

622.28

К 14



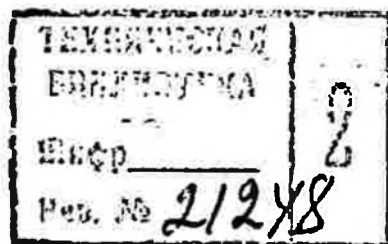
Э. В. КАЗАКЕВИЧ

**КРЕПЛЕНИЕ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ
СТВОЛОВ
ШАХТ
МОНОЛИТНЫМ
БЕТОНОМ**

20051.
Э. В. КАЗАКЕВИЧ

62228
K14

КРЕПЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
Москва 1970

Крепление вертикальных стволов шахт монолитным бетоном. Казакевич Э. В. М., изд-во «Недра», 1970. 184 стр.

В книге рассмотрены вопросы, связанные с возведением постоянной крепи из монолитного бетона в вертикальных стволах шахт, и требования, предъявляемые к бетонам.

Описаны типы бетонных заводов, обслуживающих сооружаемые стволы, средства транспортирования бетонной смеси на поверхности и по стволу, приспособления для механизированной укладки бетонной смеси за опалубку, конструкции передвижных опалубок. Подробно рассмотрены технологические схемы возведения бетонной крепи с помощью передвижных опалубок, определена оптимальная высота опалубки, изложены некоторые сведения о перспективных видах бетонной крепи.

Кроме того, в книге приведены сведения о кирпичной, бетонитовой и тюбинговой крепях; дано технико-экономическое сравнение различных видов крепей стволов.

Книга предназначена для инженерно-технических работников угольных и горнорудных предприятий, а также для преподавателей и студентов горных вузов.

Таблиц 67, иллюстраций 66, библиография — 15 названий.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Задачи, поставленные XXIII съездом КПСС по развитию горнодобывающей промышленности, требуют от шахтостроителей выполнения больших объемов капитальных работ.

Коллективами специализированных трестов Донецкшахтопроходка, Ворошиловградшахтопроходка, Кривбассшахтопроходка, институтов ВНИИОМШС и ЦНИИПодземмаш создано прогрессивное оборудование и разработаны эффективные технологические схемы, обеспечивающие высокие скорости сооружения вертикальных стволов шахт.

Общий уровень механизации погрузки породы достиг в 1969 г. 95%. Средние скорости проходки вертикальных стволов значительно возросли и составляют в комбинате