина, усадка образцов при различных добавках колебалась от $0,4$ до $1,65$ мм на 1 м длины. По данным Б. Н. Кузина, она составляет $0,3—0,5$ мм. Многие зарубежные авторы отмечают, что введение в состав бетонной смеси патентованных добавок уменьшает прочность набрызгиваемого бетона до 30%. Величина сцепления набрызгбетона с вмещающими породами зависит от ряда факторов, в том числе и от химического взаимодействия, и составляет $10—40$ кгс/см².

Различны мнения о прочности и водонепроницаемости набрызгбетона. Р. Линдер утверждает, что в нем содержится больше пустот, чем в любом другом бетоне; иного мнения придерживается Б. Н. Кузин и другие авторы.

Представляют интерес полученные в США сравнительно высокие прочностные набрызгбетона (до 420 кгс/см²) с применением керамзита и других легких заполнителей. В 1962—1966 гг. Г. В. Лебедевой были проведены работы по набрызгу с применением гранулированных металлургических шлаков в качестве крупного заполнителя. Применение легких заполнителей позволило повысить сульфатостойкость крепи из набрызгбетона и значительно уменьшить его отскок.

Таким образом, параметры набрызгбетона, используемого в сооружении, должны быть уточнены лабораторными и производственными исследованиями. Стандартов и норм для набрызгбетона в Советском Союзе и за рубежом не имеется; переход к расчетным и нормативным характеристикам производят по аналогии с обычным бетоном.

Бетономашины и комплексы для набрызгбетона. Принципиальные схемы находящихся в применении машин по их конструктивному исполнению можно свести к трем основным группам: камерные, роторные и шнековые.

В СССР наибольшее распространение нашли камерные машины. На рис. 51 показана конструктивная схема двухкамерной машины БМ-60. Верхняя камера служит шлюзом 1, а нижняя 2 — рабочей камерой. Рабочая камера в процессе работы находится под давлением, в то время как из шлюзовой камеры перед ее загрузкой смесь сжатый воздух стравливается. Обе камеры закрываются колоколообразными клапанами 3, снабженными рукоятками. В нижней части рабочей камеры находится распределительная тарелка-дозатор 4, приводимая в движение через червячную передачу пневматическим или электрическим мотором. Ячейки дозатора, заполняясь бетонной смесью, равномерно проносят порции смеси над отверстием расположенного в нижней части машины отводящего патрубка, соединенного с материальным шлангом 5. Проходя над патрубком, под действием силы тяжести ячейки дозатора поочередно опорожняются от смеси, которая струей сжатого воздуха направляется по материальному шлангу к соплу. В смесительной камере сопла 6 сухая смесь смачивается водой и, вылетая из сопла с большой скоростью, покрывает закрепляемую поверхность. Давление воды, подводимой в смесительную камеру, несколько выше (на

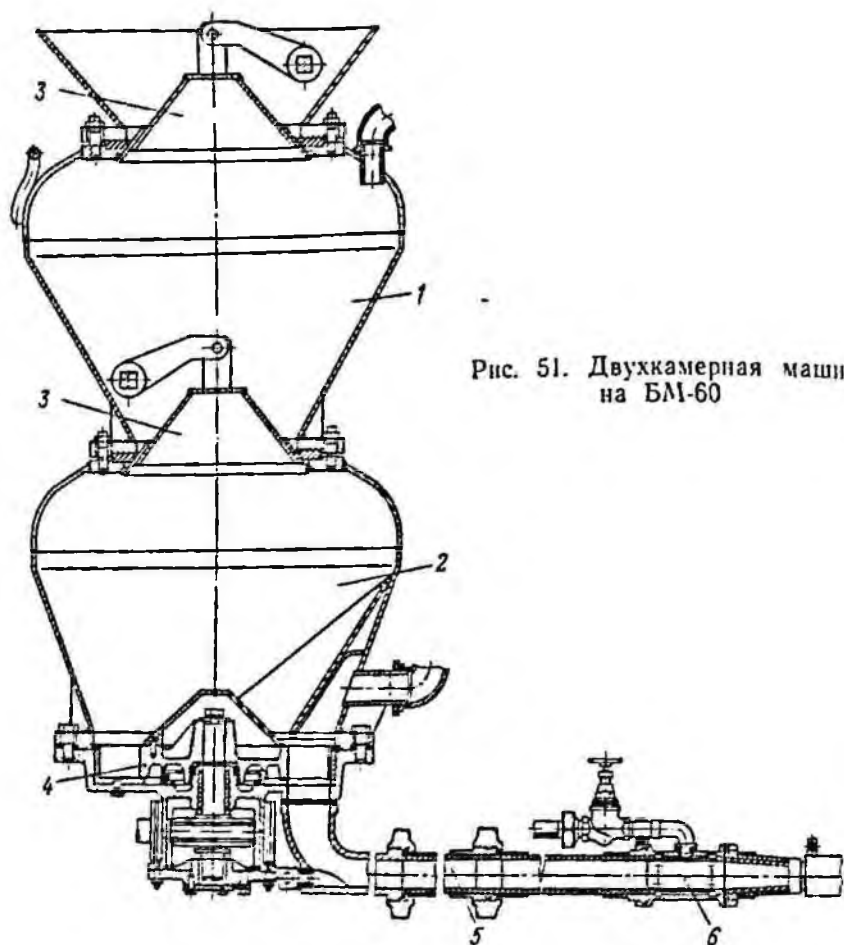


Рис. 51. Двухкамерная машина БМ-60

0,6—1 кгс/см²) давления воздуха. Наличие в машине двух емкостей обеспечивает цикличность работы, близкую к непрерывной. Недостатками камерных машин являются небольшая емкость камеры (120—150 л), требующая частого переключения и стравливания воздуха, смешанного с цементной пылью. Разновидностью камерных машин являются однокамерные. Однокамерные машины (рис. 52) имеют емкость камеры в несколько раз большую, чем двухкамерные, поэтому требуют в работе меньшее число переключений. Камерным машинам, конструктивно несложным, свойственны такие недостатки, как значительная масса, значительная высота загрузки и зависание смеси на стенках емкостей.

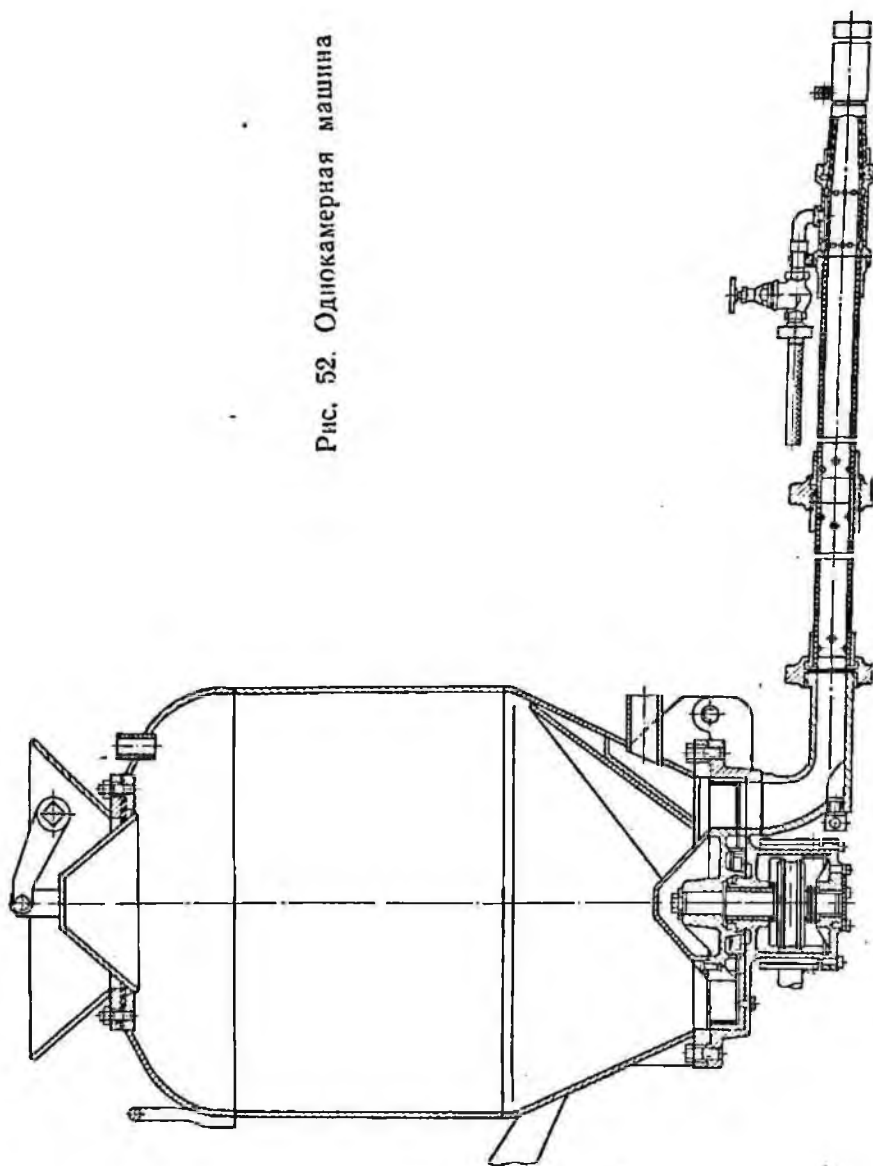


Рис. 52. Однокамерная машина

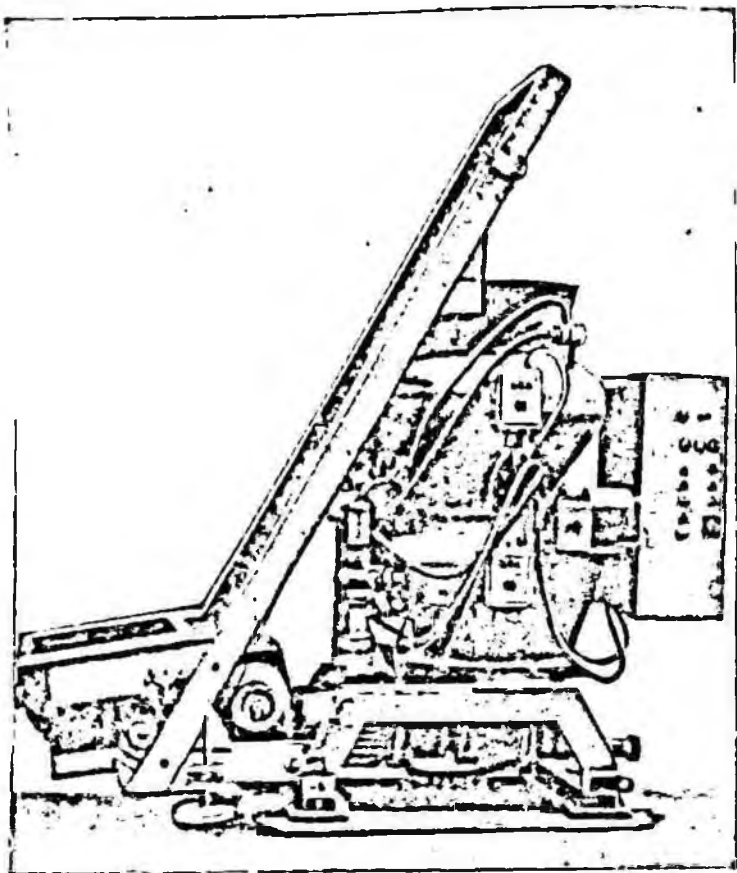


Рис. 53. Машина С-702

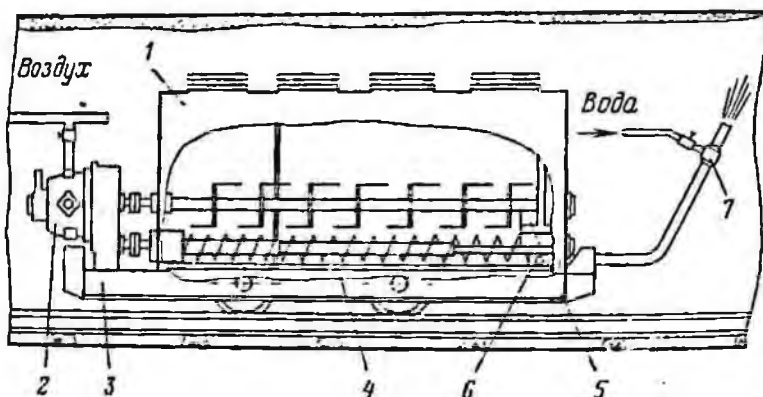


Рис. 54. Машина ПБМ:

1 — емкость; 2 — привод; 3 — рама; 4 — дозирующие шнеки; 5 — побудитель;
6 — пневматическая камера; 7 — смеситель

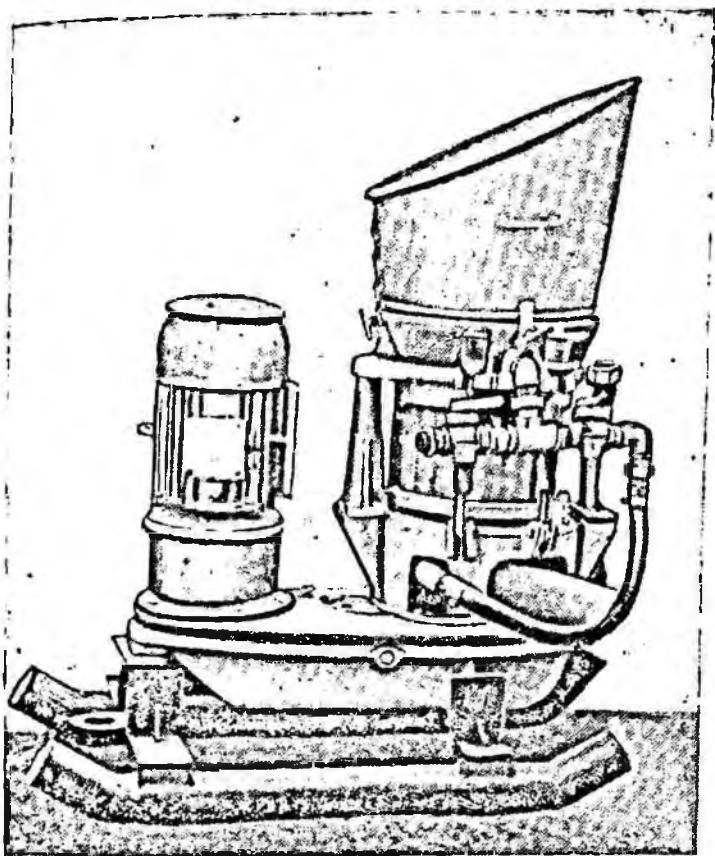


Рис. 55. Машина БМ-68

В СССР с 1960 г. изготавливаются одно- и двухкамерные машины С-1013 (БМ-60) и С-702 (рис. 53).

За рубежом машины камерного типа изготавливаются: в ФРГ, ГДР, ЧССР, Швейцарии, Англии, Италии и США.

Основные данные ряда отечественных и зарубежных машин приведены в табл. 17.

Стремления устранить недостатки, присущие камерным машинам, привели к созданию машин с камерами большой емкости. Так, Криворожским филиалом ВНИИОМШСа разработана машина с емкостью камеры 3 м³ (рис. 54). Аналогичного типа машины выпускает фирма «Мюльхойзер» в ФРГ.

Конструктивно более сложными являются роторные машины. Основу машины БМ-68 (рис. 55) составляет

дозатор, который состоит из вращающегося барабана, зажатого между неподвижным верхним и нижним уплотнительными дисками. Нижний диск снабжен одним разгрузочным окном и закреплен к основанию дозатора, к которому также прикреплен выходной патрубок. Верхний диск закреплен к крышке дозатора и снабжен одним продолговатым загрузочным проемом и системой продувочных щелей и отверстий. С помощью выступающих кулаков крышка дозатора фиксируется в неподвижном положении на кронштейнах основания. Четыре стяжных винта создают уплотнение между торцами барабана и уплотнительными дисками. На крышке дозатора установлена загрузочная воронка с ситом, внутри которой вращается побудитель, прикрепленный к оси барабана. За разгрузочным окном по ходу вращения барабана в уплотнительных дисках, а также в основании и крышке дозатора имеются отверстия для выхода в атмосферу сжатого воздуха из опорожненных ячеек барабана. К одному из отверстий основания дозатора прикреплен лоток для отвода частиц материала, оставшихся в ячейке барабана после опорожнения.

Сжатый воздух из магистрали подводится к выходному штуцеру пневмосистемы и затем через крышку дозатора поступает к продувочным щелям для продувки и разгрузки ячеек барабана. Через выходной патрубок бетонная смесь попадает в материальный шланг, на конце установлено сопло, в котором происходит перемешивание сухой смеси с водой. Основание дозатора прикрепляется к верхней части редуктора, на выходном валу которого установлен барабан дозатора. Корпус редуктора служит одновременно несущей рамой для всей машины. Передняя часть корпуса редуктора опирается на поворотное устройство с дышлом и передней парой ходовых колес. Два задних колеса устанавливаются на корпусе редуктора. Машина приводится в движение от двухскоростного электродвигателя через дисковую муфту включения, установленную на входном валу редуктора. Электродвигатель прикрепляется своим фланцем к основанию дозатора.

При работе машины БМ-68 конвейером или из бункера сухая бетонная смесь непрерывно подается через сито в загрузочную воронку. Вращающийся побудитель препятствует зависанию смеси в воронке. Через загруз-

зочные проемы в крышке дозатора и верхнем уплотнительном диске материал под собственным весом заполняет ячейки барабана. При вращении дозатора заполненные смесью ячейки подводятся к разгрузочному устройству, где под действием сжатого воздуха материал выдувается в выходной патрубок. Струей сжатого воздуха из штуцера, расположенного в тыльной части выходного патрубка, смесь подхватывается и направляется в материальный шланг и сопло, куда подводится вода для затворения бетонной смеси. Герметизация системы достигается прижатием резиновых уплотнительных дисков к торцам вращающегося барабана. Роторные машины конструктивно сложнее камерных, однако они обеспечивают непрерывную подачу смеси, имеют меньшую загрузочную высоту и не имеют емкостей под давлением.

При креплении выработок зачастую необходимо по горно-геологическим условиям отдельные участки закреплять монолитным бетоном, укладываемым за опалубку, бетонировать фундаменты и т. п. С этой целью камерные и роторные машины стали снабжаться сменными рабочими органами, позволяющими, не изменяя

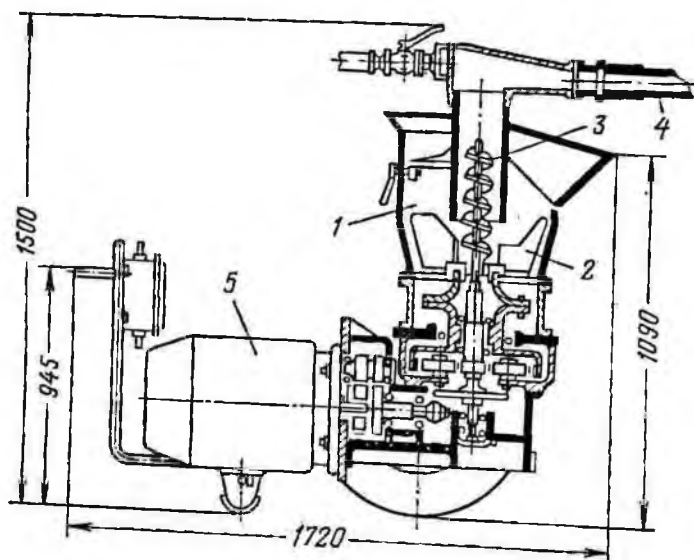


Рис. 56. Схема шнековой машины MTGC-22:
 1 — загрузочная камера; 2 — подгребающие лопасти; 3 — шнек; 4 — шланг;
 5 — мотор

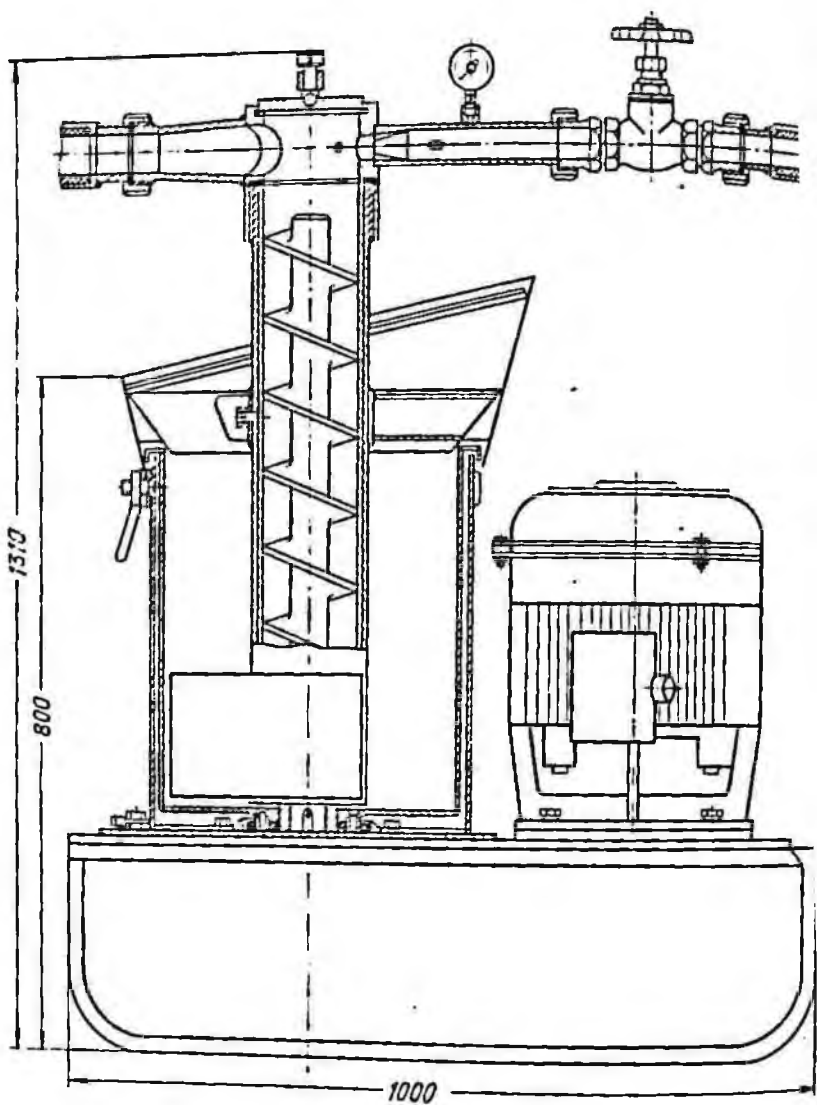


Рис. 57. Машина ТП-2

принятой технологии, выполнять эти работы и применять для этих целей более крупные фракции заполнителей. Применение сменных рабочих органов позволило расширить область применения бетономашин. Машина БМ-68 снабжена комплектом сменного оборудования, позволяющим использовать ее для перечисленных работ.

За рубежом машины роторного типа изготавливаются в Швейцарии фирмой «Алива» (модели 200, 300, 400 и 600), в ФРГ фирмой «Торкрет» (модель GM-57), в ЧССР (модель SSB-02у и SSB-03) и др.

Шнековая машина обеспечивает непрерывную работу по подаче смеси и имеет небольшую загрузочную высоту (рис. 56). Мощность двигателя шнековых машин в несколько раз больше, чем камерных и роторных. Недостатком машин этой группы являются прорывы сжатого воздуха при недостаточной загрузке приемной воронки машин. Преимуществом этих машин, как и роторных, является отсутствие в них емкостей, работающих под давлением. ВНИИЦветметом изготовлена партия машин типа ТП-2 в сочетании со смесительно-загрузочной установкой, характеристика которой приведена в табл. 17 (рис. 57). Шнековые машины типа BS-12 и MS-12, изготавливаемые фирмой «Алива», широкого распространения не получили. В СРР выпускается бетономашинка шнекового типа MTG-22, близкая по характеристике машине BS-12.

В применяемых бетономашинках затворение сухой бетонной смеси водой производится в камере смешения, расположенной у сопла на конце материального шланга. Это дает возможность рабочему, управляющему соплом, визуально регулировать количество вводимой воды. В камеру вода подается через кольцевой зазор, образуемый корпусом и втулкой. Во втулке имеются отверстия диаметром 0,5—1,2 мм, через которые вода проникает в смесь. Смачивание смеси осуществляется при прохождении ее через втулку камеры.

На рис. 58, а показано сопло конусного типа, которое находит наибольшее применение в Советском Союзе и Западной Европе. Благодаря сужению отверстия на выходе улучшаются условия перемешивания смеси с водой. В некоторых конструкциях для облегчения сопла вместо наружного металлического конуса устанавливается резиновая втулка (рис. 58, б).

Таблица 17

Показатели	СССР				ФРГ (фирма «БСМ»)					
	СБ-117	БМ-60	ПБМ	ТП-2	603	631	632	604/50	604/65	606
Производительность по сухой смеси, м ³ /ч:										
при торкретировании	1,5	3,0	4,0	2,0	4,0	1,5	2,0			
при набрызге		4,0			4,0			6,0	8,0	
при укладке за опалубку		4,0								8,0
Размер фракции заполнителя, мм	8	20	8	15	25	12	15	25	30	40
Внутренний размер матерьяльного шланга, мм	32	50	38—50	50	50	32	38	50	65	90
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	5	8—14		4—5	10	4,5	6	14	18	14—18
Давление сжатого воздуха, кгс/см ²	1,5—4	1,5—6		3—5		1,5—3,5			4—6	
Дальность транспортирования, м:										
по горизонтали	200	200		100		300			300	
по вертикали	70	100		40		100			100	
Мощность электропривода, кВт	4,5	4,5		7,0		3,0				
Мощность пневмопривода, л. с.		3,0	20							
Основные размеры, мм:										
высота	1550	1600	1780	1000		1630			1850	
ширина	1000	1100	1320	540		1000			1200	
длина	1500	1740	4313	1160		1650			1900	
Масса, кг	850	1000		470		700			1060	
Конструктивное исполнение машины	Роторная	Камерная	Шнековая						Камерная	

Продолжение табл. 17

Показатели	ФРГ (фирма «Торкрет»)						ГДР		ЧССР			
	S-3			GM-57			TM-63	BSA-1	BTS-1	BTS-2	SSB-03	SSB-02y
Производительность по сухой смеси, м ³ /ч:												
при торкретировании	3,0			4,5			1,8		0,8	0,8	0,8—3	
при набрызге		4,5	6,0		5,0			5,0				5—12
при укладке за опалубку						8,0						
Размер фракции заполнителя, мм	10	15	25	10	20	30	10	25	10	10	15	25—30
Внутренний размер матерьяльного шланга, мм	32	40	50	40	50	80	25	50	32	38—50	38	50
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	6	8	12	6—18	10—20	14	6	16	4	4	4	6—14
Давление сжатого воздуха, кгс/см ²	1,5—3,5			3,5—5			2,5—3,5	5—6	3—5	3—5	3—5	4—6
Дальность транспортирования, м:												
по горизонтали	200			300			200	200	200	200	300	300
по вертикали	100			100			100	100	100	100	100	100
Мощность электропривода, кВт	3,0			5; 5/8			3,5		3	3	3	7,0
Мощность пневмопривода, л. с.				12,0								8,0
Основные размеры, мм:												
высота	1650			1000			1250	1800			1250	
ширина	870			755			1200	1100			690	
длина	1830			1430			760	2450			1400	
Масса, кг	640			950			350	1100	670	400	425	
Конструктивное исполнение машины	Камерная			Роторная						Камерная	Роторная	

Показатели	Швейцария (фирма «Алива»)				
	«300»	«400»	BS-12	200	600
Производительность по сухой смеси, м ³ /ч:					
при торкретировании	2-4	0,6	2,4		4,5
при набрызге		1,4-2	3-4		
при укладке за опалубку		10-14		8,0	10-12
Размер фракции заполнителя, мм	10	5	10	30	40
Внутренний размер материального шланга, мм	38-50	32	38	50	90
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	6-14	3-4	3-5	6-8	10-15
Давление сжатого воздуха, кгс/см ²	4-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Дальность транспортирования, м:					
по горизонтали	200	50	300	120	250
по вертикали	100	25	100	40	80
Мощность электропривода, кВт				21	30
Мощность пневмопривода, л. с.	6,6/3,7		2,2	17	
Основные размеры, мм:					
высота	1300		900	1000	1100
ширина	800			820	800
длина	1500			1440	1400
Масса, кг	800		260	840	600
Конструктивное исполнение машины	Роторная			Шнековая	Роторная

Примечание. Дробью показана мощность двухскоростных машин.

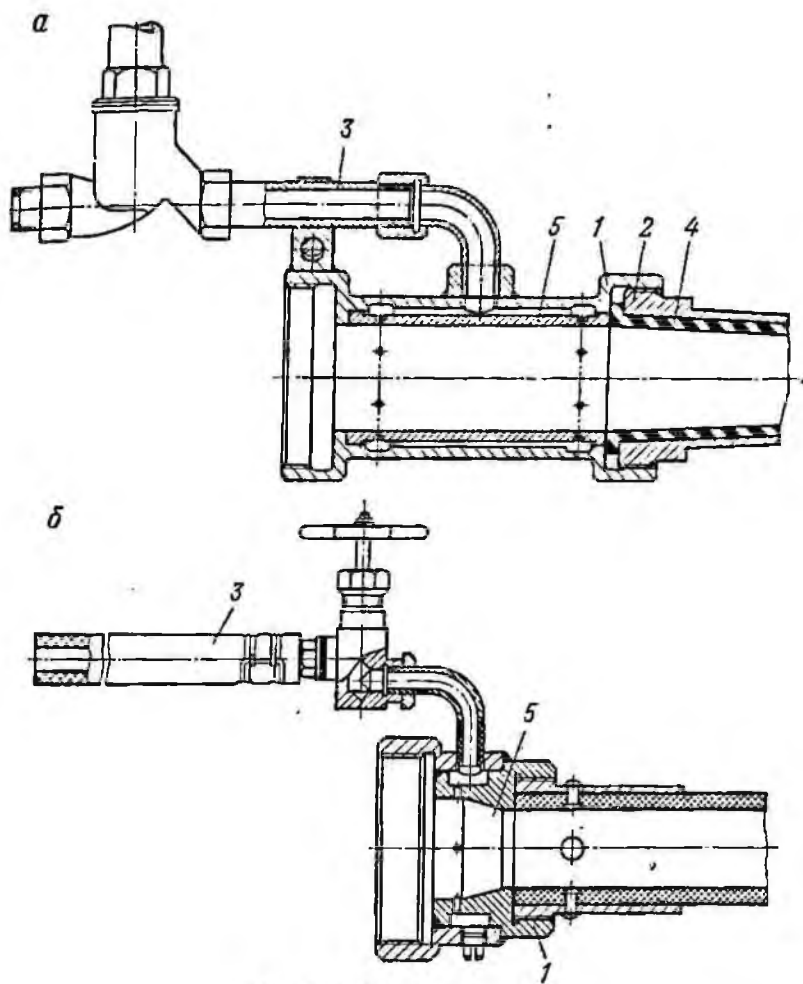


Рис. 58. Сопло машин:

a — БМ-60; *б* — БМ-68; 1 — корпус; 2 — конус; 3 — патрубок для воды; 4 — конус резиновый; 5 — смешительная камера

Применяемая в СССР смешительная камера позволяет регулировать объем подаваемой в смесь воды в зависимости от давления. Поскольку время перемешивания смеси с водой исчисляется долями секунды, имеется стремление активизировать процесс перемешивания с водой за счет конфигурации сопла и применения насадок. На рис. 59 показано применяемое в США сопло баллонного типа со ступенчатой резиновой втулкой.

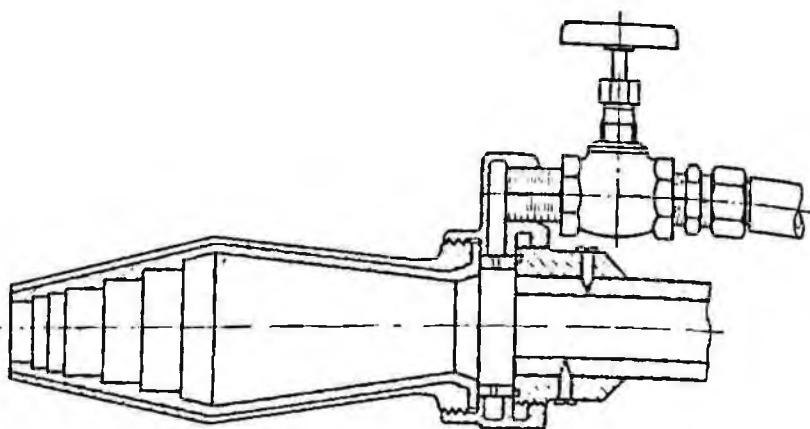


Рис. 59. Сопло баллонного типа

В случае укладки набрызгбетонной смеси за опалубку затворение смеси водой может производиться на удалении камеры смешения от конца материального шланга на 3—6 м. В этом случае бетонная смесь на участке до сопла активно перемешивается воздушно-водяной смесью и происходит более полное и равномерное ее смешивание. Для гашения скорости транспортируемой смеси на конце шланга устанавливают гасители. Конструкция гасителя показана на рис. 60.

В последние годы в отечественной и зарубежной практике прослеживается тенденция к автоматизации управления машиной и соплом. Так, в модернизированной Московским заводом строительных машин машине БМ-60 автоматизировано переключение верхней и нижней камер, установлены датчики, указывающие уровень смеси в камерах, заблокированы операции по подаче воды и сжатого воздуха и др. Полуавтоматическим управлением снабжена модель BSA-1 фирмы «Торкрет». Сложность конструкции автоматических устройств, колебания влажности смеси и неравномерность ее подачи к соплу еще не позволяют судить о достаточной надежности системы управления. Механизация вождения сопла имеет значение при креплении выработок больших сечений, особенно в гидротехническом строительстве. Так, в Швеции сопло устанавливается на выдвижной станине с гидравлическим манипулятором, благодаря чему вращающееся сопло принимает любое положение

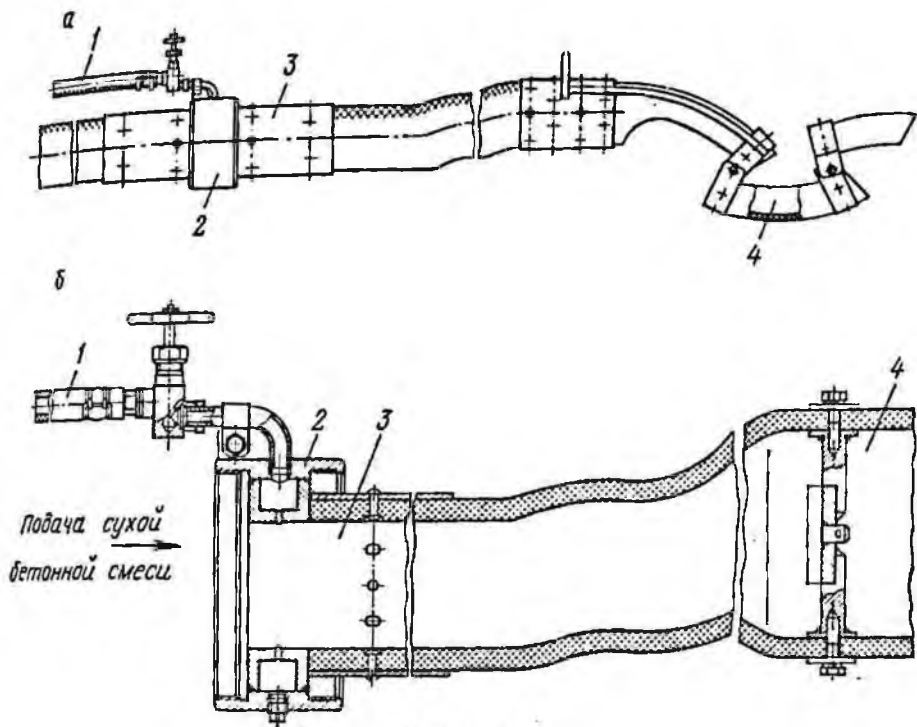
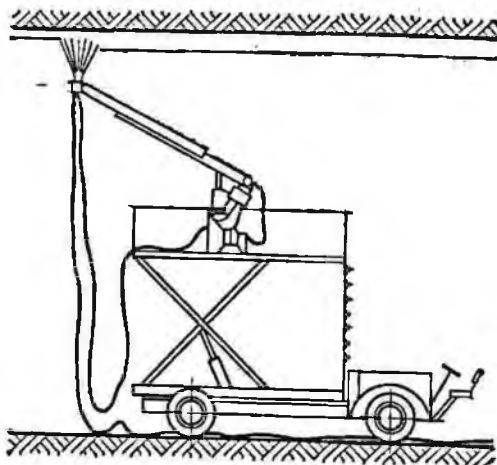


Рис. 60. Гасител:

а — фирмы «Алива»; б — конструкции ЦНИИПодземмаша; 1 — патрубок для воды; 2 — корпус; 3 — камера смешения; 4 — гаситель

Рис. 61. Тележка с манипулятором для сопла



по отношению к закрепляемой поверхности (рис. 61). Станина устанавливается на площадке тележки с пневматическим ходом, которая может изменять свою высоту. Сопло такого же назначения было разработано и применено на строительстве тоннелей Нурекской ГЭС. Значительную работу в этом направлении проводит Гидропроект.

Отечественные и зарубежные конструкции машин для набрызга бетона требуют организации работ по загрузке для обеспечения непрерывной их работы в течение рабочего времени. Вместе с тем практика безопалубочного бетонирования выявила, что наиболее производительное использование бетономашин может быть достигнуто при эффективной механизированной загрузке машин. Такая потребность особенно ощутима в стесненных условиях горных выработок, когда параллельно производятся работы по проходке и креплению. Применение для загрузки бетономашин, конвейеров, перегружателей, скиповых подъемников и т. п. не обеспечивает полного использования технической производительности машины, связано с необходимостью увеличения основных размеров установки, требует дополнительного решения по перегрузке сухой смеси из шахтных вагонеток на конвейер, в приемный бункер, ковш и т. п. Дополнительные механизмы, которыми стали снабжать бетономшины, превратили их в комплексы, которые имеют меньшую мобильность и транспортабельность, чем бетономшины, развили их в длину и высоту, усложнили управление работами.

Ниже приведено краткое описание отдельных комплексов и оборудования, нашедших применение в сочетании с бетономашинами.

Комплекс КББ-3. На базе машины БМ-60 ЦНИИПодземмашем был испытан комплекс, обеспечивающий приготовление смесей, применение твердых и жидких добавок-ускорителей и загрузку бетономашин (рис. 62). Работа комплекса производилась следующим образом: шахтная вагонетка типа ВРГ с откидным бортом подвозилась электровозом к приемному лотку конвейера и, постепенно опорожняясь опрокидыванием с помощью домкрата, смесь по конвейеру попадала в бетоносмеситель и далее после перемешивания — по конвейеру в машину БМ-60. Схема комплекса была составлена при-

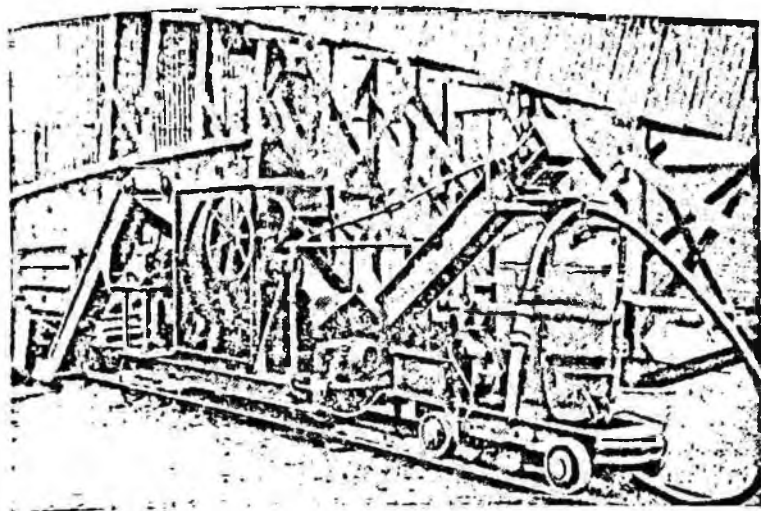


Рис. 62. Комплекс КББ-3

менительно к наиболее сложным условиям работы, когда применяется нерастворимая добавка-ускоритель, которая вводится в состав бетонной смеси в шахте. Это усложнило конструкцию комплекса и управление им. В случае применения жидкой добавки-ускорителя бетоносмеситель и конвейер изымаются из комплекса, поскольку добавка вводится в состав смеси с водой затворения. Для подвоза заполнителей и цемента использовались серийно изготавливаемые вагонетки.

Техническая характеристика комплекса КББ-3

Производительность по бетону, м ³ /ч	2,5—2,7
Мощность электродвигателей, кВт	11,7
Длина, м	11,0
Масса, т	2,4

Промышленные испытания комплекса, проведенные на шахтах «Саксагань» и им. Кирова в Криворожском бассейне, выявили эффективность приготовления смеси на централизованных узлах, работоспособность комплекса и такие его недостатки, как большая длина, малая транспортабельность и недостаточная эффективность скребкового конвейера.

Для крепления выработок набрызгбетоном и укладки бетонных смесей за опалубку с помощью машины БМ-60 ЦНИИПодземмашем был создан комплекс «Монолит-1»

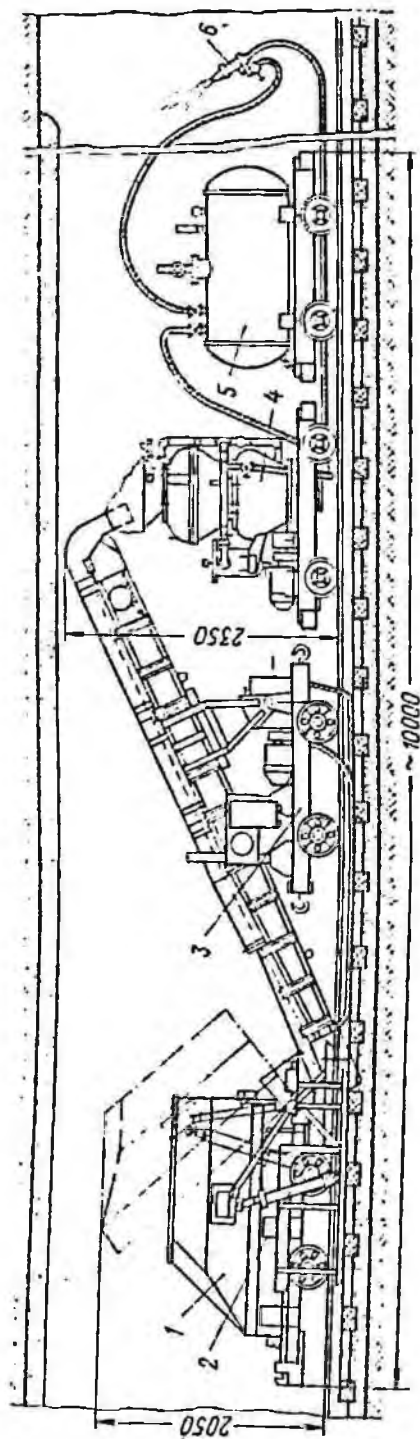


Рис. 63. Комплекс «Монолит-1»:
 1 — вагонетка; 2 — опрокид; 3 — конвейер; 4 — машина БМ-60; 5 — емкость для воды и добавок, 6 — сопло

(рис. 63). В состав комплекса входят вагонетки с лобовой разгрузкой, опрокидное устройство, ленточный перегружатель, машина БМ-60, гидроцистерна (для воды и растворения добавок-ускорителей) и комплект инвентарной металлической опалубки типа ОГВ. Вагонетки выполнены на базе применяемых типа ВШ-3т, от которых использована ходовая часть, а кузов конструктивно изменен. Основу опрокидного устройства составляет металлический каркас, который состоит из двух продольных лыж, опирающихся на шпалы, поперечного бруса, в который упирается передний буфер вагонетки, и двух продольных балок, под которые закатываются колеса вагонетки. Кузов вагонеток опрокидывается двумя гидrocилиндрами, штоки которых шарнирно установлены на передней части каркаса. Насосная станция установлена на раме перегружателя.

Перегружатель — конвейер типа С-382А, установленный на ходовой тележке. Для уменьшения пылеобразования над лентой установлены защитные кожухи, а в зоне ведущего барабана — разгрузочная течка. В зоне разгрузочной воронки имеется дозирующий щиток, обеспечивающий равномерную загрузку ленты. Для перевода в транспортное положение конвейер поворачивается вокруг осей опорной рамки и фиксируется в горизонтальном положении. На задней стойке конвейера установлены магнитные пускатели и распределительная коробка поста управления выгрузкой вагонов.

Техническая характеристика комплекса «Монолит-1»

Производительность по бетону, м ³ /ч	2,4
Емкость одной вагонетки (по сухой смеси), м ³	1,8
Суммарная мощность установленных электродвигателей, кВт	6,2
Основные размеры, м:	
длина (без опалубки)	10
высота в рабочем положении	2,35
Масса, т	4,0

Недостатком комплекса является пыление в районе мест погрузки смеси.

С целью расширения области применения машин роторного типа ЦНИИПодземмашем была разработана бетономашинна БМ-70 (рис. 64) на рельсовом ходу с грейферным устройством для загрузки. Двухчелюстной грейфер, установленный на машине, позволяет ее загружать непосредственно из вагонетки, установленной

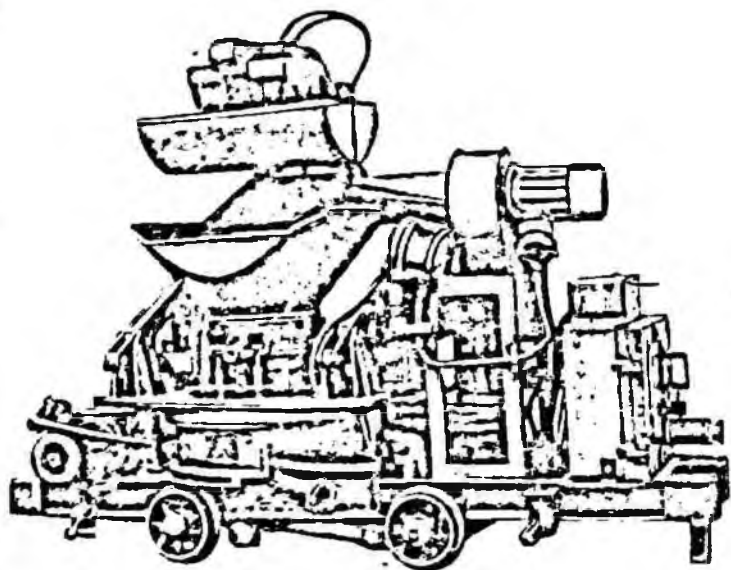


Рис. 64. Машина БМ-70

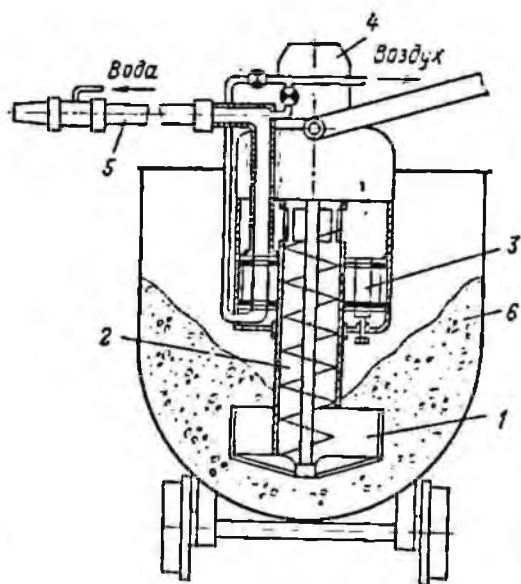


Рис. 65. Схема машины УНБ-8:

1 — подгребающие лопасти;
 2 — шнек; 3 — дозатор; 4 —
 мотор; 5 — материальный
 шланг; 6 — вагонетка со
 смесью

на соседнем пути. В процессе эксплуатации выяснилось, что грейфер не обеспечивает достаточной загрузки машины, когда в вагонетке остается мало смеси. Исполнение машины предполагает, что наибольшее применение она найдет в угольной и горнорудной промышленности в шахтах, опасных по газу или пыли. Машина предназначена для работы в двухпутных выработках. Для работы в однопутных горных выработках в ЦНИИПодземмаше был разработан экспериментальный образец машины УНБ-8 (рис. 65). Машина при работе устанавливается над продвигающимся под ней составом со смесью, который она последовательно использует для набрызга или укладки за опалубку. В своей нижней части машина снабжена фрезой, подгребающей материал к шнековому подъемнику, который транспортирует его к барабанному дозирующему устройству, откуда смесь по материальному шлангу направляется сжатым воздухом к соплу.

Фирмой «Хольтер» (ФРГ) предложен для работы в горных выработках и тоннелях специальный поезд (рис. 66). В состав поезда входят бункера-вагонетки, бетономашин, устройства для дозирования цемента, добавок и смешения их с песчано-гравийной смесью. На платформе, где размещена бетономашин роторного типа, установлен конвейер для ее загрузки, смесительный желоб с ситом и емкость для цемента и добавок, снабженная дозирующим приспособлением. Бункера-вагонетки емкостью 2—3,5 м³, заполненные песчано-гравийной смесью, опорожняются по одной, начиная с головной. Смесь транспортируется виброжелобом, встроенным в днище вагонеток. Чтобы материал в вагонетках не слеживался, они снабжены пневмоподушками. Работа поезда осуществляется следующим образом: материал из бункера-вагонетки подается по виброжелобу на перегружатель у бетономашин, сюда же по дозирующему желобу подается быстросхватывающийся цемент. Смесительный желоб снабжен контрольным ситом, благодаря чему из смеси отделяются фракции щебня размерами сверх допускаемых. Со смесительного желоба сухая бетонная смесь по конвейеру направляется в бетономашин и далее к соплу. Комплекс обслуживается двумя рабочими. Одним из недостатков данного комплекса является его сложность и громоздкость.

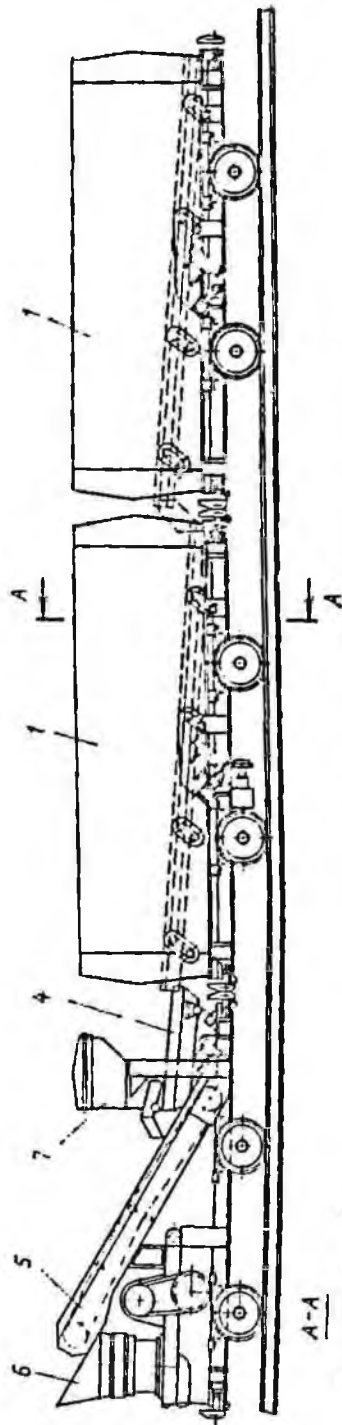
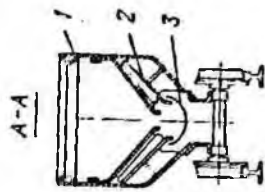


Рис. 66. Комплекс фирмы «Хольтер»

1 — вагонетки со смесью; 2 — пневматические побудители; 3 — желоб; 4 — сито; 5 — конвейер;
6 — бетономашин; 7 — бункер для добавки



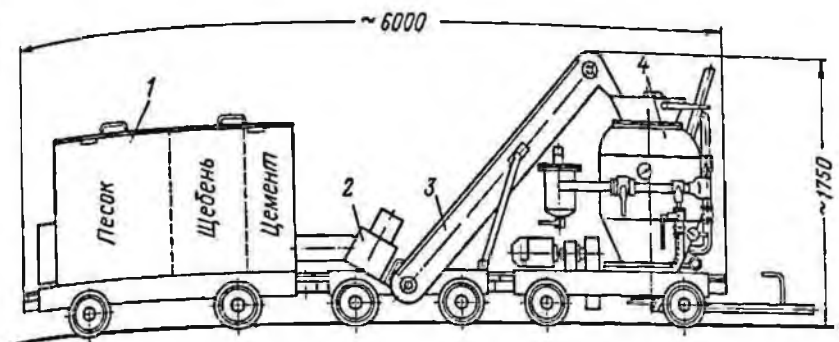


Рис. 67. Комплекс горнорудных предприятий:

1 — вагонетка; 2 — смеситель; 3 — загрузочное устройство; 4 — машина БМ-60

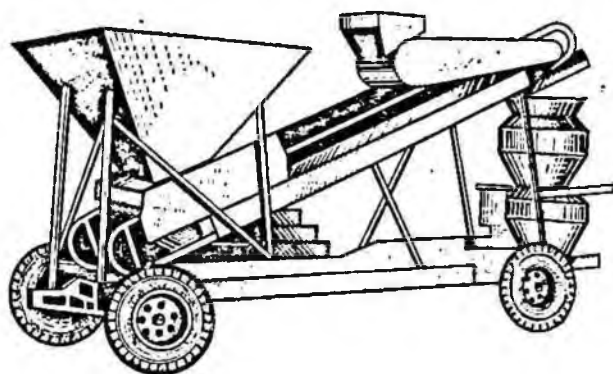


Рис. 68. Комплекс фирмы «БСМ»

На базе машины БМ-60 конструкторским бюро горнорудных предприятий разработан комплекс, в котором подача и дозировка материала из вагонеток в бетономашину производится с помощью шнеков (рис. 67). Недостатком комплекса является применение быстрознашивающихся шнеков и потребность в парке специальных вагонеток.

Фирма «БСМ» на базе моделей 603 и 604 изготавливает установки 603-ВД и 604-ВД (рис. 68). Установки имеют загрузочный бункер, из которого смесь по ленточному конвейеру поступает в двухкамерную машину. Для добавок-ускорителей имеется отдельный дозировочный бункер. Установку обслуживают два человека.

В США, в отличие от европейских, фирмы идут по пути агрегатирования установок, совмещая в едином агрегате средства дозирования, перемешивания и на-

брызга. Установки такого типа имеют значительную высоту и приспособлены для работы в выработках больших сечений. Загрузка установок производится вручную.

На рис. 69 показан комплекс AS-7 фирмы «Ридлей» (США), предназначенный для работ в подземных условиях. Составляющие поступают в растворомешалку, в верхний аккумулирующий бункер, снабженный побудителем, и далее смесь подается в двухкамерную машину.



Рис. 69. Комплекс AS-7 фирмы «Ридлей»

Подобные комплексы часто снабжаются индивидуальным двигателем внутреннего сгорания. Загрузка бетоносмесителя производится вручную.

При использовании для набрызга сухих бетонных смесей имеет место пылеобразование, сопутствующее перегрузкам смеси из вагонеток в машину, а также пони-

жение прочности набрызгбетона при длительном хранении готовой смеси в шахте. В стремлении исключить эти недостатки применяют смешительно-загрузочные установки, в которых сухая смесь готовится непосредственно перед набрызгом: смесители-нагнетатели, в которых загружаемая для набрызга смесь затворяется водой, и пневмонагнетатели, которые для набрызга загружаются готовыми растворными или бетонными смесями.

На рис. 70 показана смешительно-загружающая установка конструкции ВНИИЦветмета, которая применяется для загрузки машин БМ-60, БМ-68 и ТП-3. Песок и цемент подаются отдельно из отсеков бункера дозирующими шнеками на смешительный шнек, которым смесь транспортируется в машину. Небольшая емкость бункера требует его частой загрузки, которая производится из вагонов вручную.

Упомянутая ранее машина конструкции ВНИИ-ОМШСа (см. рис. 54) также отдельно загружается песком и цементом, но имеет значительный объем (3 м^3). Изготовление смеси производится с помощью шнеков, расположенных в донной части машины, которые приводятся в действие пневматическим двигателем.

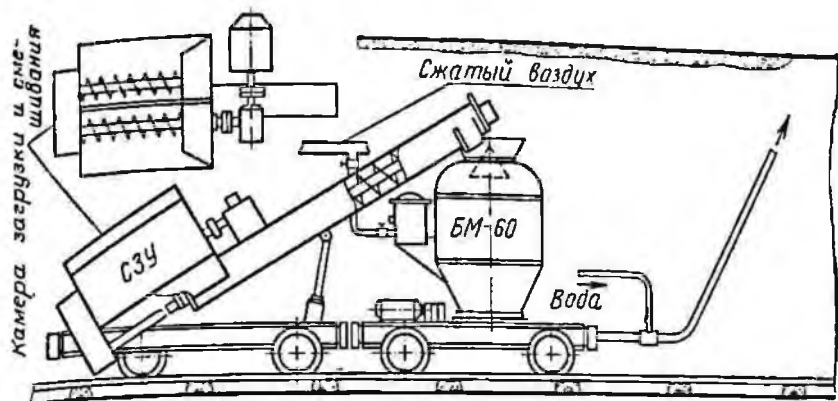


Рис. 70. Загрузочное устройство конструкции ВНИИЦветмета

Для набрызга готовых растворных смесей в Главмостроере находит применение растворонасос С-317 с эжектирующей приставкой, в которую подается сжатый воздух (предложение Н. С. Марчукова).

За рубежом для набрызга готовых растворных и бетонных смесей (с крупностью фракций до 20 мм) применяют пневмонагнетатели Р-60 и Р-40 фирмы «Ланси»

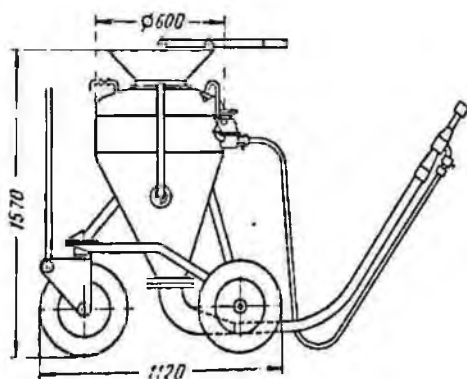


Рис. 71. Машина для набрызга готовых растворных смесей фирмы «Ланси»

(Франция), имеющие емкость 120—180 л (рис. 71). Фирма «Путцмайстер» (ФРГ) изготавливает установки «Миксокрет» для приготовления и набрызга смесей (с крупностью фракций до 15 мм) — комбинированные смесители-нагнетатели (рис. 72).

Таким образом, рациональная конструкция загрузочного приспособления для машины в шахтных условиях,

Несмотря на кажущуюся несложность, пока не нашла своего разрешения. Обобщение опыта показывает, что дальнейшее совершенствование конструкций целесообразно в направлении разработки самозагружающихся

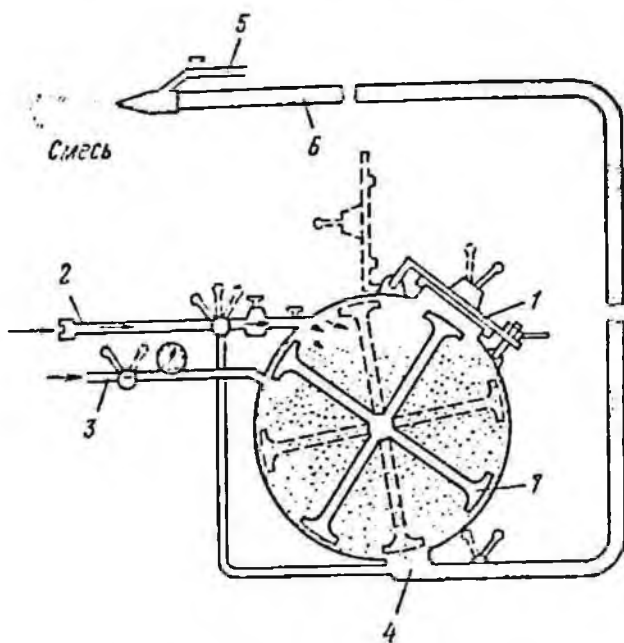


Рис. 72. Установка типа «Миксокрет»:

1 — загрузочное отверстие; 2 — трубопровод для сжатого воздуха; 3 — трубопровод для воды; 4 — выпускное отверстие; 5 — трубопровод для сжатого воздуха; 6 — магистральный шланг; 7 — лопасти для перемешивания смеси

машин, позволяющих отказаться от промежуточных перегрузочных средств.

Интересен опыт применения набрызгбетона на руднике «Гарпенберг» (Швеция), где смесь приготавливалась и затворялась у устья ствола и транспортировалась к месту работ на расстояние до 1 км по трубам. Управление приготовлением и подачей смеси осуществлялось дистанционно — с места работ в шахте (рис. 73).

Параметры крепления горных выработок. Технология набрызга состоит из ряда взаимозависимых факторов, влияющих на последующие качества набрызгбетона и крепи. К этим факторам следует отнести: состав и свойства бетонной смеси, характеристику бетонируемой поверхности, положение сопла (расстояние до повер-

ности и угол наклона), давление сжатого воздуха и воды, отскок смеси и др. Выявление оптимальных параметров технологического процесса набрызга будет наиболее целесообразно с позиций требуемой прочности и долговечности крепи, поскольку они определяют эксплуатационные требования к сооружению.

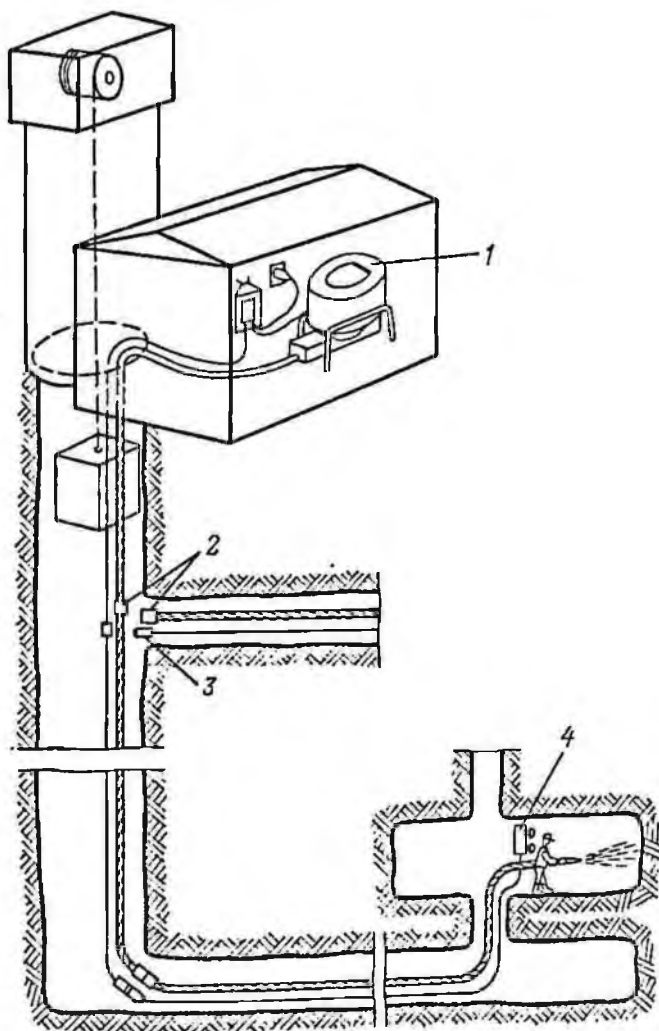


Рис. 73. Крепление выработок набрызгбетоном при дистанционном управлении приготовлением и транспортированием смеси на шахте «Гарпенберг»:
 1 — пневмобетонагнетатель; 2 — материальный трубопровод; 3 — провада управления; 4 — табло оперативного контроля и управления

Для структурообразования набрызгбетона характерно то, что при укладке он подвергается значительному уплотнению. При этом достигается максимальное сближение частиц цемента и заполнителя с минимальными водными прослойками между ними. Малое водоцементное отношение делает набрызгбетон предельно жестким, в системе быстро наступает пресыщение раствора, возникают новообразования и множество зародышей кристаллов. Таким образом, период формирования структуры значительно сокращается, чему также способствуют вводимые добавки-ускорители. При смачивании поверхности пород цементным клеем на границе их соприкосновения наблюдается явление адсорбции, к поверхности прочно прилипают цементные зерна клеевой жидкости. Таким образом, на поверхности породы образуется контактный слой, отличающийся своим составом и механическими свойствами. Образованию контактного слоя способствует уплотнение наносимой смеси и вовлекаемый в смесь воздух. Адгезия цементного раствора к породе определяется образованием контактов срастания коагуляционного и кристаллизационного типов. На величину адгезии оказывают также влияние шероховатость пород, развитие ее поверхности и их минералогический состав. Так, по наблюдениям сцепление цементного камня с известковыми породами значительно лучше, чем со сланцевыми. По толщине крепи граничная пленка состоит из двух слоев адгезионного слоя, покрывающего поверхность пород, который переходит в когезионный, составляющий основную массу пленки. Исследования показали, что различные факторы неодинаково влияют на адгезию цементов. Так, увеличение водоцементного отношения больше влияет на когезию, чем на адгезию цементов, и снижает когезию: введение в цемент активных гидравлических добавок повышает его адгезию, а введение хлористого кальция повышает и адгезию, и когезию. Б. Э. Юдович, Р. П. Бурба и др. отмечают, что добавки хлористого кальция, хлорного железа в пуццолановый цемент повышают прилипаемость наносимой смеси.

Достаточно апробированной характеристикой прочности склеивания двух материалов с различными структурами может быть сцепление, которое выражается адгезией или прочностью на отрыв породной поверхности от

клеящей прослойки и когезией или прочностью самого клея (цемента). В этом плане показателями могут служить для адгезии испытание на разрыв образцов с одной поверхностью сцепления, а для когезии — испытание на разрыв «восьмерки» из чистого вяжущего. Рассмотрение процесса прилипания при формировании структуры цементного теста показывает, что способность приклеиваться к предметам, прикасающимся к поверхности теста к моменту начала его схватывания, снижается по сравнению с клеящей способностью свежего теста. Отсюда следует, что необходимо стремиться к тому, чтобы смесь наносили сразу, одним слоем требуемой толщины, так как адгезия последовательно укладываемых слоев смеси друг к другу будет ослабевать. Нанесение смеси за один проход сопла повышает производительность работ и уменьшает отскок материала, который является особенностью способа безопалубочного бетонирования. В возводимой крепи заполнители распределены неравномерно. Сначала на поверхности породы закрепляется слой цементного и песчано-цементного растворов, которые по мере утолщения наполняются крупным заполнителем. Прилипая, заполняя трещины и углубления в породе, отвердевающая смесь образует с породой конструкцию, в которой сцепившийся с породой граничный слой раствора обеспечивает их совместную работу. В табл. 18 приведены прочности сцепления набрызгбетона с породами (по данным Р. А. Игнатьева, М. А. Льва, И. Л. Воллера).

Отскок материала. К основным факторам, влияющим на величину отскока, следует отнести толщину слоя набрызга и расстояние сопла до закрепляемой поверхности. На величину отскока влияет также состав и пластичность смеси, скорость выбрасываемой смеси, характер закрепляемой поверхности, а также количество вводимых добавок-ускорителей. Проведенные в ЦНИИПодземмаше эксперименты имели целью выявить величину отскока в зависимости от толщины набрызгиваемого слоя и расстояния сопла до закрепляемой поверхности. Такого рода исследования позволяют применительно к конкретным условиям планировать расход материала. Эксперименты проводились при возведении рубашки на строительстве тоннеля подводящего канала Люберецкой станции аэрации и при креплении камеры электро-

Таблица 18

Породы	Прочность сцепления набрызгбетона с породами, кг/см ²				
	без добавок	Тип добавки-ускорителя			
		хлористый кальций	хлорное железо	сернисто-железо	глинозистый цемент
Серые безрудные песчаники	24—70	29—50	35—69	34—72	30—70
Красные песчаники	29—34	32—42	43—56	39—41	39—40
Алевролиты	14—17	10,5—16	30—45	28—37	31—44
Аргиллиты	3—5	3,5—6,5	25—28	15—20	22—29
Сернистизированные алевролиты	10—18	11—17	10—20	11—16	12—14
Конгломерат	44—49	41—47	42—69	39—55	59—70
Белый известняк	25—40	50—60	—	—	—
Песчаннистый сланец	15—27	18—30	—	—	—
Выветривающийся алевролит	10—12	—	—	—	—
Туфобрекчия	12—17	—	—	—	—
Бетон	25	—	—	—	—

подстанции шахты «Саксагань». Набрызг в тоннеле Люберецкой станции аэрации производился на поверхность железобетонной блочной обделки, а на шахте «Саксагань» в выработке сечением в черне 12—50 м², проведенной буровзрывным способом в джеспилитах.

Наибольший отскок наблюдался при толщине слоя 30—50 мм. После образования «подушки» толщиной 20—30 мм отскок обычно резко уменьшался. Обработка данных эксперимента позволила установить зависимость между толщиной слоя набрызгбетона и величиной отскока. Применительно к толщине слоя в пределах от 5 до 25 см формула имеет следующий вид:

$$O = \frac{160}{P + 2}, \quad \%,$$

где O — отскок в процентах к массе исходной смеси;
P — толщина слоя, см.

Наблюдения позволяют считать, что на величину отскока влияет развитие поверхности и очертание поперечного сечения выработки, зависящие от горно-геологических условий и способа проведения выработки. Чтобы учесть перечисленные факторы, в приведенную выше формулу необходимо внести поправочный коэффициент,

значения которого находятся в пределах от 0,8 до 1,2. В процессе исследования на шахте «Саксагань» были опробованы два аналогичных состава смеси с расходами цемента 300 и 370 кг/м³. Сравнение объемов отскока позволило сделать вывод о том, что увеличение расхода цемента на 25% уменьшает отскок с 20,5 до 15,7%. Это объясняется тем, что с увеличением расхода цемента возрастает скорость образования «подушки», которая снижает отскок, и большей пластичностью образуемого раствора.

Отмучивание отскока показало, что содержание в нем цемента составляет 30—40 кг/м³, или 10—15% от закладываемого в исходную смесь. Характерно, что цемента в отскоке, соответствующем толщине набрызга до 5 см, примерно в 1,7 раза больше, чем при толщине от 5 до 15 см. Потери цемента и заполнителей с технико-экономической точки зрения не оправданы, поскольку они усложняют и удорожают производство работ. Тем не менее сбор и использование отскока в шахтных условиях неэффективны, так как материал при падении загрязняется, а устройство приспособлений для улавливания и очистки отскока сложно.

Оптимальные расстояния сопла от вертикальной и горизонтальной поверхностей, определенные экспериментально на шахте «Гигант-Глубокая», составляют соответственно 0,7 и 1 м.

Соотношение величин отскока при набрызге на стенку и свод составляет 1 : 1,8. Многочисленными экспериментами было выявлено, что увеличение или уменьшение В : Ц против оптимального заметно увеличивает отскок материала.

На рис. 74 показана зависимость отскока от содержания щебня и цемента в смеси заполнителей.

На рис. 75 показана зависимость прочности набрызгбетона от расхода цемента при различном содержании в смеси крупного заполнителя и от давления воздуха в машине (по данным Б. Н. Кузина).

По данным Д. М. Голицинского, применение влажных заполнителей увеличивает прочность набрызгбетона на сжатие. Так, повышение влажности смеси с 0 до 8% позволяет увеличить прочность образцов в 1-й и на 28-й день в 2,8 и 1,8 раза соответственно.

Непременными условиями работ являются подготов-

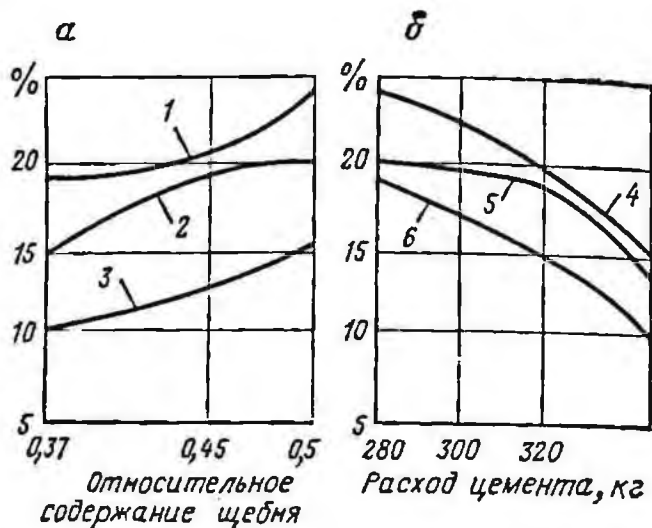


Рис. 74. Зависимость отскока от содержания щебня (а) и цемента (б) в смеси:

1 — расход цемента 280 кг/м³; 2 — расход цемента 320 кг/м³; 3 — расход цемента 345 кг/м³; 4 — доля щебня в смеси заполнителей 0,5; 5 — доля щебня в смеси заполнителей 0,45; 6 — доля щебня в смеси заполнителей 0,37

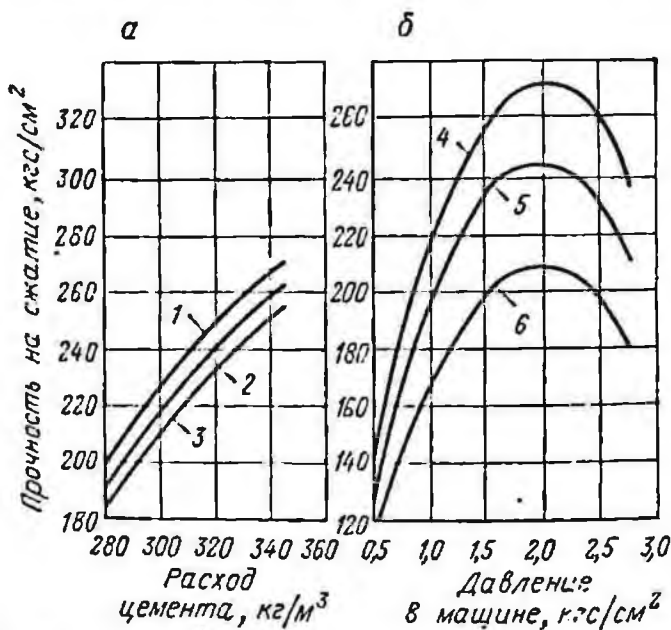


Рис. 75. Зависимость прочности набрызгбетона от расхода цемента (а) и давления воздуха (б):

1 — доля щебня в смеси заполнителей 0,5; 2 — доля щебня в смеси заполнителей 0,45; 3 — доля щебня в смеси заполнителей 0,37; 4 — весовые соотношения Ц: П: Щ — 1: 2: 1,5; 5 — Ц: П: Щ — 1: 2,5: 1,5; 6 — Ц: П: Щ — 1: 2,25: 2,25

ка поверхности путем ее обмыва сжатым воздухом, водовоздушной или водовоздушной с песком смесью. В процессе твердения набрызгбетон должен также систематически увлажняться.

При наличии в выработке активных течей воды, которые препятствуют нанесению набрызгбетона, следует воду улавливать, отводить ее по шлангам (или бороздам в породе) до производства работы по набрызгу.

Оптимальное давление сжатого воздуха. Определенные необходимых данных аналитическим методом затруднительно вследствие сложности протекаемых явлений. Так, от машины до камеры смешения с водой движется сухая аэрированная смесь кускового и грубодисперсного классов, а после введения в смесь воды расчетная характеристика материалов (плотность, концентрация частиц и др.) резко меняется, смесь становится вязкопластичной и скорость движения уменьшается. В ЦНИИПодземмаше были проведены эксперименты с целью определить оптимальное давление сжатого воздуха в системе для наиболее эффективной работы БМ-60. Как показали испытания, давление в машине при горизонтальном прямолинейно уложенном трубопроводе равномерно возрастает с увеличением его длины. Требуемое давление воздуха в системе, обеспечивающее нормальную работу машины БМ-60, можно определить из выражения

$$P_{\Pi} = P_{\text{н}} + \alpha L_{\Gamma} + \beta L_{\text{в}} + \gamma n, \text{ кгс/см}^2,$$

где $P_{\text{н}}$ — начальное давление при длине шланга 20 м, равное 0,9—1,2 кгс/см²; α — коэффициент потери давления на 1 м горизонтальной длины трубопровода; для резиновых шлангов $\alpha = 0,022 \div 0,025$; L_{Γ} — длина горизонтального участка трубопровода, м ($20 \leq L_{\Gamma} \leq 120$); β — коэффициент потери давления при подъеме смеси на 1 м для резиновых шлангов, равный 0,070—0,076; $L_{\text{в}}$ — высота подъема смеси, м ($1 \leq L_{\text{в}} \leq 15$); γ — коэффициент потери давления при повороте трубопровода на 90°, равный 0,39—0,45 для резиновых шлангов; n — число углов поворота, приведенное к углу в 90°.

Формула может быть применена для камерных и роторных машин. В формуле не учтены незначительные потери давления в самой машине и потери на инерци-

онный разбег, поскольку к началу работ смеси в трубопроводе не остается.

Для предварительных расчетов расхода сжатого воздуха (Q) при работе камерных и роторных машин может быть рекомендована формула, полученная обработкой данных замеров расхода сжатого воздуха:

$$Q = A + aL_r, \text{ м}^3/\text{мин},$$

где A — минимальный расход воздуха при длине трубопровода 20 м, равный 4—6 м³/мин для резинового шланга; a — коэффициент расхода, равный 0,05 для резинового шланга; L_r — приведенная к горизонтальному длина материального трубопровода, м. Здесь 1 м подъема приравнивается 3 м по горизонтали, а угол поворота в 90° приравнивается 12—15 м по горизонтали.

Рациональная длина пути смешения сухой смеси с водой. Традиционная схема работ по набрызгу бетона предусматривает размещение камеры смешения сухой смеси с водой на конце материального шланга. Количество подаваемой в камеру воды зависит от числа отверстий в насадке камеры, их размеров и давления. Засорение части отверстий и неравномерное давление воды приводят к тому, что смесь недостаточно и неравномерно увлажняется на пути совместного движения с водой, составляющем около 50 см. После вылета из сопла смесь сегрегируется и возможность равномерного увлажнения материала еще более уменьшается. При недостаточном увлажнении смеси часть цемента не участвует в формировании бетона, что приводит к снижению проектной прочности крепи, наблюдается пыление и отскок преимущественно сухого материала. Таким образом была выявлена целесообразность изменения конструкции камеры смешения сухой смеси с водой и отдаление ее от сопла.

На рис. 76 показана разработанная ЦНИИПодземмашем камера смешения с кольцевой прорезью, обеспечивающая подачу воды с постоянным расходом. Поскольку при перемешивании смеси с водой может иметь место потеря скорости движения смеси, в камеру смешения дополнительно подводится сжатый воздух. При определении оптимального удаления камеры смешения от сопла расстояния между ними принимались 2; 4 и 6 м. Для сравнения производили набрызг смеси стан-

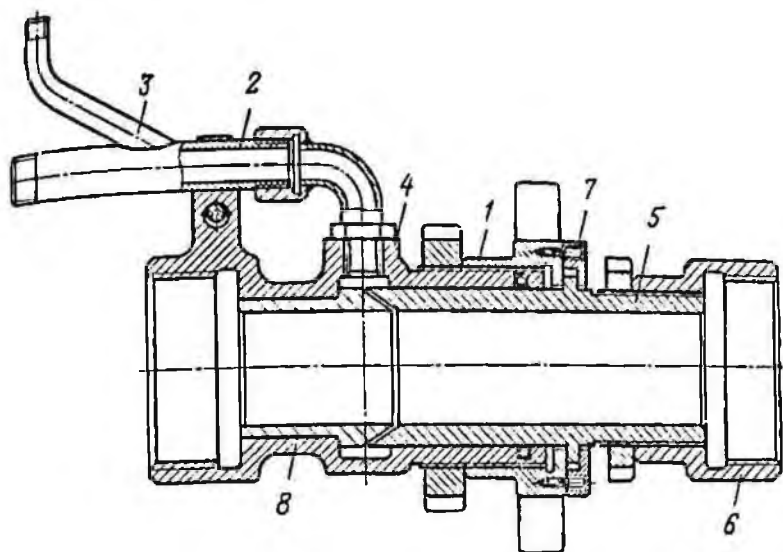


Рис. 76. Смесительная камера с дополнительным подводом сжатого воздуха:

1 — гайка; 2 — трубопровод для воды; 3 — трубопровод для сжатого воздуха; 4 — корпус; 5, 8 — втулки; 6 — переходник; 7 — крышки

дартным соплом машины БМ-60 со встроенной камерой смешения. Критерием оценки результатов являлись показатели прочности на сжатие. Оптимальные значения прочности были получены при удалении камеры смешения от сопла на расстояние около 4 м. Наибольшие приращения прочности достигались на 1-е и 3-и сутки. На 7-е сутки кривые нарастания прочности начинают выполаживаться.

Отдаление камеры смешения было принято в комплексе «Монолит-1», машинах БМ-68 и БМ-70, разработанных ЦНИИПодземмашем.

Определение характера движения бетонной смеси с помощью кино съемки. Движущаяся по материалному шлангу или трубе сухая бетонная смесь неоднородна по размерам и массе частиц, плотности составляющих материалов и коэффициентам внутреннего трения. В состав смеси входит сжатый воздух, энергией которого она перемещается. Принципиальная схема движения смеси представляется в следующем виде. Аэрированная смесь перемещается в трубопроводе хаотически, наиболее тяжелые частицы перемещаются в нижней присте-

почной области, а цементно-песчаные — по всему сечению. На участке камеры смешения смесь перемешивается с водой, вследствие чего изменяет свой объем и благодаря цементному тесту становится более вязкой и монолитной. Скорость, с какой бетонная смесь вылетает из сопла, имеет существенное значение для последующих свойств крепи — ее прочности и водонепроницаемости, а также для определения величины отскока, расхода материалов и т. п.

Величины скорости движения смеси при набрызге, по данным многих авторов, сильно различаются. В работах Б. Т. Грязнова оптимальная скорость торкретной струи по прочности и отскоку (по расчету) составила 140 м/с. В работах М. Г. Дюженко, проведенных фотоэлектрическими и расчетными методами, скорости частиц составили 30—64 м/с. По данным С. А. Атнапских, скорости частиц, определенные расчетно-экспериментальным способом, не превышают 70 м/с. Значительную разницу в полученных данных следует объяснить тем, что исследования проводились на материалах с различными характеристиками.

В НИГРИ и ЦНИИПодземмаше скорость вылета смеси и характер струи определялись с помощью кино съемки (2000 кадров/с). Эксперимент производился на машине БМ-60. Путем покадрового исследования заснятой пленки определялась скорость отдельных частиц материала, вылетающего из сопла, и физические особенности истечения материала из сопла бетономашинны. Съемки производились киносъемочной камерой СКС-1М-16. Состав бетонной смеси составлял по объему 1:2:1,8 (Ц:П:Щ). Заполнители: песок средней крупности, размером до 5 мм, щебень размером 5—20 мм. Добавка ОЭС вводилась в количестве 3% от массы цемента. Водоцементное отношение составляло 0,35—0,40.

Факел струи имел форму усеченного конуса, угол которого в вершине составлял 20—25°. При применении насадки диаметром 58 мм и длиной 400 мм движение смеси происходило более равномерно, факел имел меньший угол конусности и отклонения частиц за его пределами почти не наблюдалось. Анализ позволил установить, что скорость движения щебня несколько меньше скорости движения песчаных частиц, при этом тра-

ектория полета щебня, видимая в плоскости съемки, представляет кривую. Определенная таким образом средняя скорость частиц щебня размером 10—20 мм находилась в пределах 25—26 м/с на расстоянии 300—400 мм от сопла.

Конструкция крепей. Возводимые безопалубочным бетошированием крепи подразделяются по конструктивным особенностям на две группы. К первой относятся крепи из набрызгбетона, ко второй — комбинированные — набрызгбетон в сочетании со штанговой или металлической крепями, металлической сеткой, железобетонными элементами, с микроармированием и т. п. В зависимости от назначения крепи из набрызгбетона возводятся в один или два слоя. Двухслойную крепь применяют в том случае, если первая выполняет роль временной крепи или служит для изоляции пород от воздействия рудничной атмосферы и наносится непосредственно вслед за проходкой, второй слой наносится с некоторым отставанием от забоя. В качестве примера можно привести крепление откаточного штрека на марганцевом руднике в ФРГ, который проводили в неустойчивых нарушенных сланцевых породах. В качестве временной крепи применяли набрызгбетон толщиной 40—50 мм, наносимый непосредственно в забое выработки, а на расстоянии 50 м от забоя по покрытию устанавливали металлическую сетку, закрепленную штангами, и слой набрызгбетона доводили до 170 мм. На Нурекской ГЭС наносимый в забое слой набрызга толщиной 40—50 мм предохранял алевролиты от поглощения влаги воздуха и служил временной крепью. На горных предприятиях Казахстана и Урала в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова 4—8 применяли крепь из отдельных арок толщиной 10—15 см и затяжек между ними толщиной 4—6 см, возводимых, как и арки, набрызгом. Арочная крепь конструктивно рациональна, так как в зависимости от изменения крепости пород и других условий можно изменить несущую способность крепи за счет расстояния между арками, толщины арки и мощности арматурного каркаса.

В практике предприятий Криворожского бассейна, Урала и других находит применение сочетание набрызгбетона со штанговой крепью — металлической и желе-

зобетонной. Такая крепь обладает несущей способностью, колеблющейся в широких пределах, поскольку конструкция позволяет варьировать количеством и направлением штанг и толщиной набрызга применительно к изменяющимся горно-геологическим условиям. В практике применяют крепь из набрызгбетона и металлических сеток. Вследствие того что сетка по своей жесткости не может с достаточной точностью повторять конфигурацию выработки, после набрызга за крепью оставляют пустоты, снижающие несущую способность крепи. Значительно лучшим решением будет использование сеток из полимерных материалов, как это имеет место в горной промышленности ГДР.

Дальнейшим развитием этой конструкции является комбинированная крепь из набрызгбетона, металлических сеток и штанговой крепи. Во многих случаях каждую из этих крепей в отдельности можно применять в качестве временной крепи, а последующее их усиление набрызгбетоном завершает возведение конструкции. На ряде горнорудных предприятий применяют металлическую арочную крепь в сочетании с набрызгбетоном. В процессе уборки породы наносят выравнивающий слой набрызгбетона толщиной 5—7 см, служащий временной крепью, а на расстоянии 10—50 м от забоя устанавливают металлические арки. При определенных условиях порядок возведения крепи может быть изменен таким образом, что в забое устанавливается металлическая крепь, а на некотором расстоянии от забоя производится набрызг между арками. В том и другом случае безопалубочное бетонирование исключает трудоемкие операции по установке затяжек и забутовке закрепного пространства.

В зарубежной практике комбинированные крепи из металла и набрызгбетона широко применяют при строительстве тоннелей. Предстает интерес приведенная на рис. 77 схема раскрытия профиля тоннеля сечением $35,2 \text{ м}^2$ в свету, закрепляемого комбинированной крепью. В верхней части тоннеля проходится передовая штольня, через которую раскрывается ее свод. Выработка по мере расширения крепится набрызгбетоном и металлическими арками.

На рис. 78 показана конструкция крепи железнодрожного тоннеля в г. Лангенберге (Австрия). Тоннель

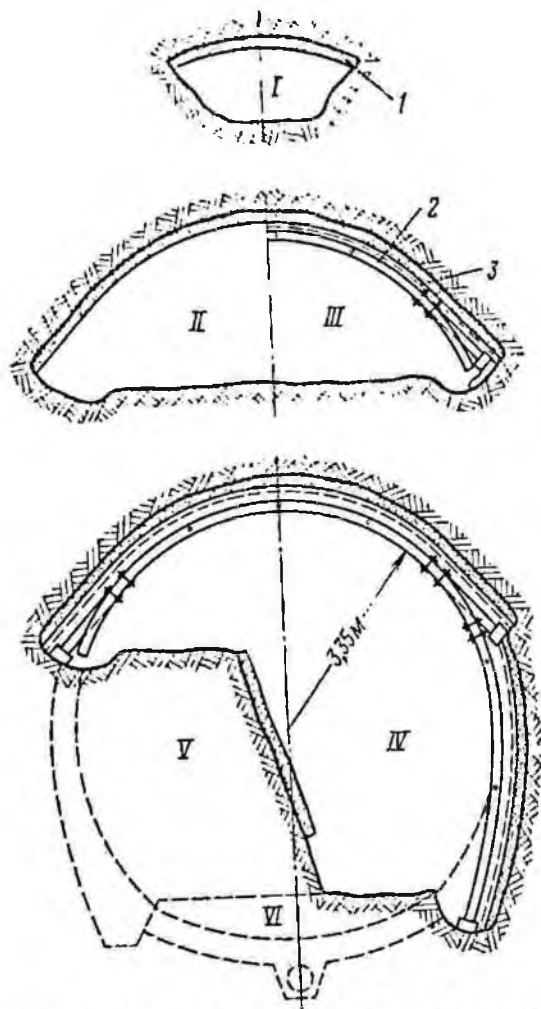


Рис. 77. Схема раскрытия сечения тоннеля:
 I—VI — фазы работ; 1 — слой набрызгбетона толщиной 5—10 см; 2 — металличе-
 ские арки; 3 — слой набрызгбетона толщиной 30—60 см

сечением 50—70 м² проведен в глинистых породах. В качестве временной крепи возводили свод из набрызгбетона толщиной 20—50 см или через 1—2 м устанавливали металлические арки, которые усиливали набрызгбетоном толщиной 0,6—1 м. Конструкция, по данным авторов, позволила снизить затраты по сравнению с деревянной крепью на 20—50%.

Перспективно применение крепи из набрызгбетона при проходке выработок проходческими комбайнами.

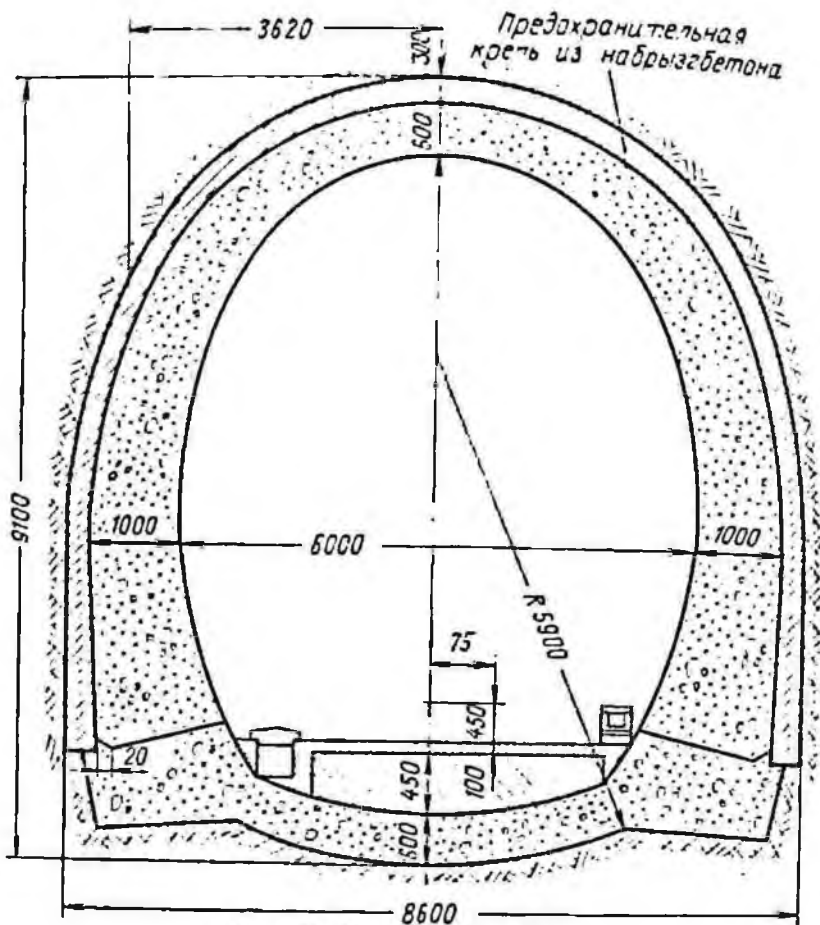


Рис. 78. Конструкция крепи

Безопалубочное бетонирование способно обеспечить непрерывную работу комбайна темпами, соответствующими скорости его продвижения (6—10 м/ч). Можно считать, что при такой скорости проведения горное давление в ряде случаев будет проявляться на удалении от забоя, а толщина набрызгбетона, наносимого в процессе проходки как временная крепь, будет составлять 3—5 см. При продвижении забоя на 15—50 м толщина крепи может усиливаться дополнительным слоем набрызгбетона в сочетании с микроармированием, предложенным проф. С. С. Давыдовым. Сущность предложения сводится к тому, что зоны конструкции крепи, подверженные значительным растягивающим усилиям, ар-

мируются ориентированными по направлению усилий волокнами из металлических и неметаллических материалов.

Рассмотрение конструкций крепи и области их применения позволяет уточнить, что крепи из набрызгбетона и их сочетаний с другими видами находят применение при коэффициенте крепости пород от 2 и более по шкале проф. М. М. Протодяконова. Конструктивные особенности крепей: последовательное утолщение набрызгбетона, усиление крепи арматурой, металлической рамной крепью, сетками, а также сочетание с анкерами и микроармированием позволяют приспособлять крепи к изменяющимся при проведении выработок горно-геологическим условиям. Параметры крепей из набрызгбетона (толщина крепи, прочностные показатели, схема размещения анкеров и т. п.) не имеют пока достаточного теоретического и расчетного обоснования. Практика в этом направлении опережает теоретические и экспериментальные исследования. Для установления области применения конструкций крепи из набрызгбетона в зависимости от крепости пород и ширины выработки можно воспользоваться графиком (рис. 79), полученным на основе практики работ и опубликованных в литературе данных.

Технология и организация работ по возведению крепи. Технологические схемы и карты организации крепления горных выработок являются частью общего проекта организации работ по возведению подземных сооружений и составляются с учетом горно-геологических условий, принятых конструкций крепи, методов их возведения и средств механизации. Технологические схемы организации работ по креплению имеют целью установление рационального набора оборудования, размещения его в призабойной части в зависимости от заданной конструкции крепи, места приготовления смеси, вида добавки ускорителя, сечения выработки, крепости вмещающих пород и других конкретных для данной шахты особенностей. Различают два основных метода возведения набрызгбетонной крепи. Первый метод состоит в возведении крепи с отставанием от забоя и второй, когда крепление производится непосредственно в забое или при забойной зоне одновременно с прохождением выработки. В обоих случаях возводимая крепь может быть

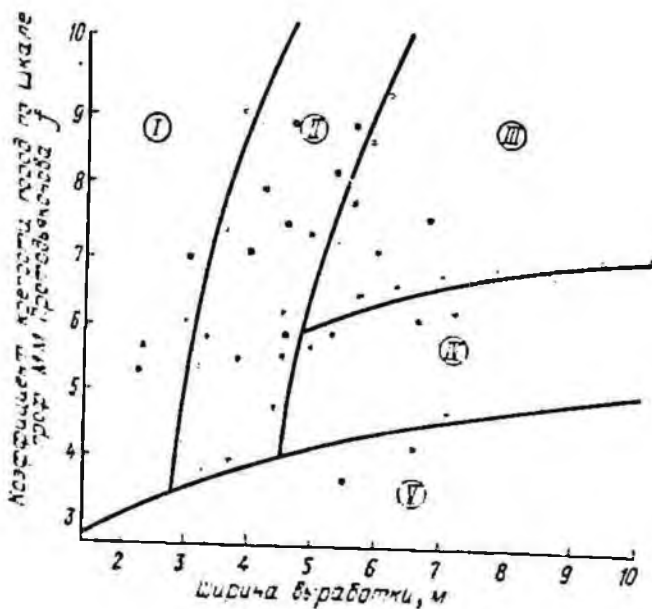


Рис. 79. Области применения крепей из набрызгбетона: I — толщина слоя 5 см; II — толщина слоя 6—10 см; III — толщина слоя 11—20 см; IV — набрызгбетон в сочетании с анкерами; V — набрызгбетон в сочетании с металлическими сетками и арками

из набрызгбетона или составной частью комбинированной крепи с анкерами, металлической сеткой и др.

Современная технология совмещения добавок-ускорителей со смесью позволяет выделить два случая: первый — при применении порошкообразных добавок-ускорителей (равно как и быстрохватывающихся и быстро твердеющих цементов), вводимых в состав набрызгбетонной смеси на шахтной поверхности или в шахте, и второй — при применении жидких добавок-ускорителей.

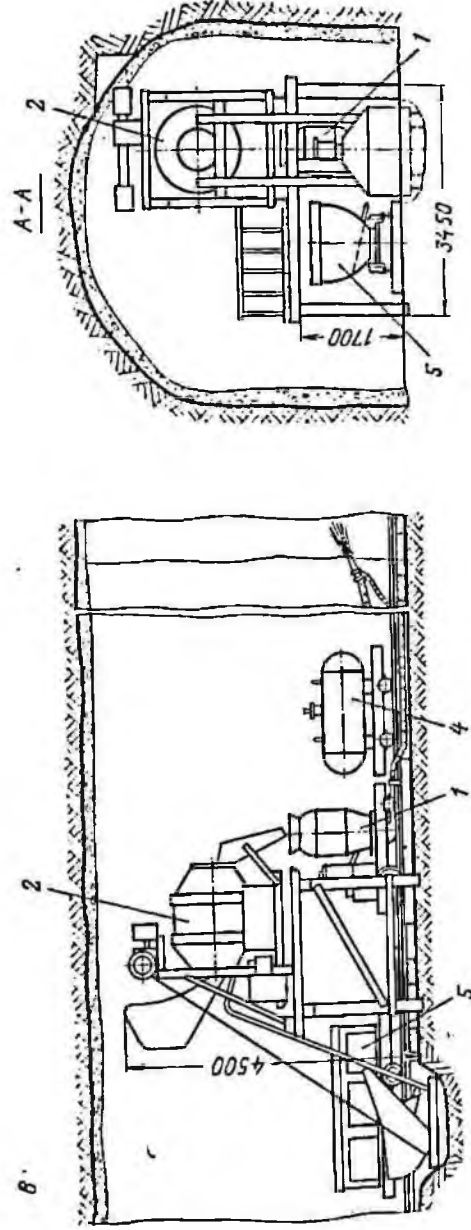
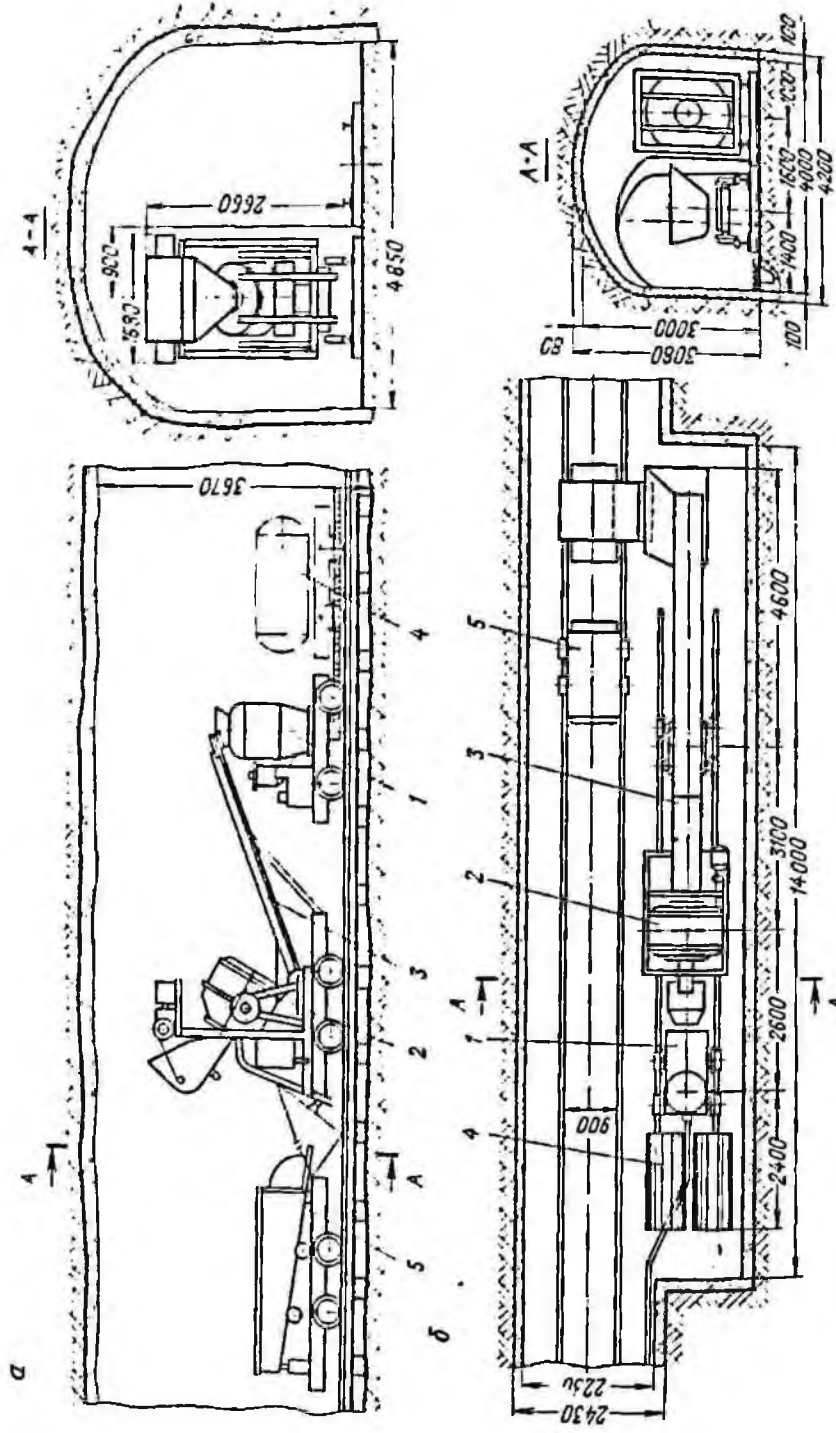
Исследованиями потери активности цементно-песчаных образцов во времени выявлено, что хранить готовую смесь в шахтах свыше 3—6 ч нецелесообразно. Если смесь должна храниться более 3—6 ч, целесообразно вводить добавку непосредственно перед набрызгом и, как следствие, организовать повторное перемешивание. Повторное перемешивание смеси с добавками, производимое непосредственно у места работ, связано с дополнительными операциями по выгрузке смеси из вагонетки

в бетоносмеситель, введении добавки, выгрузке смеси из бетоносмесителя и т. п. При этом возникают затраты, связанные с транспортированием и хранением добавок. Применение комплексных добавок еще более усложняет работы.

Шное положение имеет место при применении жидких добавок. Растворенная добавка заливается в емкость, откуда давлением воздуха вместе с водой затвердения вводится в состав смеси. Таким образом, применение жидких добавок проще порошкообразных, однако промышленное производство их еще не налажено.

Вопросы приготовления бетонной смеси для набрызга являются не только организационно-техническими. Выбор способа и места приготовления смеси оказывает существенное влияние на экономику безопалубочного бетонирования. Как показывает практика, стоимость смеси, приготовленной в шахте, почти в 2 раза больше приготовленной на поверхности. На выбор типа и оборудования средств механизации производства работ оказывают влияние размеры поперечного сечения выработок. Для выработок больших сечений имеется потребность в более мобильных машинах и оборудовании, не привязанных к рельсовым путям, в бункерах большой емкости и высоты, тележках для набрызга в сводовой части и т. п.

Схемы организации работ при использовании порошкообразных добавок-ускорителей. На рис. 80 показаны схемы работ, применяемые на строительстве железнодорожных и гидротехнических тоннелей, железорудных шахтах Урала и Кривбасса. Одна из схем составляется по комплексу КББ-3, рассмотренному ранее, а остальные скомпонованы на базе шахтного оборудования, применяемого в угольной и горнорудной промышленности. На случай отсутствия в выработках водопровода в составе комплексов имеются цистерны, из которых вода под давлением воздуха поступает в камеру смешения. Гравийно-песчаная смесь перемешивается в бетоносмесителе с цементом и добавкой-ускорителем, откуда поступает в бетономашину. При небольшой (1—2%) влажности песка песчано-гравийная смесь может обрабатываться цементом на поверхности, тогда добавка-ускоритель вводится при дополнительном перемешивании.



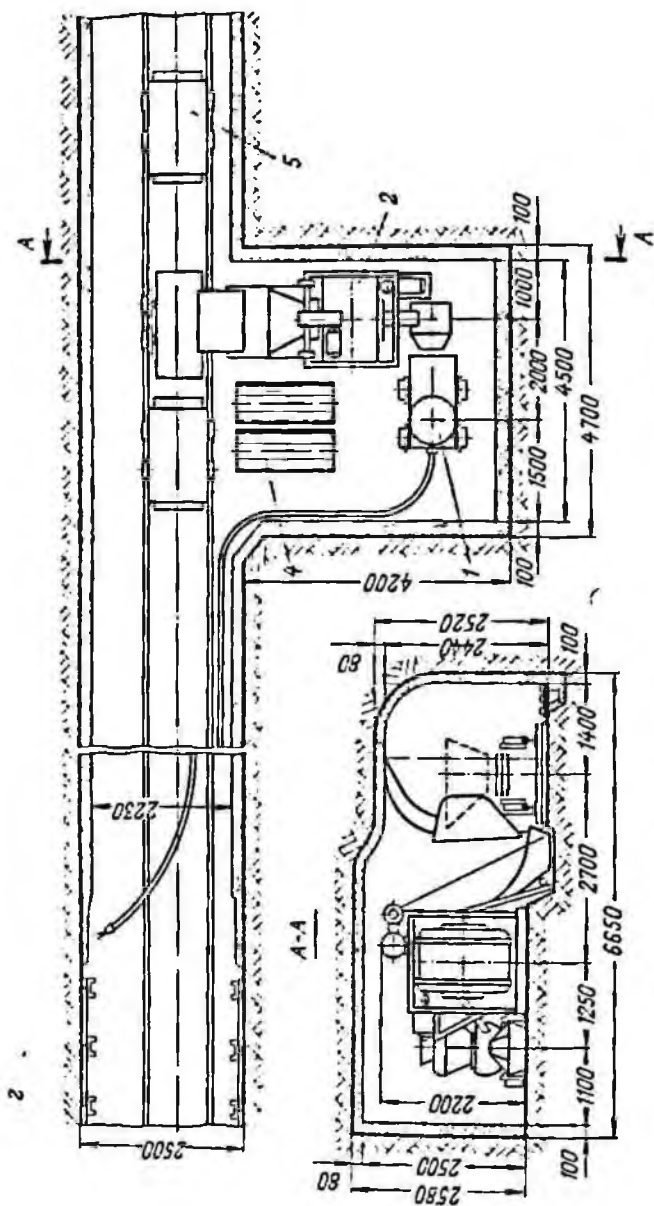


Рис. 80. Организация работ при применении порошкообразной добавки ускорителя:

а — при торцевой разгрузке материалов; б — при размещении оборудования в ящике; в — в околоствольном дворе; г — при поперечной выработке; 1 — машина БМ-60; 2 — бетоносмеситель С-389; 3 — перераспределитель кооператив; 4 — гидрочистерта; 5 — вагонетка с лобовой разгрузкой

В однопутных выработках компоновка оборудования в основном развивается по длине выработки. В этом случае имеет место торцевая или боковая разгрузка материалов (рис. 80, б) и установка бетономашинны в специальной нише или в поперечной выработке. Приведенные схемы обеспечивают при односменной работе крепление 100—120 м в месяц выработки сечением 9—10 м² в свету бригадой из трех-четыре человек.

При площади поперечного сечения выработки 20 м² и более расстановка оборудования приобретает большую компактность. В этом случае (рис. 80, в) бетоносмеситель размещается над бетономашинной и выполняет роль промежуточного бункера. На рис. 80, г показана компоновка оборудования при использовании поперечной сбойки или тупиковой выработки. Применение вагонеток с боковой погрузкой хорошо сочетается со скиповым подъемником. При незначительном удалении места работ от бетонного узла, когда добавка-ускоритель вводится в смесь при ее приготовлении, вместо бетоносмесителя устанавливается бункер, который заполняется с помощью скипового подъемника. Применительно к тоннелям приготовление смеси целесообразно организовать в порталной части, как это имело место на строительстве Храмской и Нурекской ГЭС.

Схема работ при использовании жидких добавок-ускорителей. В этом случае технологическая цепочка укорачивается за счет изъятия бетоносмесителей и промежуточных транспортеров. Для введения растворенных добавок-ускорителей и воды используются цистерны, из которых одна находится в работе, а другая — под заправкой. Наличие несложных устройств позволяет автоматизировать заправку и переключение емкостей. На рис. 81 показаны схемы работ применительно к протяженным выработкам небольших поперечных сечений. На рис. 81, а показан вариант КББ-3 для случая жидких добавок. Для организации работ по схеме рис. 81, б может быть применена бетономашинна, снабженная подъемником. На рис. 81, в показаны схемы использования вагонеток с торцевой разгрузкой. Комплексы обслуживаются бригадой из двух-трех человек при скорости крепления 100—120 м/мес.

На рис. 82 показаны фазы организации работ сооружения машинного зала ГЭС машиной БМ-68 при совме-

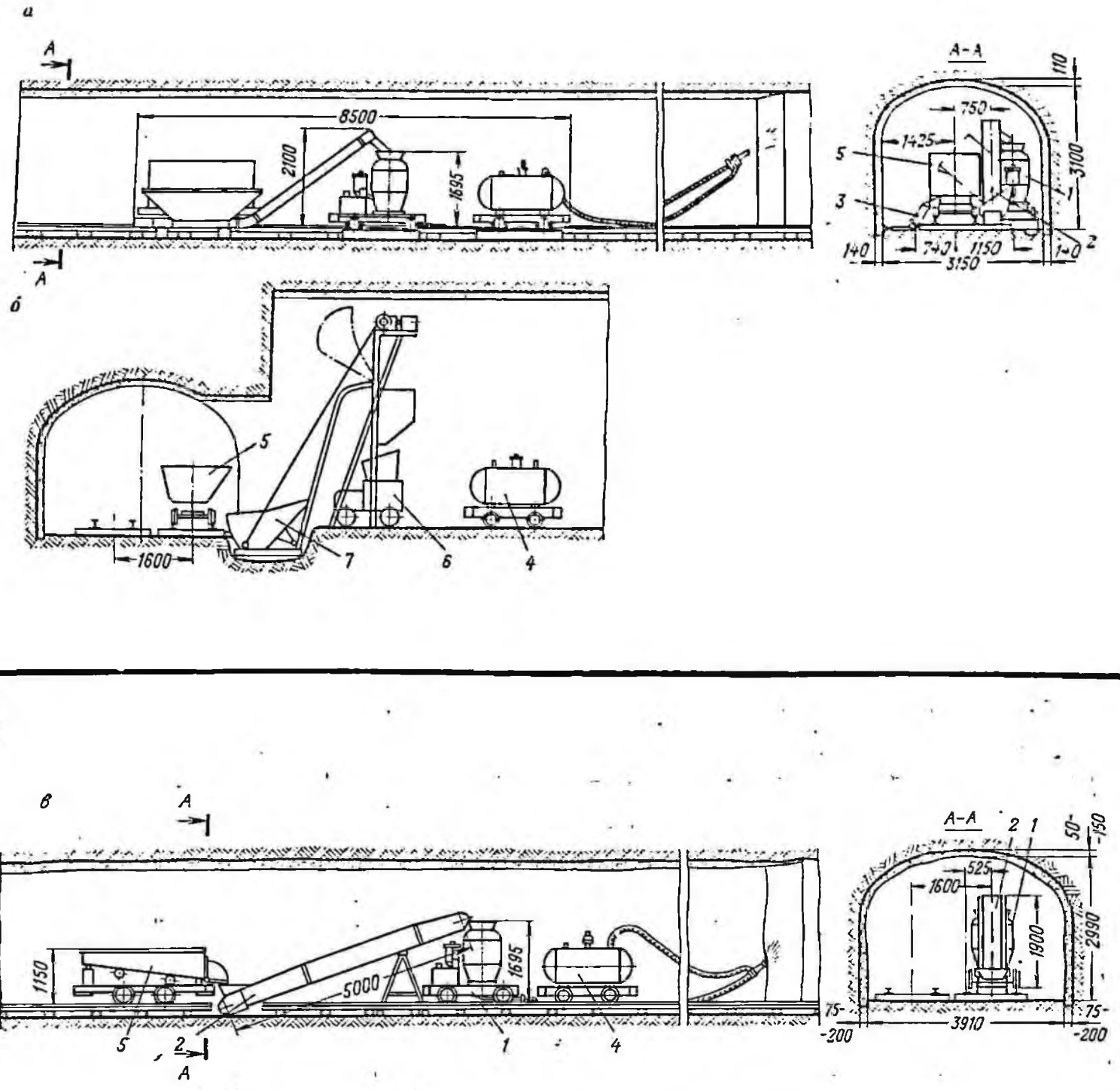


Рис. 81. Организация работ при применении жидкой доставки-ускорителя:

а — с комплексом КББ-3; б — при наличии скипового подъемника; в — при торцевой разгрузке вагонеток; 1 — машина БМ-60; 2 — перегрузочный конвейер; 3 — домкрат; 4 — гидrocистерна; 5 — вагонетка; 6 — машина БМ-68; 7 — скиповой подъемник

145

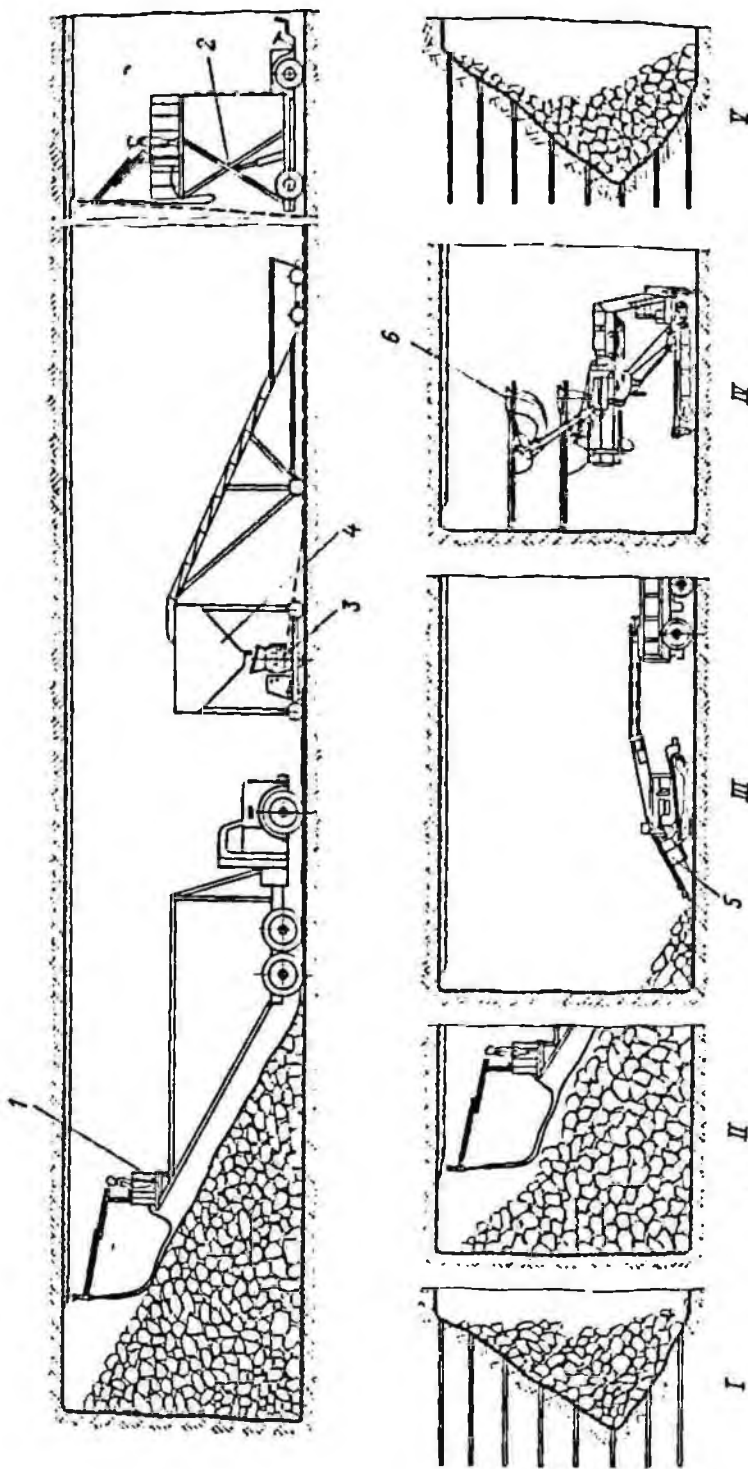


Рис. 82. Организация работ в камерных выработках машиной БМ-68:

I—V — фазы работ; 1 — установка для возведения временной крепи из набрызгбетона; 2 — установка для возведения постоянной крепи из набрызгбетона; 3 — машина БМ-68; 4 — буткер-накопитель; 5 — погружаемая машина «ПНБ-2»; 6 — бурильная машина СДЗ-3

шении проходки с креплением. Набрызг бетона производится в два приема: после приведения забоя в безопасное положение во время уборки породы производится набрызг слоем в 4—5 см, который служит временной хрупью, а затем при удалении забоя на 20—50 м толщина крепи наращивается до 12—15 см. Нанесение бетона производится с самоходных тележек, полков, установленных на автомашинах или прицепах на пневмоколесном ходу. Наличие в машине пневматического хода повышает ее маневренность. Примерно такую организацию работ применяли на строительстве Нурекской ГЭС.

На рис. 83 показаны принципиальные схемы крепления выработок бетономашинами БМ-70 и УНБ-8 при их проведении комбайновым и буровзрывным способами. В рассматриваемых схемах временная крепь возводится из набрызгбетона, а постоянная крепь — из набрызгбетона в сочетании с металлическими арками и др.

Обеспечение работ бетонными смесями. По экономическим и организационным соображениям сухую бетонную смесь целесообразно готовить на поверхности и доставлять в шахту готовой к употреблению. Применяемую для набрызга бетонную смесь условно называют сухой, потому что песок, гравий и щебень, используемые для ее приготовления, повсеместно находятся на открытом воздухе и обладают переменной влажностью до 7—9%. В летние месяцы верхние слои песка на складах и шахтных площадках могут быть достаточно просушенными и иметь влажность 0—1%, но на небольшой глубине влажность песка заметно повышается. Со щебнем и гравием дело обстоит благополучнее, так как их максимальная влажность составляет 1—3%. Цемент и добавки после смешения их с влажным песком и щебнем (гравием) начинают гидратировать и со временем бетонная смесь теряет часть своей активности. Предварительное смешение песчано-гравийной смеси с цементом и добавками за 3 ч и более до употребления резко снижает прочностные показатели набрызгбетона. Исследованиями было выявлено, что при 5%-ной влажности песка прочность бетона, затворенного на этой смеси после суточного ее хранения, уменьшается на 75%. Таким образом, создать в шахте какой-либо запас

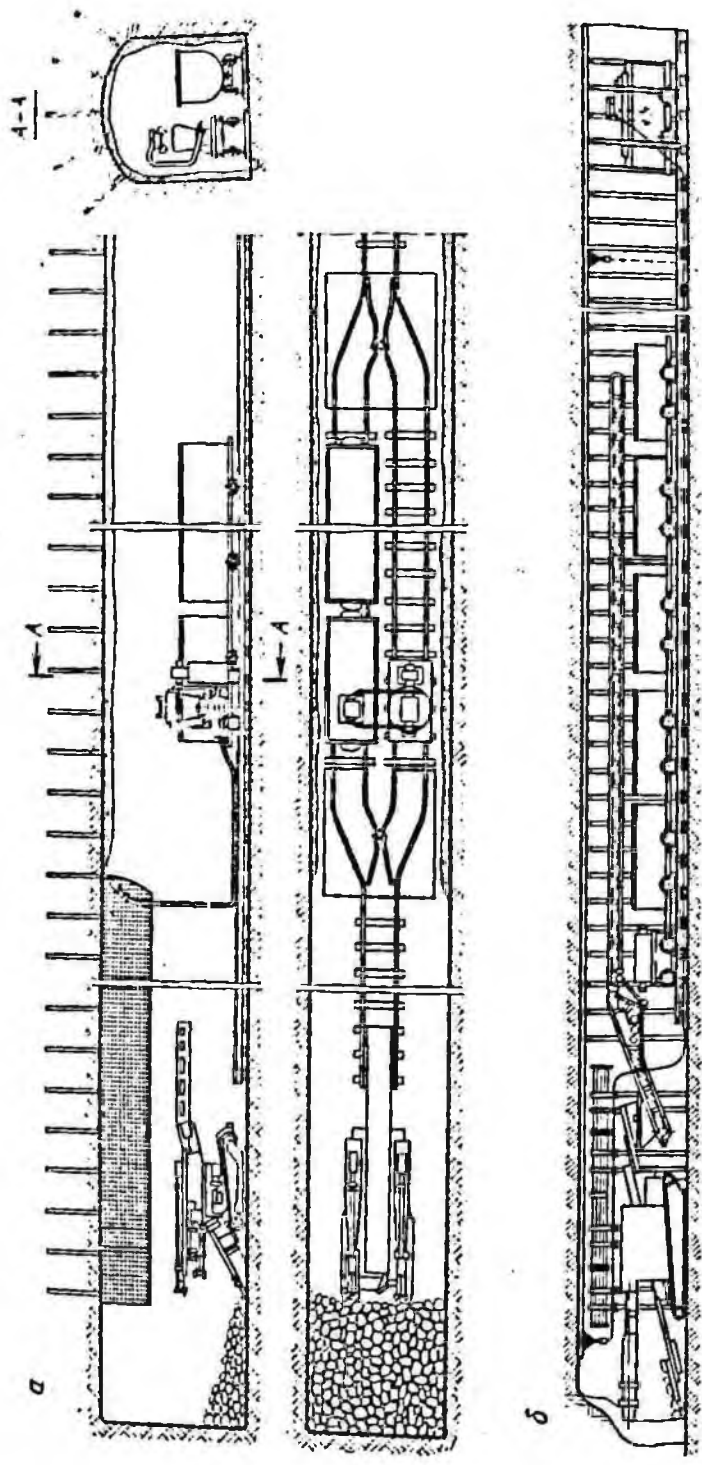


Рис. 83. Организация крепления выработок при буровзрывном (а) и комбайновом (б) способах разработки забоя

смеси для работ более чем на одну смену практически нецелесообразно. Изменяющаяся влажность смеси требует в процессе работ систематического корректирования количества вводимой воды, что также неблагоприятно сказывается на прочности набрызгбетона. С указанием позиций технически и экономически оправдано применение бетонных смесей, приготовляемых на абсолютно сухих (высушенных) заполнителях. В этом случае приготовляемая на централизованных бетонных заводах смесь может без потери активности длительное время в необходимых количествах храниться в силосах или во влагонепроницаемой таре на шахтных площадках, всегда готовая к использованию.

Мероприятия по пылеподавлению при производстве работ. Безопалубочному бетонированию сопутствует пылеобразование, размеры которого в основном зависят от влажности смеси и водоцементного отношения. Установлено, что пылинки размером 10 мкм при неподвижном состоянии воздуха оседают довольно быстро. Медленнее оседают частицы размером от 10 до 0,1 мкм, а частицы менее 0,1 мкм почти совсем не оседают. Проведенные при испытаниях комплексов «Монолит-1» и машины БМ-68 замеры запыленности рабочих мест выявили, что, против допустимого содержания пыли в 1—6 мг на 1 м³ воздуха, на рабочем месте машиниста во время загрузки машины БМ-60 запыленность достигала 50 мг/м³ и более, а на рабочем месте сопловщика — 25 мг/м³. Замеры, проведенные Криворожским филиалом ВНИИОМШСа в тупиковых забоях при отсутствии вентиляции, показали, что запыленность рабочих мест при креплении повышается во много раз. Анализ дисперсности пыли при работе машины БМ-60 показал, что в ней частиц размером менее 5 мкм находится 65—90%. Мероприятия по снижению запыленности связаны с улучшением вентиляции места работ, устройством водяного орошения, применением индивидуальных средств защиты и конструктивным усовершенствованием машин. Такими мероприятиями являются: удлинение пути перемещения сухой смеси с водой и незначительное ее смачивание перед употреблением; смачивание стен и кровли закрепляемых выработок водой с усилением вентиляции места работ; устройство водяных завес. Эффективность водяных завес возрастает при применении их

в сочетании с поверхностно-активными добавками типа ДБ — дибутолом в количестве 0,1%. На некоторых рудниках место работ ограждается непрерывно смачивающимися полотнищами, имеющими вертикальные разрезы для возможности проезда или прохода. Применение воды для орошения в сочетании с хорошо организованной вентиляцией является в настоящее время наиболее действенным способом борьбы с пылью.

На Зырянском полиметаллическом комбинате для снижения запыленности при работе бетономашин применяли циклонную установку, смонтированную на колесно-рельсовом ходу. Загрязненный цементной пылью воздух направляется с помощью вентилятора через зонтичный фартук в приемный трубопровод, где обильно орошается водой, распыляемой форсунками. Далее воздушно-водяная смесь направляется в многопоточный циклон, где происходит оседание пыли. Применение установки позволило улучшить санитарно-технические условия на рабочем месте и в целом на руднике. Установлено, что в угольных забоях наиболее приемлемые скорости вентиляционной струи колеблются от 0,8 до 3 м/с. При меньших и больших скоростях резко возрастает пылеобразующий эффект движущегося воздуха. Применение цемента, содержащих добавки органического происхождения (трепел и т. д.), способствует меньшему пылеобразованию, чем шлакопортландцементы и подобные им. Известно, что уменьшению пылеобразования способствует введение в воду добавок хлористого кальция, хлористого алюминия, азотнокислого кальция и т. п.

Институтом Металлургвентиляция (Кривой Рог) предложена конструкция сопла с орошающим устройством, которое снижает пылеобразование при работах. Эффективны индивидуальные средства защиты. Так, например, «Лепесток-200» имеет эффективность по осаждению частиц радиусом 0,15 мкм в 99,9%.

Особенности применения безопалубочного бетонирования в шахтах, опасных по газу или пыли. Одним из препятствий к широкому применению безопалубочного бетонирования в шахтах, опасных по газу или пыли, является возможное искрообразование и связанное с этим воспламенение рудничной атмосферы, обогащенной метаном. Искрообразование возможно при разрядке накапливающихся на прорезиненных шлагах зарядов

статического электричества, образующихся при движении по ним смеси, при ударе стальных и алюминиевых элементов трубопровода о сталь и породу и при соударении фракций смеси о породу выработки или между собой.

Накапливающиеся на элементах трубопровода заряды при движении смеси по резиновым шлангам имеют значительные напряжения. Так, например, при отсасывании вентилятором воздуха из призабойного пространства на резиновом воздухопроводе накапливаются заряды статического электричества напряжением 11—15 кВ. В зарубежной практике имеются случаи воспламенения в шахтах метано-воздушной среды от зарядов статического электричества. Сложность заключается в том, что значительное количество закрепляемых выработок проводится глухими забоями и не имеет надлежащей вентиляции. Часто работы проводятся на исходящей струе воздуха, состав которой в большей степени взрывоопасен. Имея это в виду, МакНИИ при согласовании конструкции машин БМ-60 для безопалубочного бетонирования допустил их использование в выработках со свежей струей воздуха шахт не выше II категории по газу и опасных по пыли. При креплении выработок в шахтах III категории по газу и сверхкатегорийных, а также на исходящей струе воздуха должна быть произведена замена алюминиевого сопла на стальной, выполнено надежное заземление металлических соединений и использована жидкая добавка-ускоритель.

Воспламеняющая способность искр, возникающих при соударении породы, стали и алюминия, исследовалась МакНИИ. Опыты производились в камере, где в метано-воздушной среде содержалось 5,5—7% метана и 26,5% кислорода. В опыте, когда куски песчаника размерами 45—55 мм (коэффициент крепости 6—8 по шкале проф. М. М. Протодяконова) ударялись о стальные плиты со скоростью 60 м/с, а угол встречи соударяемых тел составлял 25—60°, условная вероятность взрыва составила $1 \cdot 10^{-7}$, что позволило оценить результаты как положительные и считать, что такой вид соударения не способен вызвать воспламенения взрывчатой смеси. В опытах, где куски песчаника ударялись о песчаные плиты, воспламенения смеси не было обнаружено. В опытах, когда соударялись стальные корроди-

рованные плиты и образцы алюминиевых сплавов, было зафиксировано воспламенение метано-воздушной смеси без обогащения ее кислородом в трех случаях из семи. При определении воспламеняющей способности искр, возникающих при ударе стали о сталь и стали о породу, было установлено, что водяное орошение в значительной степени снижает воспламеняющую способность искр. Примерно такое же положение имеет место при набрызге, поскольку смесь затворяется водой. Изложинное показывает техническую возможность более широкого применения безопалубочного бетонирования в угольных шахтах, опасных по газу или пыли. Опыт треста Горловскуглестрой по креплению выработок в шахтах сверхкатегорных по газу и опасных по пыли, проведенных по песчанкам с коэффициентом крепости 4—10 по шкале проф. М. М. Протодьяконова, шахты № 30 объединения Воркутауголь, шахт № 10 и 10/16 Приморскуголь и других является этому подтверждением и заслуживает изучения.

§ 5. КРЕПЛЕНИЕ И РЕМОНТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ НАБРЫЗГБЕТОНОМ

Набрызгбетон при ремонте и креплении стволов широко применяют в отечественной практике с 1961 г. С помощью набрызгбетона успешно были восстановлены бетонная и кирпичная крепи многих стволов шахт и рудников Донбасса, Кузбасса, Урала, нарушенные воздействием сульфатных вод, переменной влажностью, перепадами температур и др. В меньших объемах набрызгбетон нашел применение при креплении стволов шахт, проводимых в устойчивых породах. В настоящее время безопалубочным бетонированием восстановлена крепь более 40 стволов.

Существует две основные технологические схемы организации работ по креплению и ремонту стволов:

1) бетономашины (БМ-60, БМ-68) и бетоносмесительная установка располагаются около устья ствола, а спуск материалов производят по трубам;

2) бетономашинна располагается на рабочем или проходческом полке, а материал спускается по трубам или в бадах.

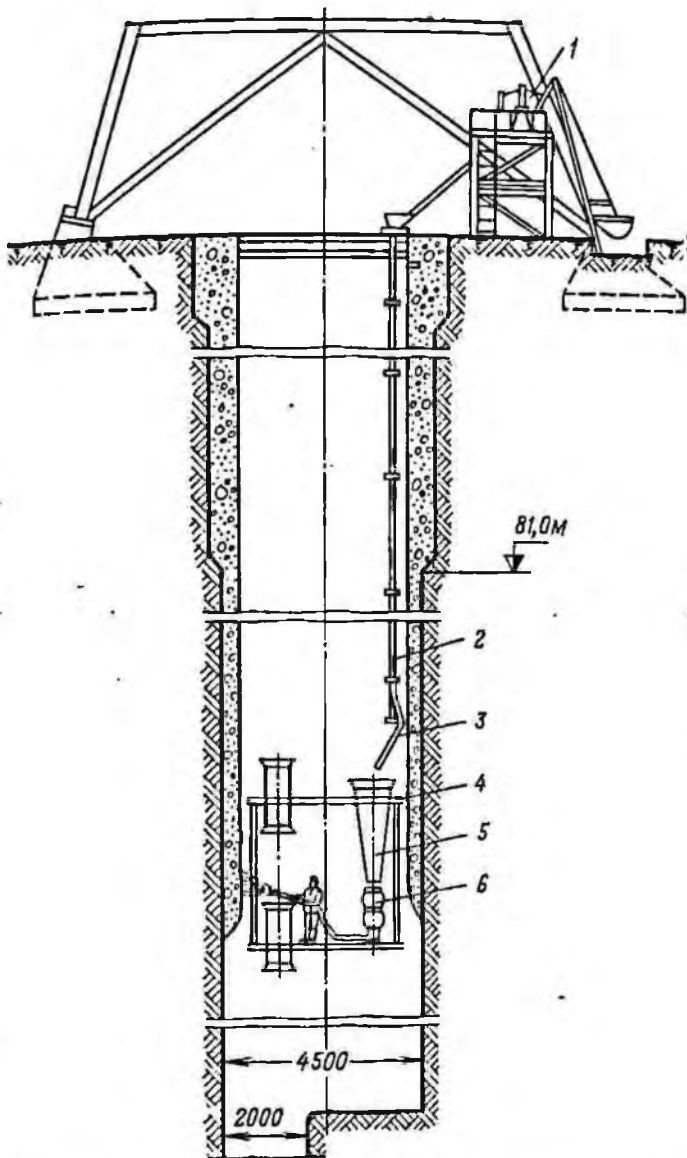


Рис. 84. Организация работ по креплению ствола на шахте «Магнетитовая»:

1 — бетономеситель; 2 — бетонопровод; 3 — гибкий шланг; 4 — полук; 5 — буюкер; 6 — машина БМ-60

Вентиляционный ствол шахты «Магнетитовая» диаметром 4,5 м в свету до глубины 81 м пересекал сильно трещиноватые сиениты и был закреплен монолитным бетоном, ниже до глубины 140 м ствол закреплен набрызгбетоном. Работы были организованы следующим обра-

зом: машина БМ-60 и емкость с ускорителем схватывания размещались на нижнем этаже подвешенного полка. Бетонную смесь спускали по трубам (рис. 84). В качестве ускорителя схватывания применяли раствор алюмината натрия плотностью 1,35—1,40 кг/м³ в количестве 3—4% от массы цемента и жидкое стекло в количестве до 10%. Алюминатный раствор получали путем выщелачивания его из спека ОЭС. Крепление ствола производили в два приема. После уборки породы в стволе на заходку высотой 3 м рабочий полук спускали до забоя и с нижнего этажа производили набрызг первого слоя. Нарастивание толщины предыдущего слоя производили с верхнего этажа. Набрызгу предшествовали оборка профиля и промывка породы водопесчаной смесью. Толщина набрызга составляла 70—100 мм. Технико-экономические показатели крепления приведены в табл. 19.

Таблица 19

Показатели	По проекту при креплении бетоном	При креплении набрызгбетоном
Диаметр ствола в свету, м	4,5	4,5
Диаметр ствола в проходке, м	5,0	4,65
Толщина крепи, мм	250	70—100
Объем выемки породы на 1 м ствола, м ³	19,7	17,0
Расход бетонной смеси на 1 м ствола, м ³	5,32	1,21
Потери бетонной смеси, %	—	15
Скорость сооружения ствола, м/мес	24,0	52,5
Производительность, м/смену	0,6	3,0
Стоимость крепления 1 м ствола, руб.	129,9	43,5
Экономический эффект от применения набрызгбетона на 1 м ствола, руб.	—	86,4

При углубке ствола шахты «Многосерпшная» на этом же руднике машину БМ-60 устанавливали на промежуточных горизонтах через 80 м. Набрызг также производили в два приема. Таким образом ствол был закреплен с отм. —50 м до отм. —210 м.

Вентиляционный ствол диаметром 5 м в свету на руднике «Абакан» был закреплен комбинированной крепью из набрызгбетона и железобетонных анкеров.

Ствол до глубины 425 м закреплен бетоном. Вмещающие породы с коэффициентом крепости 10—14 по шкале проф. М. М. Протодяконова склонны к вывалам. Машина БМ-60 была установлена на гор. 425 м в камере на расстоянии 150 м от ствола, смесь приготавливалась недалеко от машины. Бетонная смесь состояла из естественной гравийно-песчаной смеси с содержанием песка 44% и цемента М 500. Прочность набрызгбетона состава 1:2 на 28-е сутки составляла 415—439 кгс/см². Ствол крепили с проходческого полка. Скважины под анкеры бурили по сетке 1×1 м в шахматном порядке и в них с помощью аппарата АНР устанавливали железобетонные анкеры. Набрызг производили заходками по 1,5 м. При этом вначале заполняли впадины на стенках ствола. Толщина первого слоя набрызга составляла 40—50 мм. При повторном набрызге толщина крепи доходила до 80 мм. Ускорители схватывания в смесь не вводились. На креплении были заняты пять человек, из них один обслуживал машины, а другой работал на сопле. Между машинистом и сопловщиком была установлена световая связь. Скорость крепления ствола составляла 1,5 м/смену. Крепью из набрызгбетона было закреплено 80 м ствола. Экономия от применения набрызгбетона составила 40,4 тыс. руб.

В Криворожском бассейне набрызгбетоном был отремонтирован ствол № 4 шахты «Вентиляционная». Ствол диаметром 6 м был закреплен бетоном; разрушению был подвержен участок глубиной 220 м. Наиболее сильному разрушению подвергся участок ствола, находящийся вблизи выхода подземных сульфатных вод.

Для ремонта был использован двухэтажный полкок. Машина была установлена у ствола под бетоносмесителем (рис. 85). Смесь транспортировалась по трубам диаметром 50 мм. В качестве вяжущего применялся шлакопортландцемент марки 300 (750 кг/м³), заполнителя — отсев дробления щебня (крупностью 0—8 мм), ускорителя схватывания — жидкое стекло в количестве 4—6% от массы цемента. Толщина набрызга достигала 250 мм. Работы в стволе выполняли трое рабочих. Скорость крепления составляла 12—18 м/сут.

Одной из значительных по объемам была работа по креплению наклонных стволов шахты им. Артема (Кривбасс), где крепью из набрызгбетона и железобетонных

анкеров с металлической сеткой было закреплено 5,4 км стволов и 54 камеры; объем работ по набрызгу составил 79 тыс. м².

Два конвейерных ствола сечением 18,7 м² в свету расположены под углом 16°. По длине каждого ствола

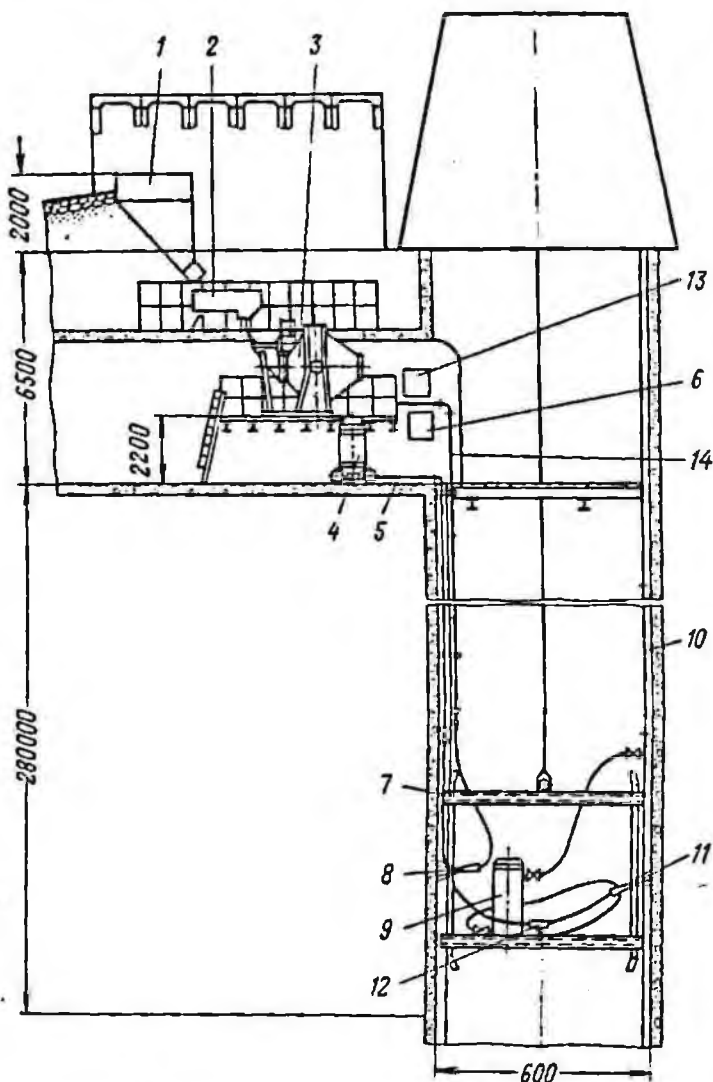


Рис. 85. Организация работ по ремонту ствола шахты «Вентиляционная»:

1 — бункер для цемента и заполнителей; 2 — дозатор; 3 — бетономеситель; 4 — бетономашинна; 5 — бетонопровод; 6 — пульт управления; 7 — полук; 8 — насадка; 9 — резервуар; 10 — воздухопровод; 11 — сопло; 12 — камера затворения смеси; 13 — световое табло; 14 — водопровод

располагаются пять перегрузочных камер со вспомогательными выработками (электроподстанций, обеспыливания, вентиляции и др.). Стволы проходят по породам с коэффициентом крепости 15—16 по шкале проф. М. М. Протодьяконова. Конструкция крепи — комбинированная: железобетонные анкеры (2—4 анкера на 1 м^2), металлическая сетка и покрытие из набрызгбетона средней толщиной 60 мм.

Бетонная смесь, приготовляемая на бетонном заводе, доставлялась к стволу автосамосвалами (рис. 86), где выгружалась в скип, затем в бункер. В днище бункера, расположенного под машиной БМ-60, был встроен вибратор с контрольным ситом. Управление наземным комплексом, расположенным у устья ствола, осуществлял оператор. Из машины сухая смесь транспортировалась по трубам диаметром 108 мм. Трубы между собой соединялись на муфтах, поскольку фланцевые соединения себя не оправдали из-за большого износа. Для поддержания соответствующей скорости вылета смесей при набрызге оператор устанавливал в системе соответствующее давление, которое при транспортировании смеси повышалось.

Смесь составлялась из песка крупностью до 10 мм и шлакопортландцемента марок 300—400. Содержание глины в песке составляло 8—9%, пустотность — 40—44%, влажность — 6—8%. Состав смеси 1:3; на 1 м^3 смеси расходовалось 400 кг цемента и 1350 кг песка.

Для улучшения смачивания смеси и уменьшения пылеобразования камера смешения смеси с водой была удалена от сопла на 5—6 м (рис. 87). Это позволило повысить прочность бетона и уменьшить содержание пыли до 15 мг/м^3 . До начала набрызга сопловщик регулировал подачу воды, воздуха и обмывал выработку. Вначале смесью заполняли пространство между сеткой и породой, а затем покрывали сетку бетоном слоем 2—3 см. Расход сжатого воздуха составлял 12—14 $\text{м}^3/\text{мин}$, на укладку в дело 1 м^3 сухой смеси затрачивалось 28 мин. Бригада состояла из оператора, сопловщика и помощника. Производительность труда составляла 40—50 м^2 на выход. Наилучшие достигнутые месячные показатели составили 6 тыс. м^2 при двухсменной работе. Экономический эффект от применения набрызгбетона составил более 100 тыс. руб.

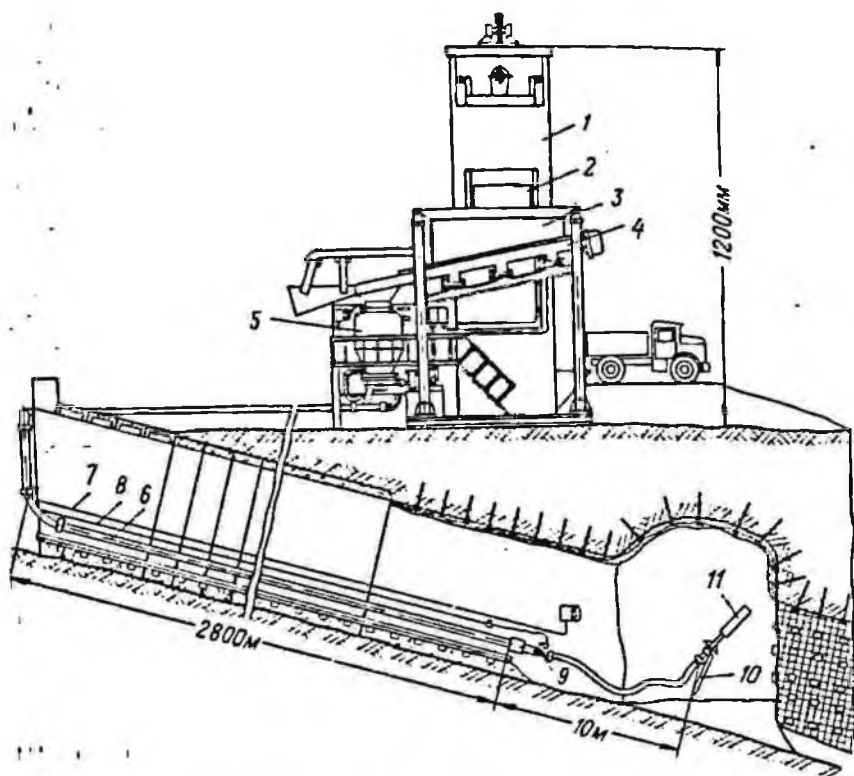


Рис. 86. Организация работ по креплению ствола на шахте им. Артема:

1 — кран; 2 — скип; 3 — бункер; 4 — вибропитатель; 5 — машина БМ 60.
 6 — воздухопровод; 7 — сигнализация; 8 — водопровод; 9 — камера смешения.
 10 — пневмоподдержка; 11 — стол

Значительный экономический и технический эффект от применения набрызгбетона был получен при ремонте стволов объединения Ростовуголь шахт № 1, № 7, им. Ленина, № 19/20 и 50-летия Октября, «Юго-Западная» и «Изваринская» объединения Гуковуголь; шахт № 18-бис, 19 и 8-бис объединения Челябинскуголь и др.

Представляет интерес организация работ при ремонте ствола шахты «Игнатьевская» объединения Донецкуголь. Воздухоподающий ствол № 1 диаметром 8 м в свету был закреплен кирпичом. Под воздействием атмосферных, главным образом температурных, влияний и сульфатных вод крепь на участке 50—300 м от поверхности разрушалась. При восстановлении крепи бы-

ло решено по кирпичной кладке нанести слой набрызг-бетона толщиной 5—10 см.

Комплекс оборудования, состоящий из машин БМ-60, бетоносмесителя со скиповым подъемником и резервуаром для воды, размещался у ствола.

Вначале машина БМ-60 располагалась под бетоносмесителем, который также использовался как промежуточный бункер. Для работ по набрызгу были оборудованы выдвижные полки, установленные на закрепленной в клетки вагонетке. Для безопасности работ и уменьшения засорения зумпфа на клетки были дополнительно устроены козырьки. Бетонная смесь от машины транспортировалась по металлическим трубам. Набрызгу предшествовала оборка разрушенной крепи и очистка поверхности, производимые вручную и водопесчаной смесью, а также увлажнение ранее нанесенного бетона. Работы велись заходками снизу вверх по ярусам расстрелов. В процессе работы использовались все три клетки, которые по необходимости перемещались на разные уровни. Между сопловщиком и машинистом подъема осуществлялась телефонная связь. На одном из этапов работ машина БМ-60 устанавливалась на рабочем полке, а смесь для загрузки транспортировалась по трубам.

Для приготовления бетонной смеси применяли сульфатостойкий цемент М 500, хлористый кальций и жидкое стекло.

Работы выполнялись бригадой рабочих из семи человек: три человека находились в стволе и четыре человека занимались обслуживанием механизмов и приготовлением смеси. За смену ремонтировалось до 100 м² поверхности. Работы производили без перерыва в рабо-

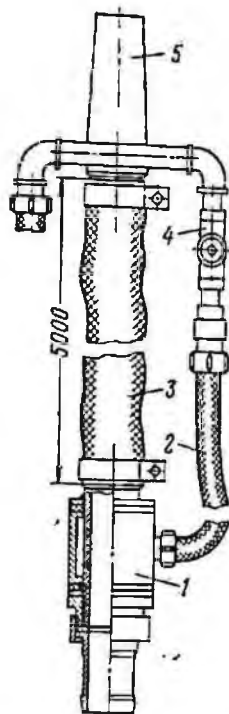


Рис. 87. Сопло с удлинителем:

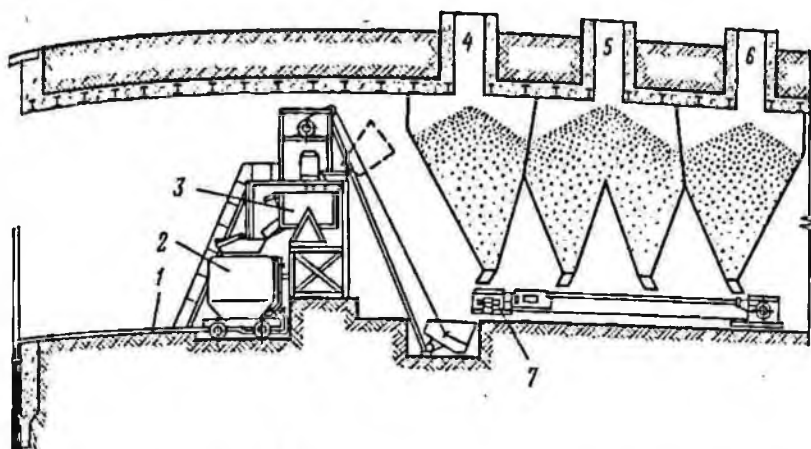
- | | | | | |
|----------------|---------------------|-------------------------|--------------|-----------|
| 1 — смеситель; | 2 — шланг для воды; | 3 — материальный шланг; | 4 — вентиль; | 5 — сопло |
|----------------|---------------------|-------------------------|--------------|-----------|

те шахты. Работы выполнялись трестом Донецкшахтопроходка.

На шахте № 5/7 объединения Донбассантрацит вентиляционный ствол, углубляемый с отм. 180 м до отм. 504 м, был закреплен набрызгбетоном. Диаметр ствола в свету 4,5 м, коэффициент крепости пересекаемых пород 4—15 по шкале проф. М. М. Протодеяконова. При углубке ствола применялась подъемная установка ПМ-10 и бадьи емкостью 1 м³. Бригада проходчиков состояла из 20 человек. После взрывания и проветривания забой тщательно обирался, а стенки ствола промывались водой. На работы, связанные с наращиванием трубопроводов — бетонного, вентиляционного и сжатого воздуха, а также на перемещение полка затрачивалось 1,5 ч. Одновременно с уборкой породы грузчиком КС-3 производилось крепление выработки на высоту 2,1 м. На эти работы задалживалось 18 ч; средняя продолжительность цикла составляла 36 ч.

Крепь возводили из набрызгбетона марки 200 на цементе марки 400, мелком песке и каменной мелочи крупностью до 8 мм. Набрызг производили непосредственно с породы. Вода к соплу подводилась из бадьи, установленной на подвесном полке. Возведением крепи были заняты пять проходчиков: один производил набрызг (сопловщик), другой находился на сигнале, третий находился на подвесном полке и четвертый и пятый занимались приготовлением сухой бетонной смеси. Сухую бетонную смесь готовили на бетонном узле, размещенном в бездействующем канале у ствола, где были смонтированы четыре бункера емкостью каждый 6—8 м³ — по одному для цемента, песка и два для отсева. Такое размещение бункеров значительно облегчало их загрузку. Цемент и заполнители из бункеров по конвейеру поступали в скип бетоносмесителя С-472А. После перемешивания смесь выгружалась в машину БМ-60, из которой по трубам диаметром 50 мм подавалась в ствол к месту работ (рис. 88).

Для ускорения схватывания и твердения набрызгбетона в его состав вводилась добавка НКАII, разработанная Ростовским ПромстройНИИпроектом и состоящая из углекислого калия, сернокислого натрия и алюмината натрия в весовом отношении 1 : 1,2 : 1,6. Расход материалов на 1 м³ смеси составлял 500 кг цемента, по 1000 кг



Операции	Защиты время на шпур, ч-мин	Время, ч																																			
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35
бурение шпуров	8-00	[Bar chart showing duration from 0 to 8:00]																																			
подъем оборудования	0-20	[Bar chart showing duration from 0 to 20:00]																																			
зреление шпуров, за- режание и взрывание	1-50	[Bar chart showing duration from 0 to 1:50]																																			
пробитие забоя	0-30	[Bar chart showing duration from 0 to 0:30]																																			
спуск оборудования	0-20	[Bar chart showing duration from 0 to 20:00]																																			
возведение крепи	6-00	[Bar chart showing duration from 0 to 6:00]																																			
уборка породы	19-00	[Bar chart showing duration from 0 to 19:00]																																			
порощивание труб. вентиляционных бетнопровода воздушных	0-30 0-30 0-30	[Bar chart showing duration from 0 to 0:30]																																			
Всего	36-00	Спуск полка 2 раза в месяц по одной смене																																			

Рис. 88. Схема крепления ствола шахты 5/7 и график организации работ:

1 — бетнопровод; 2 — машина БМ-60; 3 — бетономеситель; 4 — люк для це-
мента; 5 — люк для песка; 6 — люк для отсева; 7 — конвейер

песка и каменного отсева. Благодаря ускорителю схва-
тывания и твердения прочность набрызгбетона через 6 ч
составляла около 30 кгс/см².

Среднемесячная скорость проходки составила 42,4 м
при нормативе 35 м. Производительность труда на од-
ного проходчика на выход составила 1,98 м³ в свету.

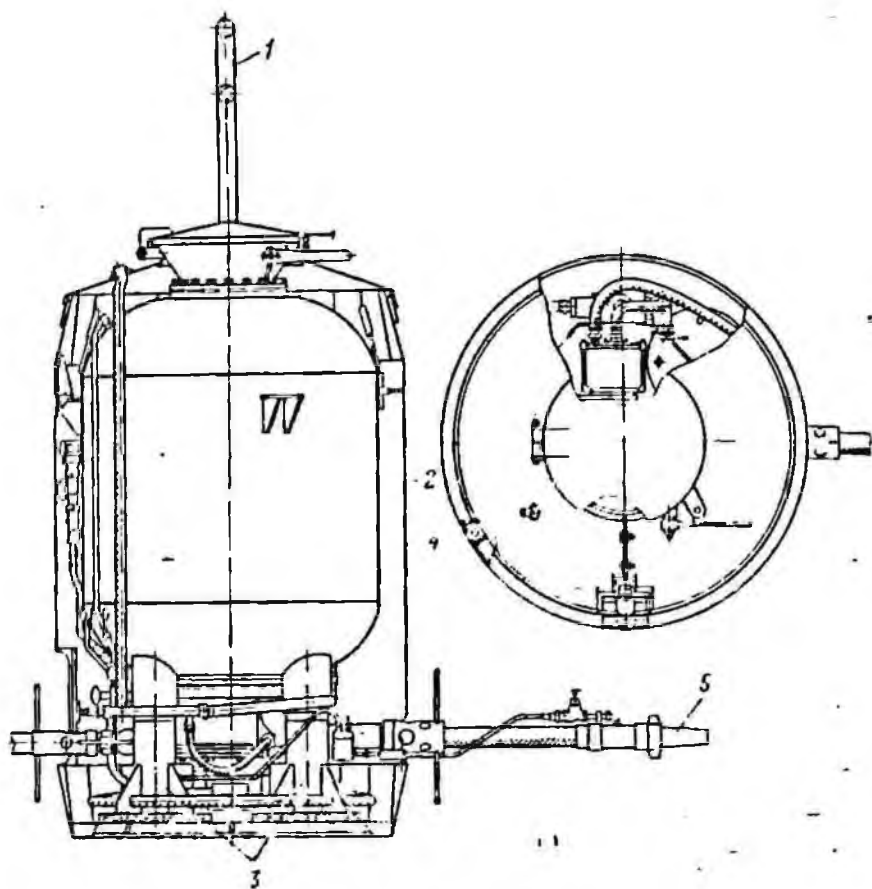


Рис. 89. Машина БМС-5:

1 — дужки; 2 — емкость для смеси; 3 — емкости для воды; 4 — кожух; 5 — сопло

что выше среднего по ряду предприятий. Применение крепи из набрызгбетона толщиной 100 мм взамен запроектированной из бетона толщиной 300 мм позволило уменьшить сечение ствола в проходке, повысить прочность крепи и на 25% снизить сметную стоимость работ.

Фактическая стоимость 1 м проведения ствола составила 80 руб. против 119 руб. по смете.

В 1969—1971 гг. ЦНИИПодземмашем испытывалась специализированная машина БМС-5 (БМС-3м) для работ в стволах (рис. 89). Машина БМС-5 предназначена для заделки лунок расстрелов при армировании ство-

лов, швов бетонирования, восстановления и ремонта крепи стволов и др.

Основу конструкции машины составляют: емкости для сухой бетонной смеси и воды, дозирующее устройство, редуктор и пневматический двигатель, расположенные в нижней части емкости. Для предотвращения слеживания влажной смеси и обеспечения более равномерной подачи ее к дозатору машина снабжена ворошителем, размещаемым внутри емкости. Ворошитель состоит из двух концентрических окружностей, имеющих общую втулку, насаживаемую на эксцентрично расположенную ось в крышке дозатора. Вращаясь вокруг своей оси и оси машины, ворошитель препятствует слеживанию материала.

Техническая характеристика машины БМС-5

Производительность по сухой смеси, м ³ /ч	5
Максимальная фракция заполнителя, мм	30
Дальность подачи сухой смеси, м:	
по горизонтали	100
по вертикали	50
Емкость бункера, м ³	1,3
Емкость водяной системы, м ³	0,29
Мощность привода, л. с.	5
Основные размеры, мм:	
высота до прицепной дужки	3180
загрузочная высота	2400
диаметр	1436
Масса машины, кг	1700
Масса на крюке подъемной машины, кг	4500

На скипо-клетевом стволе шахты «Красная звезда» (Донбасс) и главном стволе Соколовского рудника машину БМС-5 применяли при заделке лунок расстрелов. Шесть лунок на ярусе размером 0,5×0,5 м в условиях капежа заполнялись машиной в течение 20 мин, тогда как при ручной заделке эта работа выполняется в течение 1 ч 30 мин.

При работе на стволе Соколовского рудника для загрузки бетонной смесью и водой машину БМС-5 устанавливали на маркшейдерском полке, расположенном несколько ниже нулевой площадки. Сухая бетонная смесь, привозимая с бетонного завода, автосамосвалами выгружалась на приемный лоток, при подъеме которого смесь пересыпалась в машину. При работе машину устанавливали на нижнем ярусе подвесного полка, а разделку и

бетопирование лунок производили на верхнем ярусе. Полуавтоматическая система управления машиной позволяет обслуживать ее 1—2 рабочими.

В настоящее время, пока не налажен серийный выпуск машин БМС-5, шахтостроительные организации приспособляют для работ в стволах машины БМ-60 и БМ-68, причем последняя может быть также использована для укладки бетона за опалубку.

Конструкции крепей стволов из набрызгбетона существенно отличаются от применяемых. Можно выделить следующие конструкции:

1) покрытие из набрызгбетона толщиной 6—20 см. Покрытия этого типа можно усиливать микроармированием — металлом и волокнистыми материалами;

2) крепь из рам (колец) толщиной 6—20 см и шириной 20—30 см, возводимых через 1—1,5 м. Межрамное пространство заполняется набрызгбетоном толщиной 3—7 см. Рамы крепи можно усиливать гибкой и жесткой арматурой;

3) крепь из набрызгбетона и анкеров бетонных и металлических;

4) крепь из набрызгбетона и сетчатых затяжек (металлических и полимерных).

В отдельных случаях анкерная крепь и сетчатые затяжки могут служить временной крепью и их можно устанавливать после приведения забоя в безопасное состояние. В последующем они покрываются набрызгбетоном, или, наоборот, временной крепью может служить набрызгбетон, наносимый в забое с породы.

Конструктивные решения комбинированных крепей (например, сочетания набрызгбетона с металлической сетчатой затяжкой, последовательное усиление набрызгбетона, усиление арочной крепи гибкой арматурой и микроармированием) позволяют приспособлять крепи к изменяющимся горно-геологическим условиям за счет толщины слоя набрызга, параметров сетки, количества вводимой арматуры и т. п.

Эти конструкции крепей можно применять при проходке выработок в породах с коэффициентом крепости $f=3\div 4$ по шкале проф. М. М. Протодяконова.

При выборе типа крепи стволов следует учитывать прочность пород и их механическое состояние. Условия-

ми применения крепи из набрызгбетона, по данным ВНИИИ, следует считать:

$$E_{кр} < E_{п},$$
$$\sigma_{сж. н. б} < \sigma_{сж. п},$$

где $E_{кр}$, $E_{п}$ — модули упругости набрызгбетона и пород в куске,

$$E_{кр} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ кгс/см}^2;$$

$$E_{п} \geq 2,5 \cdot 10^5 \text{ кгс/см}^2;$$

$\sigma_{сж. н. б}$, $\sigma_{сж. п}$ — пределы прочности на одноосное сжатие набрызгбетона и пород в куске,

$$\sigma_{сж. н. б} = 200 \div 400 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{сж. п} \geq 400 \text{ кгс/см}^2.$$

Применение этих условий ограничивается достигнутыми глубинами разработки и обычными условиями сооружения стволов. Крепи стволов, подверженные влиянию очистных работ, должны удовлетворять иным условиям.

§ 6. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННОЙ КРЕПИ

Прочность и долговечность бетона и набрызгбетона во многом определяются его физико-механическими свойствами, качеством и соотношением составляющих, а также технологией приготовления, транспортирования и укладки бетонной смеси.

Значительное влияние на формирование бетона оказывают водоцементное отношение, зерновой состав заполнителей, тонкость помола и минеральный состав цемента, добавки, вводимые в состав смеси, качество контактной зоны.

Применение соответствующих материалов в сочетании с совершенной технологией приготовления, укладки бетонной смеси и последующим уходом за ней обеспечивают высокую плотность и прочность бетона, корро-

зностойкость, водо- и газонепроницаемость и морозостойкость. Эти требования в условиях шахтного строительства могут в большинстве случаев быть отнесены к основным.

Плотность бетона является исходным параметром, определяющим показатели прочности, водонепроницаемости и морозостойкости. Увеличение плотности бетона на 10—15% повышает его прочность на сжатие в 2—3 раза.

Наиболее важной характеристикой бетона является предел прочности при сжатии, от которого находятся в зависимости другие свойства, такие как прочность при изгибе, растяжении и др. По нормируемой прочности бетона на сжатие в возрасте 28 сут различают марки бетона: 100, 150, 200, 300, 400, 500 и 600.

Одной из основных характеристик бетона крепи является его водонепроницаемость, обеспечивающая прочность и долговечность крепи в условиях эксплуатации. Водонепроницаемость бетона в основном зависит от его плотности, характера пористости и определяется величиной давления, при котором испытываемые образцы начинают пропускать воду. По степени водонепроницаемости бетоны характеризуются марками: В-2, В-4, В-8 и В-12. Испытание на водонепроницаемость применительно к гидротехническим бетонам предусмотрено в ГОСТ 4800—59. Такие показатели, как водонепроницаемость, плотность и водопоглощение бетона крепи, в значительной степени предопределяют его коррозионностойкость (ГОСТ 12730—67, СН 249—63).

Морозостойкость бетона является фактором, определяющим долговечность крепи, подверженной попеременному обмерзанию и оттаиванию, которым часто подвержены воздухоподводящие стволы, устья штольневых выработок и околоствольных дворов. Морозостойкость понижается как свойство бетона, насыщенного водой, выдерживать многократное оттаивание без признаков разрушения и значительного снижения прочности. Степень морозостойкости бетона определяется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии. Все вышесказанное по отношению к бетону в полной мере относится и к набрызг-бетону как его разновидности.

Заполнители. Для бетонных смесей применяют щебень (гравий) и песок, удовлетворяющие требованиям

ГОСТ 8268—74, ГОСТ 10260—74, ГОСТ 8736—67 и ГОСТ 10268—70 и СНиП I-B. В—62 «Бетоны на неорганических вяжущих».

Одним из основных требований в этом случае является достаточная прочность горных пород, применяемых для получения заполнителей. Для марок бетона 300 и выше необходимо, чтобы прочность при сжатии пород была в 2 раза выше проектируемой марки бетона. Наиболее целесообразно иметь непрерывный гранулометрический состав смеси. Примерное соотношение фракций крупного заполнителя приведено в табл. 20.

Таблица 20

Наибольшая крупность заполнителя, мм	Фракции, %			
	5—10 мм	10—20 мм	20—40 мм	40—70 мм
20	50	50	—	—
40	25	25	50	—
70	10	15	30	45

Содержание в крупном заполнителе мелочи крупностью до 5 мм ограничивается 5%. Содержание лещадных зерен ограничивается 15%.

Для приготовления бетона используются пески с модулем крупности от 1,5 до 4. Содержание глины, ила и мелких пылевидных фракций более 3% по массе не допускается.

Применение чистых, мытых песков средней крупности позволяет снизить водопотребность бетонной смеси и уменьшить расход цемента на 1 м³ бетона на 10—15%.

Для бетонных смесей, транспортируемых по трубам, предъявляются более строгие требования к содержанию в щебне (гравии) пластинчатых (лещадных) зерен — 5—7%. Менее строгие требования к содержанию песка в щебне (гравии) и глинистых частиц, служащих своеобразной смазкой.

Цементы и добавки. В соответствии с минимальной маркой бетона марки 100 применяются цементы марки 300 и выше. При наличии агрессивной среды находят применение сульфатостойкий портландцемент. Используемые цементы должны иметь паспорта, являющиеся основой документации возводимого сооружения.

Особенностью набрызгбетона является быстрое схватывание и твердение, особенно в первые минуты и часы, которое предопределяет возможность восприятия возводимой конструкцией внешних нагрузок. Ускоренное схватывание цементного теста в течение 1—10 мин после затворения можно обеспечить применением специальных цементов либо смешением традиционного цемента с добавками-ускорителями. Последний вариант находит наибольшее применение.

Из изготавливаемых промышленностью цементов при безопалубочном бетонировании могут найти применение портландцементы, шлакопортландцементы, пуццолановый, сульфатостойкий, быстротвердеющий (БТЦ), особо быстротвердеющий (ОБТЦ), высокопрочный, глиноземистый, расширяющиеся цементы и другие специальные набрызгцементы.

Поскольку специальные набрызгцементы в массовом количестве промышленность не производит, в состав сухих бетонных смесей, изготовленных на обычных цементах, вводят добавки-ускорители, которые уменьшают сроки схватывания, увеличивают количество продуктов гидратации в системе цемент—вода и ускоряют нарастание прочности набрызгбетона в первые часы твердения. Механизм действия добавок еще недостаточно изучен, что связано со сложностью взаимодействия параллельно и последовательно протекающих химических реакций в системе цемент—вода.

Выбор типа добавок-ускорителей (известное их количество превышает 200) связан с избирательным воздействием на цементы. В большинстве случаев эффект применения добавок зависит от химического и минералогического состава цемента и добавки, водоцементного отношения, тонкости их помола и вводимого количества. Добавки неодинаково воздействуют на цементы различных заводов.

Параметры, определяющие возможность применения того или иного вида вяжущего (цемента, добавок-ускорителей) для безопалубочного бетонирования, в достаточной степени не установлены. На базе имеющегося опыта некоторые из них могут быть сформулированы следующим образом:

начало схватывания до 10 мин после затворения;

конец схватывания не позднее 15 мин после затворения;

прочность цементно-песчаных образцов через 2 ч после затворения не менее 5—10 кгс/см², а в суточном возрасте не менее 30—50 кгс/см².

Быстрое схватывание, интенсивное нарастание прочности, сульфатостойкость, повышенные адгезионные и тиксотропные качества являются основными строительно-техническими свойствами набрызгбетона, которые должны быть обеспечены вяжущим.

Добавки-ускорители подразделяются на две основные группы: твердые и жидкие. Твердые добавки (растворимые и нерастворимые) вводятся в состав сухой бетонной смеси; жидкие и растворенные твердые добавки вводятся в смесь с водой затворения.

В качестве добавок-ускорителей находят применение: хлористый кальций, хлористый натрий, хлористый алюминий, хлорное железо, алюминат натрия, фтористый натрий, жидкое стекло (натриевое), азотнокислый кальций, углекислый кальций, соляная кислота, ОЭС (спек глиноземных заводов) и др. и сочетания добавок в различных количествах. Применению добавок должны предшествовать лабораторные испытания, позволяющие установить оптимальные условия их использования.

В табл. 21 приведены результаты определения времени схватывания цементов с некоторыми добавками-ускорителями. Эксперименты производились при водоцементном отношении, равном 0,4. Испытания показали, что наиболее активными являются добавки типа ОЭС, алюмината натрия и их комбинации с хлорным железом. Следует отметить пониженное влияние добавок на шлакопортландцемент. Цементы Николаевского горно-цементного комбината и шлакопортландцемент Криворожского цементного завода были испытаны на сроки схватывания при введении в них добавок хлористого и азотнокислого кальция, глиноземистого цемента и хлорного железа. Результаты испытаний не позволили их рекомендовать в качестве добавок-ускорителей. Так, введение в состав смеси хлористого кальция в количестве до 20% массы цемента позволило снизить начало схватывания у БТЦ Николаевского горно-цементного комбината до 3 мин, а конец — только до 50 мин. Еще более отдаленные сроки схватывания наблюдались в опытах

Таблица 21

Вид цемента и добавки-ускорители	Количество добавок-ускорителей в % от массы цемента	Сроки схватывания, мин	
		начало	конец
ПЦ марки 500 Николаевского горно-цементного комбината	—	310	415
ОЭС Тихвинского глиноземного завода	4—5	1	3
ОЭС завода «Днепроспецсталь»	2—3	1	13
Алюминат натрия	2	2	6
ОЭС завода «Днепроспецсталь» + алюминат натрия	1—1	1	6
Хлорное железо + алюминат натрия	0,5+3	1	4
БПЦ марки 500 Николаевского горно-цементного комбината	—	316	573
ОЭС Тихвинского глиноземного завода	5	1	2
ОЭС завода «Днепроспецсталь»	2	2	6
Алюминат натрия	2	1	4
ОЭС завода «Днепроспецсталь» + алюминат натрия	1+1	1	4
Хлорное железо + алюминат натрия	0,5+4	3	4
ШПЦ марки 500 Криворожского цементного завода	—	312	480
ОЭС Тихвинского глиноземного завода	5	5	11
ОЭС завода «Днепроспецсталь»	2	7	36
Алюминат натрия	2	7	37
ОЭС Запорожского завода + алюминат натрия	1+1	10	22
Хлорное железо + алюминат натрия	0,5+4	6	12
ПЦ марки 500 Белгородского завода	—	63	315
Алюминат натрия	3	2	7

со шлакопортландцементом. Неудовлетворительные показатели по срокам схватывания были получены также с введеншем хлорного железа и азотнокислого кальция в количестве 3—5%. Примененные глиноземистого цемента в смеси с испытуемыми в количествах до 30% снизило начало схватывания до 6 мин, а конец — до 24 мин. Учитывая дефицитность и высокую стоимость глиноземистого цемента, нецелесообразно его применять в качестве добавки.

Данные влияния добавок на прочностные показатели

при сжатии при приемлемых сроках схватывания при-
ведены в табл. 22.

Таблица 22

Вид цемента и добавки-ускорители	Количество добавки в % от массы цемента	Предел прочности при сжатии (в воз- расте), кгс/см ²	
		1 сут	28 сут
ПЦ марки 500 Николаевского горно-цементного комбината	—	65	368
ОЭС Тихвинского глиноземного за- вода	5	128	350
ОЭС завода «Днепро-специсталь»	2	87	333
Алюминат натрия	4	133	297
ОЭС завода «Днепро-специсталь» + + алюминат натрия	2+1	118	326
Хлорное железо + алюминат натрия	0,5+4	76	262
БЦ марки 500 Николаевского горно-цементного комбината	—	60	392
ОЭС Тихвинского глиноземного за- вода	4	123	319
ОЭС завода «Днепро-специсталь»	2	110	236
Алюминат натрия	3	110	455
ОЭС завода «Днепро-специсталь» + + алюминат натрия	2+1	127	333
Хлорное железо + алюминат натрия	0,5+4	99	311
ШПЦ марки 500 Криворожского це- ментного завода	—	25	278
ОЭС Тихвинского глиноземного за- вода	5	88	265
ОЭС завода «Днепро-специсталь»	3	59	288
Алюминат натрия	3	27	287
Хлорное железо + алюминат натрия	0,5+4	34	278

Как видно из табл. 22, наибольшей активностью обла-
дают добавки-ускорители ОЭС Тихвинского глинозем-
ного завода, алюминат натрия, ОЭС завода «Днепро-
специсталь» и комбинированные добавки. В целом эффек-
тивность введения добавок в шлакопортландцемент ни-
же, чем в портландцементы Николаевского горно-це-
ментного комбината.

Исследования влияния водоцементного отношения на
скорость схватывания цементов с добавками выявили,
что увеличение водоцементного отношения сопровож-
дается замедлением процесса, и особенно конца схва-
тывания. В наибольшей степени это выявлено на суль-

фатостойких и шлакопортландцементов. При набрызге следует стремиться обеспечить минимальное водоцементное отношение порядка 0,32—0,37.

Следует отметить, что на скорости схватывания и твердения набрызгбетона оказывает влияние температура окружающей среды и тонкость помола цемента и добавки. По данным В. М. Мосткова, снижение температуры воздуха и воды затворения с 16 до 10°C замедляет окончание схватывания в 2 раза. Такое же соотношение получено при уменьшении температуры воды с 10 до 5°C.

При исследовании влияния агрессивной среды на прочность цементно-песчаных образцов с добавками прочность образцов, хранившихся в воде, являлась эталоном для образцов, содержащихся в сульфатном растворе. В качестве вяжущего применяли шлакопортландцемент марки М 400 Криворожского цементного завода; добавки-ускорители — ОЭС Тихвинского глиноземного и Запорожского заводов, а также раствор алюмината натрия, которые добавлялись в количестве 4% к массе цемента, что является примерно оптимальным по срокам схватывания и прочности. Размер образцов 4×4×16 см.

На рис. 90 показаны результаты испытаний образцов в возрасте до 360 сут. Согласно испытаниям, прочность образцов, помещенных в воде с добавками и без них, растет во времени, хотя и не в одинаковой степени. В большей степени растет прочность при сжатии и в меньшей степени — при изгибе. В целом применение добавок снижает прочность образцов примерно на 25%.

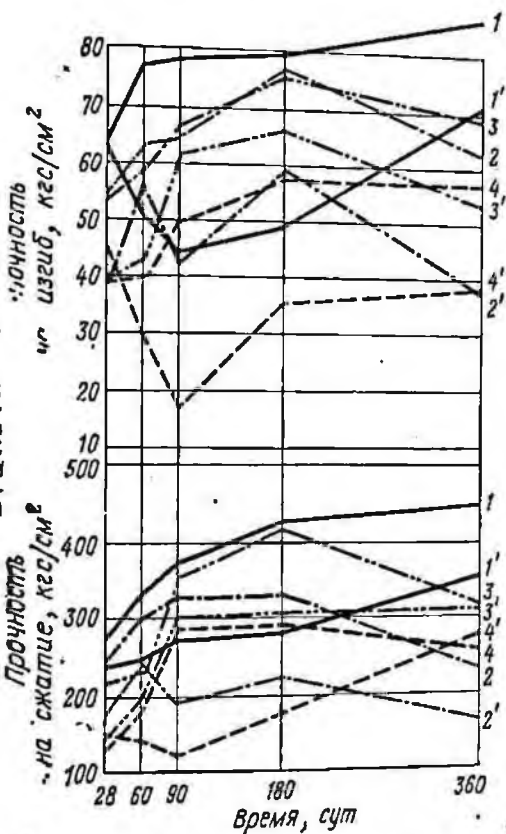
Иная картина наблюдается при испытании образцов, находившихся в сульфатном растворе. Так, интенсивность нарастания прочности при сжатии и изгибе образцов без добавок, как правило, увеличивается, хотя их прочность в сравнении с контрольными ниже на 25—30%. Прочность при сжатии и изгибе образцов с добавками, хранившихся в сульфатной среде, имеет общую тенденцию к падению, и в возрасте одного года прочность этих образцов значительно уменьшается. Элементы конструкций крепей горных выработок в значительной части работают на внецентренное сжатие. Поэтому падение прочности на изгиб является наименее желательным, так как может повлечь преждевременный

выход крепи из строя. Следует отметить, что на рост прочности образцов, хранившихся в агрессивных растворах, влияет отложение в порах цементного камня гидросульфатоалюмината кальция.

Испытания показали, что в условиях сульфатной агрессии целесообразным будет использование шлакопортландцемента Криворожского цементного завода в со-

Рис. 90. Сульфатостойкость образцов бетона:

1-4 — хранившиеся в воде; 1'-4' — хранившиеся в сульфатном растворе; 1 — без добавок; 2 — с добавкой ОЭС глиноземного завода; 3 — с добавкой ОЭС завода «Днепро-спецсталь»; 4 — с добавкой алюмината натрия



четании с добавкой ОЭС завода «Днепро-спецсталь». Таким образом, наряду с положительной ролью добавок, вводимых в обычные цементы и обеспечивающих ускоренное схватывание и нарастание прочности в ранние сроки, имеет место значительное падение прочности при сжатии и изгибе в возрасте одного года под влиянием сульфатной агрессии.

Представляют интерес исследования динамического воздействия струи набрызгбетона на ранее возведенную

крепь. Известно, что бетонные смеси, как системы с релаксирующими связями, способны восстанавливать разрушенную структуру после снятия внешних воздействий, т. е. обладают тиксотропными свойствами. Исследования показали, что воздействие струи набрызгбетона на ранее уложенные слои мало влияет на прочность возводимой крепи в месячном возрасте и сказывается на прочности только в первые часы твердения. Таким образом, чем меньше слоистость крепи, тем в более благоприятных условиях она работает.

ИИИЦементом совместно с ЦИИИПодземмашем и Криворожским филиалом ВНИИОМШСа были исследованы и разработаны составы специальных набрызгцементов на базе портланд- и шлакопортландцементов. Разработанная композиция состояла из портландцементного клинкера, гипса, глиноземосодержащего компонента и активной минеральной добавки. В качестве глиноземосодержащего компонента были использованы синтетические сталерафинировочные шлаки.

Данные сравнительных испытаний разработанного цемента (ББЦ), портландцемента и пуццоланового портландцемента с добавками — ускорителями схватывания и твердения приведены в табл. 23. Образцы изготовляли из раствора пластичной консистенции с $B : Ц = 0,5$ состава 1 : 3. В качестве добавок-ускорителей были использованы сульфат щелочного металла (СЩМ) ОЭС и «сигунит» (добавка-ускоритель, производимая фирмой «Пластимент»).

Как следует из приведенных данных, ББЦ имеет преимущество в прочности при сжатии в ранние сроки твердения перед портландцементом и пуццолановым портландцементом как без добавки, так и с добавками. Добавка сульфата щелочного металла увеличивает скорость гидратации силикатных фаз ББЦ, повышает прочность ББЦ в первые часы твердения. Прочность ББЦ через 3 ч твердения составляет 72 кгс/см² без добавки сульфата щелочного металла и 157 кгс/см² с добавкой.

Цемент ББЦ был применен при креплении околоствольного двора на шахте «Артем-1» комбината Кривбассшахтопроходка в шахтах треста Востокшахтопроходка. При креплении компоненты бетонной смеси доставлялись на горизонт отдельно, где разгружались в бетономеситель емкостью 250 л и перемешивались в

течение 2—3 мин. Из бетоносмесителя смесь поступала на ленточный конвейер, подающий ее в машину БМ-60. Визуальный осмотр крепи спустя три года показал, что она находится в хорошем состоянии. Предел прочности контрольных образцов набрызгбетона на сжатие составил 300—320 кгс/см².

Представляет интерес набрызгбетон на базе шлако-силикатных вяжущих, разработанный ВНИИОМШСом.

Таблица 23

Вид цемента	Вид и количество добавки в % от массы цемента	Предел прочности при сжатии (кгс/см ²) в возрасте			
		3 ч	24 ч	3 сут	28 сут
Портландцемент	—	0	—	—	340
Портландцемент марки 500 Злобуповского комбината	СЩМ; 0,5	0	8	98	152
Пуццолановый портландцемент Быстрохватывающийся без-усадочный цемент (ББЦ)	СЩМ; 0,5	0	32	69	110
	СЩМ; 0,5	157	102	135	151

Стойкость бетонной крепи против коррозии. Опыт шахтного строительства показал, что при проектировании и возведении крепей из бетона в зоне агрессивных подземных вод необходимо предусматривать защиту бетона от коррозии.

Недооценка влияния агрессивности среды на крепи подземных сооружений, срок службы которых определяется в 25—50 лет и более, может привести к преждевременному выходу сооружения из строя или к трудоемким восстановительным работам, затраты на которые нередко достигают первоначальных капиталовложений.

Долговечность крепи, работающей в условиях воздействия агрессивных сред, зависит от следующих факторов: состава и степени агрессивности среды; температуры и влажности воздуха; материалов и качества изготовления крепи.

Коррозия крепи обусловлена наличием в подземных условиях жидких и газообразных агрессивных сред.

Сульфатно-агрессивные, кислотные, сильно щелочные воды действуют на материал крепи, растворяют их и образуют химические соединения. Агрессивные газы — CO_2 , SO_2 , H_2S и др. активно воздействуют на цементы и металлы. При конденсации водяных паров образуются кислотные растворы, которые являются причиной коррозии.

Следует указать, что концентрация солей в шахтных водах повышается по мере вскрытия месторождения. Это объясняется тем, что в выработках под влиянием влаги происходит разложение минералов, содержащих растворимые соли (сернистый колчедан, сернистые соли железа и т. п.), растворение газов рудничного воздуха в воде и т. п.

Крепи вертикальных выработок пересекают водоносные горизонты разной степени минерализации и поэтому подвержены опасности агрессии в большей степени, чем горизонтальные выработки. Наиболее агрессивными для бетона являются серноокислые соли натрия, кальция и магния.

Рядом авторов выявлено, что совместное действие агрессивной среды и растягивающих напряжений вызывает разрушение бетона более значительное, чем суммарное разрушение при раздельном воздействии этих факторов. Именно в таких условиях работает крепь на значительных участках.

Более быстрому разрушению способствует сравнительно небольшая толщина крепи, а также то, что бетонная крепь подвергается воздействию агрессивной среды по обеим поверхностям.

Воздействию агрессивной среды также подвергается арматура в крепи. Серная кислота слабой концентрации вызывает электрохимическую коррозию арматуры. При окислении стальной арматуры объем ее увеличивается и сцепление с бетоном нарушается.

Агрессивные воздействия являются, как правило, постоянно действующим фактором. Скорость происходящих при коррозии бетона физико-химических процессов во многом зависит от условий работы крепи и качества бетона, обусловленного способами транспортирования смеси и укладки и условиями твердения; от минералогического и химического состава цементов и от колебаний температуры.

Согласно СН 240—63 различают пять видов агрессивности среды воды: выщелачивающую, общекислотную, углекислотную, сульфатную и магниальную.

Таким образом, важнейшее значение имеет такое качество бетона, как плотность, определяющая величины пористости, водопоглощения и газопроницаемости бетона. С этих позиций вопросы качественного выполнения бетонных работ приобретают первостепенное значение.

Предложенная докт. техн. наук В. М. Москвиним классификация коррозии бетона учитывает воздействие среды, носящее, как правило, химический или физико-химический характер, и различает три ее основных вида.

Первый вид коррозии (выщелачивающая агрессия) состоит в том, что разрушение бетона происходит в результате растворения и вымывания водой составляющих цементного камня, в основном растворенного гидрата окиси кальция.

Второй вид коррозии (углекислотная, магниальная и общекислотная агрессия) характеризуется обменными реакциями между цементным камнем и агрессивной средой, в результате чего образуются новые продукты, которые теряют вяжущие свойства или легко растворяются и вымываются водой.

Третий вид коррозии (сульфатная агрессия) состоит в том, что в порах, капиллярах, трещинах и пустотах бетона происходит образование и рост кристаллов малорастворимых солей. При кристаллизации последних в цементном камне и бетоне возникают значительные усилия и структура разрушается. Этот вид коррозии происходит при воздействии сульфатов; разрушение бетона вызывается образованием и ростом кристаллов гипса и сульфоалюмината кальция.

В процессе проектирования и сооружения выработки для вида возможной агрессии должны быть предусмотрены следующие мероприятия по защите крепи:

1. При коррозии первого вида: увеличение плотности бетона; применение стойких к агрессии цементов (сульфатостойкий, шлакопортландцементов и пуццолановый); карбонизация поверхности (естественная или искусственная); обработка поверхности бетона растворами, повышающими плотность поверхностных слоев (например, раствором кремнефтористоводородной кислоты и т. п.);

нанесение поверхностных гидроизолирующих полимерных покрытий, например на основе эпоксидных и фурановых смол, битумнолатексных эмульсий и др.

2. При коррозии второго вида: применение бетонов на заполнителях плотных пород, стойких к коррозии; применение сульфатостойких, пуццолановых и шлакопортландцементов; устройство надежной изоляции поверхности бетона.

3. При коррозии третьего вида: применение сульфатостойких цементов; повышение плотности бетона; уменьшение водоцементного фактора; введение пластифицирующих добавок.

Нетрудно проследить, что общими мероприятиями для противодействия всем видам агрессии являются обеспечение высокой плотности и водонепроницаемости бетона. Высокая плотность бетона достигается рядом мероприятий, к которым следует также отнести тщательное уплотнение смеси, применение сульфатостойких цементов (шлакопортландцементов и глиноземистых), введение пластифицирующих добавок (ССБ, СНВ), сернистого алюминия и др. Таким образом, качественное выполнение работ является эффективным способом повышения коррозионной стойкости бетона.

При сильно агрессивных средах перечисленные мероприятия могут оказаться недостаточными. В этих случаях для обеспечения долговечности бетонных конструкций следует прибегать к более надежным средствам изоляции их поверхности от проникновения агрессивной среды. Такими средствами могут быть применение глиноземистого цемента, устройство изолирующих ковров, обмазка битумом, цементация и применение пластбетонов.

Одним из направлений повышения коррозионной стойкости бетона, по мнению В. М. Москвина, является модификация свойств бетона путем введения добавок к цементному камню, например кремнийорганических соединений и т. п. Сульфатостойкость портландцемента, содержащего барий, несравненно выше существующих сульфатостойких портландцементов.

Перспективно применение покрытий на основе хлорсульфированного полиэтилена, хлоркаучука, битумнолатексных эмульсий, наносимых с помощью сжатого воздуха.

Проектирование составов бетона и набрызгбетона.

Проектирование состава бетонной смеси — одна из ответственных операций в технологии бетонных работ. Рассчитанный состав должен обеспечить получение требуемой проектной прочности, а бетонной смесью необходимой подвижности, транспортабельности и удобоукладываемости. Вместе с тем состав бетонной смеси должен удовлетворять требованиям водонепроницаемости, коррозионной стойкости, прочности на изгиб, экономного расхода цемента и т. п.

Расчет состава бетонной смеси выражают в виде весового или объемного расхода составляющих на 1 м^3 уложенной и уплотненной смеси. При проектировании составов бетона часто применяют расчетно-экспериментальный метод абсолютных объемов, предложенный Б. Г. Скрамтаевым и Ю. М. Баженовым. Исходными данными для подбора являются прочность бетона и активность (марка) цемента.

В состав быстротвердеющих бетонов, применяемых при креплении стволов шахт, вводится 2—6% хлористого кальция или хлористого натрия от массы цемента. Для обеспечения необходимой подвижности смеси осадка конуса составляет 15—18 см. Водоцементное отношение 0,5—0,65. Составы бетона по массе колеблются в пределах $1 : 1,5 \div 2,4 : 3 \div 4,5$. Для крепления устьев стволов используют бетон марки 150—200.

Бетонная смесь, применяемая для горизонтальных выработок, имеет осадку конуса в пределах 4—12 см, в зависимости от способа транспортирования и укладки. Марка укладываемого бетона должна быть не ниже 150.

Применение трубопроводного транспорта для бетонных смесей накладывает некоторые дополнительные требования, усложняющие их проектирование. Приготавливаемые для транспорта по трубам бетонные смеси оцениваются в первую очередь по таким показателям, как водоцементное отношение, осадка конуса, подвижность, соотношение мелкого (до 5 мм) и крупного заполнителей, расход цемента и прочность в первые часы и сутки.

Практика показывает, что хорошо транспортируются пластичные смеси с осадкой конуса более 6 см; литые смеси склонны к расслаиванию; жесткие и малоподвижные смеси плохо транспортируются.

В смесях должно быть ограничено или исключено присутствие лещадных фракций щебня (гравия), способствующих закупоркам трубопровода. Отношение максимального размера заполнителя к диаметру трубопровода должно быть равным 3—4.

В бетонной смеси должно быть значительно ограничено количество гравия (щебня). При гравийном заполнителе песка в смеси может быть несколько больше, чем

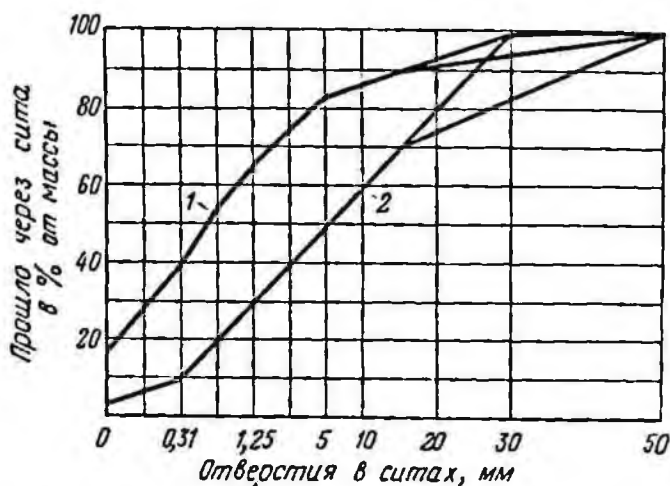


Рис. 91. Рекомендуемый зерновой состав смеси при транспортировании смеси по трубам бетононасосами и пневмоагнетателями:

1 — нижняя предельная кривая; 2 — верхняя предельная кривая

при щебне. Расход цемента в транспортируемых смесях, как показывает практика, должен составлять не менее 220—300 кг/м³.

Перечисленные граничные условия подтверждают значение, которое при этом способе работ имеет технологическая подготовка и проектирование составов смеси.

Одним из элементов проектирования составов бетонной смеси является подбор гранулометрического состава, позволяющий определить соотношения в смеси крупного и мелкого заполнителей. На рис. 91 показан график рекомендуемого гранулометрического состава смеси, составленный по данным отечественной и зарубежной практики.

В бетонных смесях, транспортируемых по трубам, объем цементного теста и микродобавок должен быть достаточен как для заполнения пустот в заполнителях, так и для обволакивания зерен и их раздвижки и смазки поверхности труб. В этом случае смеси могут перемещаться по трубам без нарушения однородности, расслоения и закупорок.

Проектирование составов набрызгбетона. Особенности технологии приготовления набрызгбетона определяют метод подбора состава, отличный от применяемых для обычного бетона. К этим особенностям относится отскок части материала, участие в процессе сжатого воздуха и то, что количество вводимой в смесь воды регулируется визуально.

Главными критериями для подбора набрызгбетона являются: быстрое схватывание и твердение, прочность, величина отскока, экономичность состава. Согласно принятому в практике за единицу материала принимается 1 м^3 сухой перемешанной смеси заполнителей с цементом, в отличие от обычного бетона, где за единицу принимается 1 м^3 уплотненной затворенной бетонной смеси. Переход от объема сухой бетонной смеси к получаемому из нее объему набрызгбетона связан с расчетами, учитывающими уплотнение увлажненной смеси и величину отскока, которые трудно учесть при предварительном подборе состава сухой смеси.

Исходными данными для проектирования состава набрызгбетона являются: заданная прочность, активность цемента, добавки и зерновой состав заполнителей, при этом должны быть учтены такие горнотехнические факторы, как литологический состав пород, характер обнажения, обводненность пород и др. При проектировании состава необходимо:

определить вид цемента и расход его на 1 м^3 сухой смеси;

установить вид и расход добавки-ускорителя;

определить коэффициент выхода сухой смеси из бетоносмесителя;

определить объем и массу составных частей в абсолютно сухом состоянии;

состав смеси уточнить с учетом влажности заполнителей и установить расход материалов по массе;

уточнить коэффициент выхода набрызгбетона по отношению к объему сухой смеси;

произвести экспериментальную проверку проектируемых составов в производственных условиях с целью уточнения состава, величины отскока и водопотребности; определить плотность затвердевшего набрызгбетона естественной влажности;

определить прочность набрызгбетона при сжатии в возрасте 1, 3, 7 и 28 сут.

Смесь проектируется при $B : Ц = 0,4$, соответствующем оптимальным параметрам, проверенным на практике.

Ниже приведена последовательность расчета номинального состава смеси.

Для получения 1 м³ готовой сухой смеси сумма исходных материалов (заполнителей и цемента) составит

$$V_{см} = \frac{1000}{K}, \text{ л,}$$

где K — коэффициент выхода сухой смеси, равный при использовании в качестве крупного заполнителя гравийного материала 0,9, а при использовании щебня — 0,8.

Объем цемента

$$V_{ц} = \frac{P_{ц}}{\gamma_{ц}}, \text{ л,}$$

где $P_{ц}$ — установленный расход цемента в 1 м³ сухой смеси, кг; $V_{ц}$ — объемная насыпная масса цемента.

Сумма объемов заполнителей

$$V_{зап} = V_{см} - V_{ц}.$$

Содержание заполнителей по объему:
крупного заполнителя

$$V_{щ} = V_{зап} \alpha, \text{ л,}$$

где α — установленное расчетом содержание в смеси заполнителей крупного компонента (в долях единицы);
мелкого заполнителя

$$V_{п} = V_{зап} - V_{щ}, \text{ л.}$$

Содержание заполнителей по массе:
крупного заполнителя

$$P_{щ} = V_{щ} \gamma_{щ}, \text{ кг;}$$

мелкого заполнителя

$$P_{п} = V_{п} \gamma_{п}, \text{ кг,}$$

где $\gamma_{ц}$, $\gamma_{п}$ — плотность крупного и мелкого заполнителей, кг/л.

По полученным данным можно определить номинальные составы:
по объему

$$\frac{V_{ц}}{V_{ц}} : \frac{V_{п}}{V_{ц}} : \frac{V_{ш}}{V_{ц}} ;$$

по массе

$$\frac{P_{ц}}{P_{ц}} : \frac{P_{п}}{P_{ц}} : \frac{P_{ш}}{P_{ц}} .$$

При относительно близких значениях плотности крупного и мелкого заполнителей, отличающихся не более чем на 0,10÷0,15 т/м³, поправку, учитывающую переход с весового на объемное соотношение, можно не учитывать. Поэтому полученное подбором весовое соотношение заполнителей можно принять и за объемное.

Расчет гранулометрического (зернового) состава заполнителей является элементом проектирования состава набрызгбетона и устанавливает оптимальные соотношения входящих в смесь песка и щебня (гравия). В основе расчета лежат усредненные нормы гранулометрического состава (без цемента) смесей, установленные практикой работ и исследованиями (рис 92).

Расчету гранулометрического состава предшествует ситовый анализ заполнителей (табл. 24).

Таблица 24

Материалы	Полные остатки (в % по массе) на ситах с отверстиями, мм								
	30	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,31	0,14
Песок	0	0	0	0	0	10	16	72	90
Гравий	0	16	31	63	89	93	96	98	99

При расчете исходят из того, что суммарное весовое содержание фракций, составляющих смесь, равно 100%. Рекомендованное процентное содержание остатков по каждому сити графически можно определить по рис. 92. Так, фактический полный остаток на сите с отверстиями

Показатели	Строка	Значения показателей при отверстиях в ситах, мм									
		30	20	10	5,0	2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	
Гранулометрический состав гравия — полные остатки	А	0	16	31	63	89	93	96	98	99	
Гранулометрический состав песка — полные остатки	Б	0	0	0	0	0	10	16	72	90	
Нижний предел оптимальной смеси — полные остатки	В	0	8	15	20	30	40	50	70	80	
Верхний предел оптимальной смеси — полные остатки	Г	0	20	42	51	67	77	88	98	100	
А—Б=Д	Д	0	16	31	63	89	83	80	26	9	
В—Б=Е	Е	0	8	15	20	30	30	31	-2	-10	
Г—Б=Ж	Ж	0	20	42	54	67	67	72	21	10	
Расчетные пределы содержания крупного заполнителя в проектируемой смеси, %:											
нижний $\frac{Е}{Д} - 100 = 3$	З	0	50	48,5	31,8	33,8	36,2	42,5	0	0	
верхний $\frac{Ж}{Д} - 100 = 11$	И	0	100	100	85,7	75,2	81	90	81	100	

0,63 мм составляет 16% для песка, 96% для гравия. Этим данным соответствует прямая АК. Нормируемые пределы остатков на этом сите ограничиваются горизонтальными линиями С₁С и Д₁Д, соответствующими 50 и 88%. Проекция точек М и N пересечения этих линий с прямой АК на горизонтальную ось определяют расчетные пределы содержания в смеси фракций размером

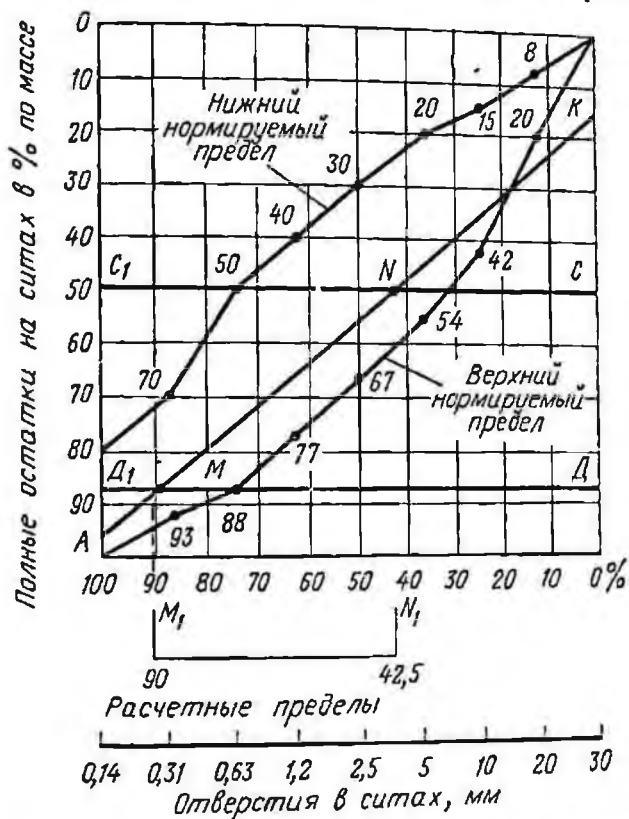


Рис. 92. Подбор зернового состава смеси для набрызгбетона

0,63 мм и крупнее. В данном случае расчетные пределы определяются точками М₁ и N₁, соответствующими 42,5 и 90%. Таким же образом можно графически определить расчетные остатки на ситах остальных размеров. Графическое решение этой задачи математически определяется из соотношений сторон (табл. 25). Полученные пределы (строки 3 и 11) по каждой фракции наносим на линейный график (рис. 93). Общий участок перекрывает

расчетные пределы отдельных фракций и определяет пределы возможного содержания крупного заполнителя в оптимальной смеси данных материалов. Отсутствие общего участка показывает, что из данных материалов оптимальной смеси составить невозможно. В этом случае

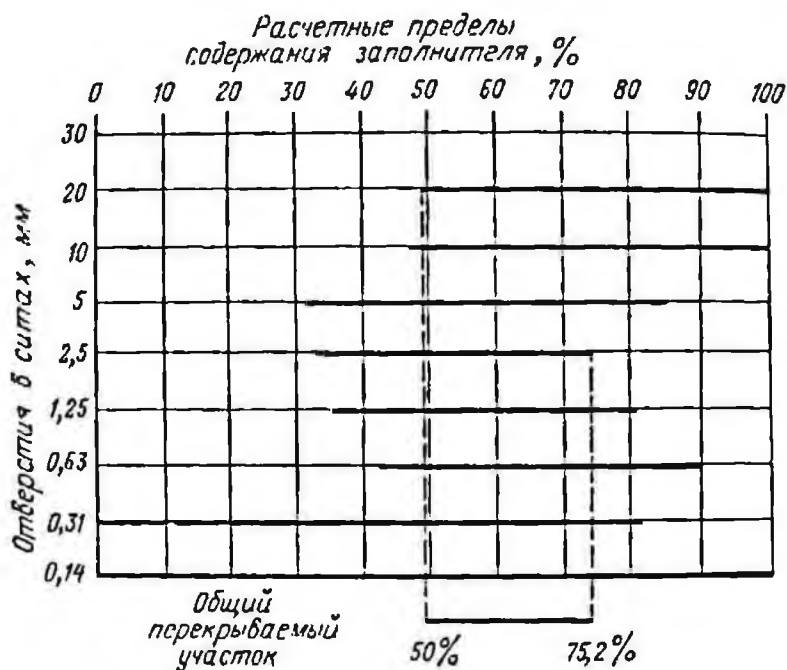


Рис. 93. Определение расчетных пределов состава заполнителей

следует заменить один из заполнителей или добавить недостающие фракции.

Следующим этапом расчета является определение расходов цемента на 1 м³ сухой смеси. На основании ряда исследований расход цемента на 1 м³ сухой смеси ориентировочно может быть назначен по данным табл. 26. Зная расход цемента, соотношение заполнителей в смеси и плотности материалов, определяем состав смеси по объему и массе в абсолютно сухом состоянии и с учетом влажности. Из составленной смеси заполнителей подбираются два-три состава, отличающиеся содержанием цемента, которые испытываются в производственных условиях. Лучший из них по удобоукладываемости, наименьшему отскоку и прочностным свойствам принимается для реализации.

Таблица 26

Марки цемента	Расход цемента на 1 м ³ сухой смеси (кг) при ориентировочной прочности набрызгбетона, кгс/см ²				
	300	350	400	450	500
300	250	300	350	—	—
400	220	260	300	350	—
500—600	—	250	270	310	350

Контроль и оценка прочности и однородности бетона. Контроль качества на всех стадиях является неотъемлемым элементом работ и имеет целью достижение постоянства принятых при расчете нормативных сопротивлений бетона по прочности при сжатии. Широко применяемый метод определения прочности бетона при сжатии основан на раздавливании кубов-образцов, изготавливаемых и испытываемых по ГОСТ 10180—67 и ГОСТ 11050—64. Серия состоит из трех контрольных кубов-образцов. Среднеарифметическое значение прочности бетона контрольных образцов одной серии является исходным параметром при оценке результатов испытаний и их статистической обработке. Введенный ГОСТ 18105—72 содержит требование к средней и минимальной прочности бетона, определяемой по результатам контрольных испытаний образцов с учетом фактической однородности бетона, характеризуемой коэффициентом изменчивости прочности. При высокой однородности бетона требуемая прочность по сравнению с нормируемой может быть снижена, что позволяет улучшить технико-экономические показатели сооружения и уменьшить расход цемента.

Следует сказать, что определение прочности образцов выбуриваемых или стандартных позволяет получить оценку, производимую на основании незначительной по объему выборки. Предпочтительнее метод непрерывного определения прочности непосредственно по конструкции, без нарушения структуры бетона (набрызгбетона). К таким методам следует отнести ультразвуковой и с помощью молотков, pistolетов и т. п.

Ультразвуковой импульсный метод контроля качества основан на косвенной связи между акустическими характеристиками волнового процесса, протекаемого в

бетоне, и его физико-механическими характеристиками (прочность, модуль упругости, плотность, наличие трещин и др.). Метод позволяет определять эти параметры бетонной крепи достаточно оперативно, практически в любых сечениях. Прочность бетона на сжатие определяется по графикам, отражающим зависимость между скоростью распространения ультразвука и прочностью бетона. Форма этой зависимости выявляется по результатам ультразвуковых и механических испытаний образцов. Для работ используются серийно изготавливаемые приборы УКБ-1, бетон-транзистор и ДУК-20. Метод нашел применение на объектах Московского треста горно-проходческих работ и др.

Молоток конструкции НИИ Мосстроя позволяет определять прочность бетона на сжатие по отпечаткам, оставляемым на бетоне и стержне молотка при ударе, однако этому и аналогичным способам присущ большой разброс данных, а определяемая прочность характеризует качество бетона на глубину 3—5 см от поверхности. Обладая меньшей точностью, молотки позволяют ее компенсировать значительным увеличением числа замеров. Способ находит применение на ряде шахт Кривбасса.

Аналогичен молотку конструкции НИИ Мосстроя прибор для определения прочности строительных материалов по их поверхностной прочности — пистолет ПМ завода «Коммунальник». Благодаря наличию в приборе пружины производимые по испытываемому материалу удары имеют одинаковую интенсивность.

Стандартные методы контроля и оценки качества набрызгбетона отсутствуют. Наиболее приемлемы методы испытаний прочности набрызгбетона непосредственно в конструкции молотками, пистолетами, ультразвуком и по кернам, выбуриваемым из крепи или контрольных плит.

Оборудование для работ. Характеристики изготавливаемых промышленностью гравитационных бетоносмесителей циклического действия приведены в табл. 27, а с принудительным перемешиванием компонентов (роторные) — в табл. 28.

В Донбассе рудоремонтными заводами изготавливаются шахтные бетоносмесители на рельсовом ходу емкостью 150 л. Бетонные работы связаны с технологической обработкой больших объемов сыпучих материалов, являющейся тяжелой и трудоемкой. Поэтому при круглого-

Таблица 27

Бетоно- смеситель	Емкость, л		Средняя произво- дительность, м ³ /ч	Мощность элект- родвигателя, кВт	Масса, кг	Основные размеры, мм		
	по загруз- ке	по готово- му замесу				длина	ширина	высота
С-674	100	65	1,8	0,6	288	—	—	—
С-739	250	165	5,0	1,0	800	—	—	—
СБ-73	250	165	5,0	4,1	800	1770	1600	2270
С наклоняемым барабаном (стационарные)								
С-333	500	330	10,0	2,8	1370	2260	2180	1920
С-336Б	500	330	10,0	2,8	2000	2575	2235	1800
СБ-84	500	330	13,0	7,6	1820	2500	2000	2735
СБ-91	750	500	15,0	4,0	810	—	—	—

Таблица 28

Показатели	Бетоносмесители					
	роторные				турбулентные	
	СБ-80	С-773	С-355	СБ-79	С-868	СБ-81
Емкость, л:						
по загрузке	250	500	500	750	100	1200
по готовому замесу	165	330	330	500	65	800
Производительность, м ³ /ч	6,6	10,0	7,5	20,0	2,6	40
Мощность электродвигате- ля, кВт	5,5	14,0	10,0	30,0	2,8	40
Масса, кг	1450	2000	1400	3500	148	2400
Основные размеры, мм:						
длина	2400	2200	3170	2480	—	—
ширина	1350	1910	2360	2375	—	—
высота	1750	2160	1535	2560	—	—

дичном постоянном объеме бетонных работ экономиче-
ски оправдано использование для этих целей бетоно-
смесительных установок.

Преимуществами бетоносмесительных установок яв-
ляются блочное исполнение, обеспечивающее их легкую
перебазировку и монтаж, дистанционное управление все-
ми операциями, малое пыление.

Для небольших объемов бетонных работ может быть использована бетоносмесительная установка С-932 со стреловым скрепером и одним бетоносмесителем принудительного действия емкостью 250 л. Установка С-932 открытого типа, поэтому может работать при температуре окружающего воздуха выше 0°.

Установка имеет три технологические линии. Линия заполнителей включает два бункера с конвейером, дозатором песка и щебня и скреперное устройство. Линия цемента состоит из приемного бункера, вертикального винтового конвейера и дозатора цемента. Линия бетона — бетоносмеситель с опрокидным скипом и дозатор воды. Устройства, дозирующие цемент, песок и щебень, работают в полуавтоматическом режиме. Установку обслуживают два оператора.

Бетоносмесительная установка СБ-70 (рис. 94) производительностью 15 м³/ч снабжена двумя гравитационными смесителями емкостью 500 л. Для подачи заполнителей к дозатору в установке используется стреловой скрепер.

Раздельное весовое дозирование заполнителей, вяжущего и воды обеспечивает высокое качество бетона. Установка эффективна при частой смене марок бетона.

Расход материалов на замес для различных составов бетона задается оператором на циферблатных головках дозаторов заполнителей, цемента и воды дистанционно с пульта управления. В установках СБ-75 и СБ-78 производительностью 30 и 60 м³/ч используются бетоносмесители непрерывного действия. Установки позволяют выдавать не только готовые смеси, но и загружать автобетоносмесители отдозированными компонентами бетона. Это обстоятельство может быть использовано, когда на шахте кроме бетонных работ производится крепление выработок набрызгбетоном, где применяются сухие бетонные смеси. Основные технические параметры бетоносмесительных установок приведены в табл. 29.

Одним из условий качественного приготовления бетона является уплотнение смеси вибраторами с целью удаления воздуха, попавшего в смесь в процессе ее приготовления, и компактного расположения составляющих.

По способу воздействия на бетонную смесь изготовляемые промышленностью вибраторы разделяются на:

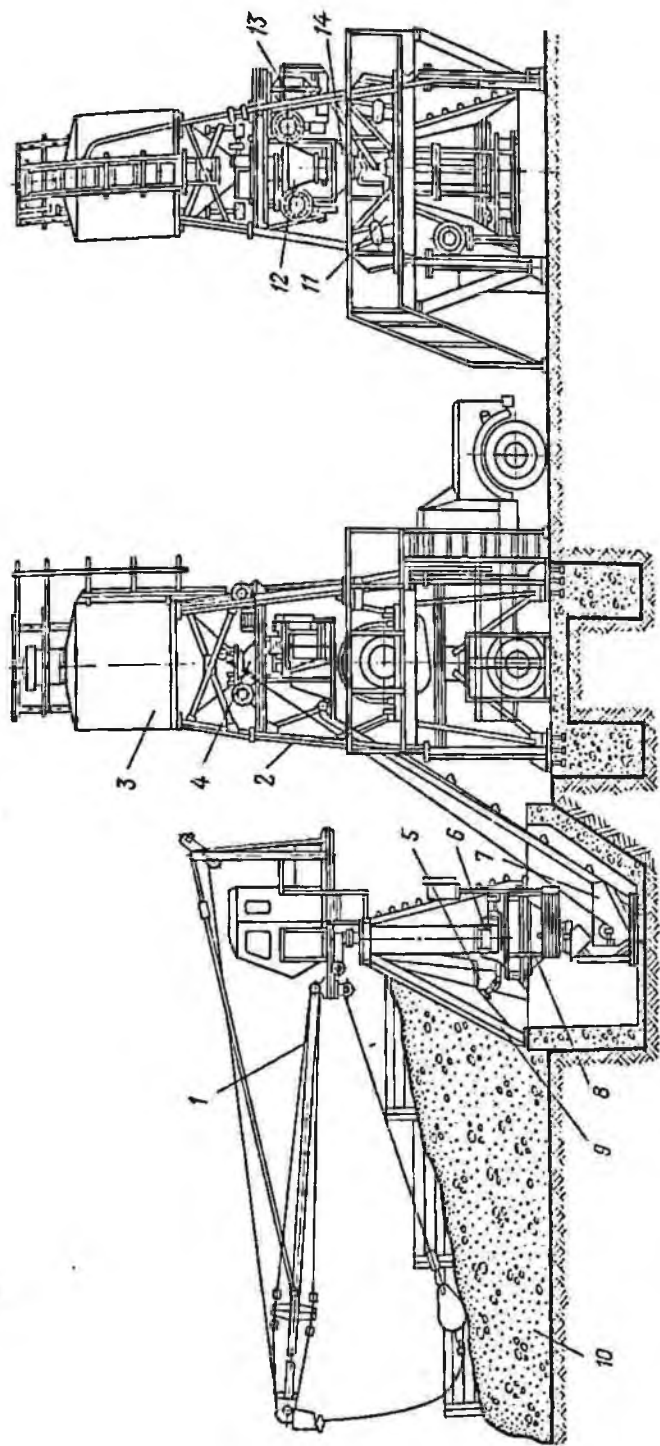


Рис. 94. Бетономесительная установка СБ-70:

1 — стреловой скрепер; 2 — пространственная рама; 3 — бункер цемента; 4 — питатель цемента; 5 — секторный затвор; 6 — питатель песка; 7 — скиповый подъемник; 8 — многофракционный дозатор заполнителей; 9 — секторный распределитель; 10 — секторный склад; 11 — бетономеситель; 12 — дозатор воды; 13 — дозатор воды; 14 — распределительная крышка

Таблица 29

Показатели	Установки				
	циклического действия			непрерывного действия	
	С-932	СБ-70	С-984	СБ-75	СБ-78
Производительность, м ³ /ч	5	15	30	30	60
Число фракций заполнителей	2	4	4	4	4
Емкость расходных бункеров за- полнителей, м ³	150	200	24	32	44
Установленная мощность электро- двигателя, кВт	21,6	29,8	43	37	60
Основные размеры, м:					
длина	16,9	18,0	28,8	34,5	—
ширина	17,2	6,7	8,3	3,9	—
высота	6,85	10,0	7,06	12,27	—
Масса, т	8,6	13,7	29,0	22,0	26,0

глубинные, погружаемые рабочей частью в бетонную смесь; поверхностные, устанавливаемые на уложенную бетонную смесь; наружные, прикрепляемые к опалубке; виброплощадки.

По роду привода и питающей энергии в практике шахтного строительства наибольшее применение находят пневматические и электромеханические вибраторы.

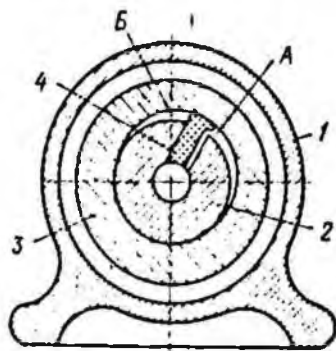


Рис. 95. Пневматический вибратор

Основной деталью пневматических вибраторов является роторный пневматический двигатель, составляющий одно целое с вибровозбудителем (рис. 95).

Вибровозбудитель состоит из полого ротора 3, неподвижной оси 2 с текстолитовой лопаткой 4 и щитов, смонтированных в корпусе 1. Статор двигателя стоит не-

подвижно, а ротор планетарно обкатывается внутри него, выполняя роль бегунка-дебаланса. Лопатка 4, помещенная в щелевом пазу ротора 2, разделяет камеру на ра-

бочую А и выхлопную В полости. Сжатый воздух по шлангу поступает в продольный канал, давит на лопатку, прижимая ее к внутренней поверхности бегунка. Далее, распределяясь по обе стороны лопатки, он создает вращающий момент, заставляющий бегунок обкатываться и вращаться.

Техническая характеристика изготавливаемых промышленностью пневматических глубинных вибраторов приведена в табл. 30.

Таблица 30

Показатели	ИВ-13	ИВ-14	ИВ-15	ИВ-16
Наружный диаметр корпуса, мм	34	50	75	110
Расход воздуха, м ³ /мин	0,5—0,7	0,8—1,2	1,2—1,3	1,5—1,6
Общая длина, мм	315	315	375	480
Радиус действия (ориентировочно) при вибрировании смеси с осадкой корпуса 1—8 см	15	30	45	60
Масса, кг	3,5	5,5	11	20

Техническая характеристика пневматических прикрепляемых вибраторов приведена в табл. 31.

Таблица 31

Показатели	ИВ-28	ИВ-29	ИВ-30	ИВ-31
Максимальный момент дебаланса, кг-см	0,04	0,15	0,45	2,0
Частота колебаний в 1 мин:				
высокая	14 000	12 000	10 000	8000
низкая	2500	2200	1800	1300
Расход воздуха, м ³ /мин	0,7	1,2	1,3	2,0
Масса, кг	2,5	3,5	6,0	14,0

Электромеханические глубинные вибраторы с гибким валом состоят из электродвигателя, гибкого вала и сменных вибронаконечников. Трехфазный асинхронный двигатель получает питание от сети переменного тока напряжением 36 В и частотой 50 Гц. Крутящий момент от вала электродвигателя передается по шпинделю

лю вибронаконечника через гибкий вал, состоящий из сердечника и защитной брони. Вибронаконечник представляет герметически закрытый корпус, внутри которого находится дебаланс, соединенный со шпинделем вибронаконечника упругой резинометаллической муфтой. Данные некоторых электромеханических ручных вибраторов с гибким валом приведены в табл. 32.

Таблица 32

Показатели	ИВ-17	ИВ-25	ИВ-26	ИВ-27
Диаметр наконечника, мм	36	76	76	51
Частота колебаний в мин	20 000	10 000	12 500	15 000
Мощность двигателя, кВт	0,8	1,2	1,2	0,8
Масса, кг	27	46	48	34

Для уплотнения бетонных смесей в небольших объемах могут найти применение ручные вибраторы ИВ-55 и ИВ-56, у которых двигатель встроен в рабочую часть. Масса вибраторов составляет соответственно 10 и 19 кг.

В ряде случаев имеется техническая целесообразность транспортирование бетонной смеси производить в автобетоносмесителях. Такое положение имеет место при дальности перевозки в 25—30 км и более, при бездорожье и в других случаях.

Таблица 33

Показатели	Автобетоносмеситель		
	СБ-69	СБ-59	СБ-92
Объем готового замеса, м ³	2,5	3,2	3,5
Емкость бака для воды, л	530	800	850
Высота загрузки, мм	3420	3430	3520
Мощность двигателя автомобиля, л. с.	180	215	215
Мощность привода смесителя, л. с.	40	40	50
Угол поворота разгрузочного лотка, градус:			
в горизонтальной плоскости	180	180	180
в вертикальной плоскости	60	45	60
Марка автомобиля	МАЗ-503Б	КрАЗ-258	КрАЗ-258

Автобетоносмесители загружают на заводах сухой бетонной смесью и за 10—20 мин до прибытия на место включают бетоносмеситель для перемешивания и затворения смеси. Как правило, автобетоносмесители при температуре окружающего воздуха не ниже 0°С. Осадка конуса приготовляемой смеси составляет более 5 см. В табл. 33 приведены характеристики изготовляемых автобетоносмесителей.

§ 7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ КРЕПЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Удельное значение крепежных работ при сооружении горизонтальных горных выработок определяется относительными затратами труда и времени. При проведении капитальных и подготовительных выработок буровзрывным способом затраты труда на крепление составляют в проходческом цикле 30—40%, а по времени — 50% и более. Еще более высок удельный вес крепления при проходке выработок комбайнами. Примерно такое же соотношение затрат труда имеет место при проведении стволов шахт. Таким образом, применение рациональных типов крепей, совершенствование технологии их возведения и механизация являются значительными резервами повышения производительности труда в шахтном строительстве.

При рассмотрении основных направлений и тенденций в совершенствовании технологии и механизации бетонных работ при креплении горных выработок целесообразно выделить вопросы: механизации транспорта и укладки бетонной смеси; совершенствования технологии приготовления бетонов.

Опалубки. При сооружении тоннелей различного назначения и протяженных горных выработок находят применение переставные, передвижные, самоходные и гидрофицированные опалубки. При дальнейшем их совершенствовании следует ожидать конструктивного их облегчения, замены металлической опалубки более легкой из пластмасс, как, например, из стеклопластиков и т. п.

Имеются тенденции к конструированию и применению опалубок, обшивка которых выполняется из резинометаллических элементов. Для придания обшивке проектного положения в обшивку нагнетается сжатый воздух, соответственно при демонтаже для отрыва опалубки сжатый воздух стравливается.

В шахтном строительстве, где на сравнительно небольших протяжениях выработок применяется много различных сечений и конфигураций выработок, применение передвижных опалубок менее эффективно. В этом направлении следует ожидать разработку конструкций опалубок, приспособленных для изменения сечений — переставных, разборных, универсальных, составляемых из укрупненных элементов. Основным материалом для конструкций опалубок — алюминий и пластические массы. Имеется настоятельная необходимость продолжать унификацию сечений горных выработок. Ряд конструктивных решений (в частности, в Кузбассе) предусматривает возможность применения взрывостойких опалубок, устанавливаемых под забой и позволяющих этим отказаться от временных крепей. Как показывает практика, целостность и прочность бетонной крепи в этих случаях обеспечивается.

В ряде случаев будут находить применение опалубки, обшивка которых после бетонирования останется элементом крепи и этим обеспечит повышенную прочность конструкции и гладкую внутреннюю поверхность. Гладкая поверхность крепи позволяет улучшить аэродинамические и гидравлические показатели выработок и этим улучшить экономические показатели сооружения в целом.

Бетононасосы. В наземном строительстве все большее применение находят бетононасосы с гидравлическим приводом, регулируемой производительностью и дальностью подачи. Применительно к подземному строительству преимуществом таких бетононасосов являются меньшие размеры и масса. Имеются тенденции к применению облегченных трубопроводов из алюминия и пластических масс с быстроразъемными приспособлениями, что позволит уменьшить трудоемкость работ по их монтажу и демонтажу в процессе работ. Следует ожидать, что в ближайшие годы промышленность освоит серийное производство бетононасосов с гидравличе-

ским приводом, приспособленных для подземного и шахтного строительства с механизированной их загрузкой.

Перспективно внедрение оборудования, транспортирующего бетонную смесь за опалубку непосредственно из вагонеток по конвейерам без трубопроводов (типа УБТ-5). В этом случае упрощается технология приготовления бетонных смесей для работ, поскольку снимаются ограничения, связанные с крупностью фракций щебня (гравия).

Пневмобетонагнетатели. В последние годы проявляется тенденция к созданию комплексов, состоящих из агнетателей, загрузочных устройств к ним, ресиверов и в отдельных случаях бетоносмесителей. Следует ожидать в ближайшие годы организацию серийного производства такого типа комплексов. Для условий шахтного строительства представляют также интерес агнетатели с горизонтально расположенной емкостью, имеющей пониженную высоту загрузки.

Материалы и конструкции крепей. В последние годы достигнуты значительные успехи в технологии изготовления бетонов. Прочность выпускаемых промышленностью цементов достигла 800 кгс/см^2 . Организуется производство добавок, ускоряющих схватывание и твердение бетонов, повышающих подвижность бетонной смеси, замедляющих схватывание и т. п. Имеются основания повысить марку применяемых бетонов и этим уменьшить сечения крепи. Ускоренное твердение бетонов высоких марок позволяет быстрее включить крепь в работу. При введении в цементные бетоны полимерных добавок (латекса, поливинилацетата и т. п.) можно значительно повысить их деформативные свойства и этим расширить область и объемы их применения.

В бетонах получает распространение напряженное армирование, которое способствует уменьшению изгибающих моментов в крепи и этим повышает ее несущую способность. Этому же будет способствовать обжатие крепи путем агнетания за крепь расширяющихся при затвердевании составов. Агнетание в закрепное пространство, в забутовочный слой составов, имеющих меньшую прочность, чем бетонная крепь, позволяет сообщить крепи податливость и этим снизить нагрузки на крепь.

Упрочнение вмещающих пород путем пагнетания в них и за возводимые бетонную и металлическую крепи цементных, бетоноштовых, силикатных и полимерных растворов позволяет укрепить массив вокруг выработок, уменьшить зону неупругих деформаций и смещения пород. Эти мероприятия создают благоприятные условия работы крепи и позволяют уменьшить их сечение.

Перспективным видом крепи являются бетонные и железобетонные анкеры, применяемые как для «подвешивания» кровли, так и для укрепления вмещающего массива.

Применение комбайновой проходки и контурного взрывания способствует образованию в горном массиве выработок с поперечным сечением, форма которых наиболее устойчива в данных условиях и контур пород наименее нарушен. Соответственно и возведенные крепи более эффективны и работоспособны. С другой стороны, созданы условия, исключаящие перерасход бетона против проектного за счет излишних переборов породы. В выработках, проводимых в агрессивных средах, найдут применение армопластбетона на основе фурфурольно-ацетоновых и других вяжущих, обладающих высокой водо- и газонепроницаемостью.

Способ безопалубочного крепления. Способ безопалубочного крепления набрызгбетоном и другими материалами является одним из перспективных. Применение специальных добавок и вяжущих повысит прилипание наносимой смеси, ее адгезию к породам и снизит отскок смеси. Имеется тенденция к более широкому применению при набрызге предварительно затворяемых бетонных смесей, что способствует меньшему пылеобразованию.

Новым направлением работ является набрызг одно- и двухкомпонентных составов смол на основе различных вяжущих — силикатных, латексных, эпоксидных, фенольных, полиуретановых для крепления выработок, укрепления и гидроизоляции пород.

Прочность и деформируемость наносимых материалов варьирует в широких пределах в зависимости от концентрации составляющих (смолы наполнителя, катализатора и др.). Прочностные характеристики быстросхватывающихся растворов позволяют применять

их в качестве временной крепи, возводимой непосредственно в забое.

Тенденции к созданию комбинированных крепей из набрызгбетона с анкерными и металлическими креплениями, полимерными или металлическими сетками-затяжками расширяют область применения набрызгбетона как в горизонтальных, так и в вертикальных выработках. Изменяя технологический порядок крепления и сочетания отдельных элементов крепей, можно крепить комбинированными креплениями слабые и малоустойчивые породы.

Найдет применение двухслойная крепь, в которой внешний, обращенный к породе слой представляет собой пористый, легко деформируемый элемент крепи, благодаря которому нагрузка горного массива равномернее распределяется на внутренний несущий слой. Таким образом, несущая способность крепи при работе в жестком режиме определяется прочностью внутреннего слоя, при работе в податливом режиме — сопротивлением внешнего слоя. Работы ДонУГИ по применению в качестве деформативного слоя пенополиуретанов представляют в этом плане значительный интерес.

Некоторые конструкции разрабатываемых машин предусматривают введение в состав набрызгиваемой смеси сечки полимерных волокон или металлических проволок с целью усиления участков возводимой крепи, в которых бетон работает на растяжение. Конструкция крепи в этом случае будет наиболее рациональной.

Некоторые зарубежные фирмы стремятся совместить в одном агрегате смесительную установку, в которой готовится смесь, с нагнетателем, из которого смесь транспортируется и набрызгивается. Такой агрегат циклического действия имеет небольшую производительность, но вместе с тем и небольшие размеры, что является его достоинством.

Ряд отечественных организаций и зарубежные фирмы работают над созданием бетономашин с грузочными приспособлениями и механизмами для вождения сопла. Рациональное решение этих вопросов снизит трудоемкость работ.

Перспективны работы по автоматизации процесса безопасного бетонирования.

Донецким институтом «Автоматгормаш» разработана автоматика для машин БМ-60, ведутся работы

по автоматическому поддержанию постоянства водоцементного отношения и др.

Опалубки для крепления вертикальных стволов шахт. Перспективным является создание конструкций универсальных опалубок, собираемых из унифицированных панелей заводского серийного изготовления. Такие конструкции должны позволять производить сборку опалубки на рабочем месте из готовых панелей для любых наиболее распространенных диаметров стволов; унифицированные панели целесообразно оснащать спиральным поддоном.

В конструкциях опалубок должны найти широкое применение пластические материалы для облицовки панелей, стойкие против истирания и обладающие малой адгезией к бетону. Это позволит значительно снизить усилия для отрыва опалубки от бетона и упростить применяемые для этого устройства.

Весьма эффективным может быть применение полиэтиленовых труб в качестве бетоновода по стволу. Полиэтиленовые трубы обладают высокой стойкостью против истирания и малой массой, что позволит снизить грузоподъемность лебедок для подвески бетоновода на канатах, а также повысить срок их службы в сравнении с металлическими трубами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. Б., Павлович В. И. Механизированный бетонорастворный узел в шахте. — «Проектирование и реконструкция угольных предприятий», 1972, № 8, с. 5—7.

Амурский Б. С., Родионов В. И. Торкретирование стенок ствола при его расширении. — «Шахтное строительство», 1963, № 9, с. 24—25.

Белозеров С. С., Власенко И. А. Опыт применения пневмотранспорта бетона при реконструкции тоннелей. — «Транспортное строительство», 1970, № 7, с. 38—40.

Борисовец В. А., Козел А. М. Область применения набрызгбетонной и монолитной бетонной крепи. — «Шахтное строительство», 1974, № 10, с. 19—21.

Бетонная крепь, технология и механизация ее возведения. Донецк, Изд-во «Донбасс», 1973, 182 с. Авт.: Ю. З. Заславский, В. П. Кишур, Е. А. Лопухин, Ф. И. Перепичка.

Возведение бетонной отделки туннеля с применением опалубки ОМП-1. — «Шахтное строительство», 1969, № 12, с. 23—25. Авт.: С. Г. Игошин, Е. С. Соколов, П. Г. Зенченко и др.

Волобуев С. Х., Тюркян Р. А. Мировой рекорд проходки вертикального ствола — 401,3 м за месяц. — «Шахтное строительство», 1969, № 11, с. 1—3.

Голицинский Д. М. Исследование некоторых свойств набрызгбетона (шприц-бетона). — Изв. вузов, «Горный журнал», 1965, № 5, с. 75—77.

Ержанов Ж. С., Айталнев Ш. М., Шилкин П. И. Конструирование и расчет набрызгбетонной крепи. М., «Недра», 1971. 171 с.

Казакевич Э. В. Крепление вертикальных стволов шахт монолитным бетоном. М., «Недра», 1970. 184 с.

Казаков Н. И., Амурский Б. С. Применение металлической опалубки и бетоноукладчика при креплении горизонтальных выработок. — «Шахтное строительство», 1961, № 6, с. 18—20.

Компаней В. Ф. Ремонт крепи ствола набрызгбетоном. — «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1961, № 71 (2), с. 19—21.

Кравченко Г. И. Ликерная крепь в сочетании с набрызгбетоном для вертикальных стволов. — «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1964, № 62, с. 22—25.

Лев М. А. Безопалубочное бетонирование горных выработок. — «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1962, 6/42, с. 45—51.

Лев М. А., Сапунов А. А., Сергеев О. И. Перспективы развития безопалубочного бетонирования горных выработок набрызгбетоном. Л., изд. Гипроникель, 1969, с. 137—155 (Труды Гипроникеля, вып. 46. «Горное оборудование»).

Лев М. А., Сапунов А. А. Механизация крепления горизонтальных горных выработок. НИИинформтяжмаш. М., изд. НИИинформтяжмаш. 1970, 39 с.

Левчук В. И., Рыбаков Ю. Ю. Подбор составов быстротвердеющих бетонов для безопалубочного бетонирования. — «Проектирование и реконструкция угольных предприятий», 1966, № 9, с. 65—68.

Лисняк Д. И. Механизированная транспортировка и укладка бетонной смеси в выработках Миргалимсайского рудника. — «Шахтное строительство», 1964, № 1, с. 19—21.

Мячехин В. С., Бартош В. И., Покручин А. Ф. Восстановление разрушающейся бетонной крепи ствола. — «Горный журнал», 1967, № 8, с. 27—28.

Мордань П. П. Применение постоянной набрызгбетонной крепи в Кузбассе. — «Шахтное строительство», 1974, № 10, с. 21—22.

Мостков В. М., Воллер И. Л. Применение набрызгбетона при проведении выработок. М., «Недра», 1968. 126 с.

Механизация крепления выработок с применением машины БМ-60. — «Горный журнал», 1967, № 1, с. 45—47. Авт.: М. А. Лев, Р. Д. Меркин, Ф. Д. Левчук, В. С. Душкевич.

Мякшин А. Д., Синябрюхов Б. Н. Комплекс шагающего оборудования для проходки стволов. — «Шахтное строительство», 1972, № 8, с. 19—21.

Применение набрызгбетона на шахтах комбината «Ростов-уголь». М., Изд. ЦНИЭНУголь, М., 1969. 103 с. Авт.: О. Б. Батни, И. Д. Посыльный, Б. Н. Кузин и др.

Снегирев Ю. Д., Вяльцев М. М. Долговечность крепи вертикальных стволов шахт. М., «Недра», 1973. 158 с.

Строительство наклонных стволов крупнейшей шахты

в Кривбассе. — «Шахтное строительство», 1974, № 10, с. 22—24.
Авт.: С. Б. Гордон, А. А. Максимчук, П. Ф. Бочуля, Т. В. Мацьк.

Техника и технология проходки вертикальных стволов шахт.
М., «Недра», 1970. 312 с. Авт.: Э. О. Миндели, Р. А. Тюркян,
Я. В. Бровман и др.

Третьяков А. К. Бетонные работы. М., «Высшая школа»,
1972. 278 с.

Обгорелов Д. Х., Чекушев М. И. Кольцевой способ бето-
нирования гидротехнического туннеля. — «Шахтное строительство»,
1972, № 8, с. 19—21.

Покровский Н. М. Сооружение и реконструкция горных
выработок. Ч. I. Проведение горизонтальных и наклонных выра-
боток. М., Госгортехиздат, 1962, 351 с.

Римский В. С., Науменко В. С. Скоростная углубка
ствола шахты «Северная вентиляционная». — «Шахтное строитель-
ство», 1970, № 3, с. 24—26.

Шталь Р. Применение набрызгбетона для крепления горных
выработок. — «Глюкауф», 1964, № 9, с. 560—575.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
§ 1. Основные требования и область применения бетонной крепи горных выработок	6
§ 2. Крепление горизонтальных горных выработок монолитным бетоном	15
§ 3. Крепление стволов шахт монолитным бетоном	73
§ 4. Крепление горизонтальных горных выработок набрызгбетоном	107
§ 5. Крепление и ремонт вертикальных стволов шахт набрызгбетоном	168
§ 6. Материалы и оборудование для изготовления бетонной крепи	181
§ 7. Основные направления и тенденции в совершенствовании бетонных работ при креплении горных выработок.	211
Список литературы	217

МАРКС АБОВИЧ ЛЕВ,

АНАТОЛИЙ АНДРЕЕВИЧ САПУНОВ

Механизация бетонных работ при креплении горных выработок

Редактор издательства Э. Е. Ненаглядова

Обложка художника Б. К. Силаева

Художественный редактор О. Н. Зайцева

Технические редакторы О. Ю. Трепенюк, А. Е. Матвеева

Корректор В. И. Ионкина

Сдано в набор 26/III 1976 г. Подписано в печать 24/V 1976 г. Т-11114
Формат 84×108¹/₂. Бумага № 2. Печ. л. 7,0 Усл. п. л. 11,76 Уч.-изд. л. 11,72
Тираж 3100 экз. Заказ № 455/4169—9. Цена 59 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном
комитете Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии
и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

Уважаемый товарищ!

В издательстве «Недра»
готовятся к печати новые книги

ВЗРЫВНОЕ дело. Сборник № 77/34. Совершенствование буровзрывных работ в горном деле. 20 л. (Научно-техническое горное общество) 1 р. 30 к.

В сборнике отражены достижения в области буровзрывных работ в горном деле и намечены перспективы их совершенствования.

Сборник состоит из 4-х разделов: техника и технология буровых работ; взрывчатые вещества и условия их применения; взрывные работы на карьерах; взрывные работы на шахтах и рудниках. В нем приведены результаты исследований по совершенствованию бурового инструмента и режимов бурения, описаны новые буровые станки. Ряд статей посвящен совершенствованию методов взрывания, изучению механизма действия взрыва в твердой среде. Приведены последние достижения в области разработки новых видов взрывчатых веществ, в том числе предохранительных, рассмотрены вопросы механизации приготовления взрывчатых веществ непосредственно на горных предприятиях, а также средства механизации заряжания скважин и шпуров.

Книга предназначена для широкого круга инженерно-технических работников карьеров, шахт, рудников, научно-исследовательских и проектных организаций, а также преподавателей и студентов горных вузов.

МОСНПЕЦ В. И. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. 15 л. 1 р. 66 к.

В книге рассмотрены основные закономерности деформации горных пород в статике и динамике, процесс передачи энергии детонирующего заряда ВВ окружающей среде, возникновение и распространение взрывных волн в горных породах, дробление и перемещение горных пород взрывом. Изложена методика определения оптимального ассортимента взрывчатых веществ. Разработан комплекс инженерных методов управления энергией взрыва при дроблении пород.

Дана оценка сейсмического действия взрыва в однородных, неоднородных и нарушенных массивах горных пород, приведены критерии сейсмической безопасности зданий, сооружений и горно-технических объектов. Впервые выдвинута и решена задача об использовании сейсмических колебаний в качестве источника информации о параметрах дробящего и сейсмического действия взрыва.

Книга предназначена для инженерно-технических и научных работников, занимающихся вопросами теории и практики использования взрывов в народном хозяйстве.

СПРАВОЧНИК по креплению горных выработок. Изд. 2, перераб. и доп. 30 л. 1 р. 83 к. Авт.: Гелескул М. Н., Хорин В. Н., Киселев Е. С., Бушув Н. П.

В справочнике приведены классификация крепей подготовительных и капитальных горных выработок, сведения о крепежных материалах, описание и техническая характеристика отечественных и зарубежных конструкций крепей, а также технико-экономические показатели крепления и поддержания горных выработок в основных угольных бассейнах страны. Положены методы расчета крепей по предельным состояниям. В справочнике приведены также сведения о креплении очистных выработок индивидуальной, комплектной и механизированной крепью. Приведены паспорта крепления очистных выработок, правила эксплуатации крепей и порядок их ремонта.

Во втором издании справочника приведены новые материалы по анкерным и сплошным крепям, все главы переработаны и дополнены с учетом последних достижений в области крепления горных выработок.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников горных предприятий, научно-исследовательских, проектно-конструкторских и учебных институтов.

ЦАЯ Т. Н., КОСЕНКОВ Е. Д. Строительство высотных сооружений на поверхности шахт. 15 л. 96 к.

В книге обобщен и систематизирован опыт строительства высотных сооружений на поверхности шахт. Освещены строительные особенности объемно-планировочных и конструктивных решений башенных копров и силосных хранилищ, возводимых из монолитного железобетона и в каркасно-металлическом исполнении. Приведены факторы, влияющие на выбор эффективных организационно-технологических решений по возведению башенных копров и силосных хранилищ. Обоснованы принципы выбора решений по строительству копров различных конструктивных типов. Рассмотрены вопросы проектирования организации и технологии строительных работ, возведения высотных сооружений в зимний период, герметизации конструкций, а также вопросы техники безопасности. Освещен зарубежный опыт строительства башенных копров и силосных хранилищ, приведены технико-экономические показатели.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и строительством предприятий на поверхности шахт.

ЧЕРНИГОВСКИЙ А. А. Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве. Изд. 2, перераб. и доп. 20 л. 1 р. 37 к.

В книге описан механизм взрывного дробления монолитных и трещиноватых горных пород, изложены методы управления процессом взрывного дробления и даны практические рекомендации по применению направленного взрыва в горном деле и строительстве. Приведены критерии экономической эффективности транспортирования горной массы энергией взрыва из забоев в отвал, составлены баллистические таблицы, позволяющие построить траекторию движения выброшенного взрывом куска породы в разнообразных топографических условиях. В отличие от первого издания в книге разработаны и обоснованы принципы моделирования процесса дробления горных пород энергией взрыва.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, проектирующих взрывные работы, а также работников научно-исследовательских институтов, занимающихся вопросами повышения эффективности взрывов из выброс.

ШАФРАНОВ П. К., ЯГОДКИН Ф. И. Канатная армировка вертикальных стволов шахт. 10 л. 54 к.

В книге изложен опыт проектирования, эксплуатации и сооружения канатной армировки вертикальных стволов шахт. Рассмотрены технологические схемы жесткой и эластичной армировки, применяемой в современной отечественной и зарубежной практике. Обобщены материалы исследования и данные практики эксплуатации и строительства эластичной армировки шахтных стволов. Особое внимание уделено расчету элементов эластичной армировки, экономической эффективности и области ее применения. Рассмотрены отдельные случаи применения эластичной армировки в стволах, выполняющих различные функции. Определены основные направления совершенствования эластичной армировки и перспективы ее внедрения.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией шахт, а также может быть полезна студентам горных вузов.

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «книга — почтой» магазинов:

№ 17 — 199178. Ленинград, В. О., Средний проспект, 61.

№ 59 — 127412. Москва, П-412, Коровинское шоссе, 20.

Издательство «Недра»



59 коп.

НЕДРА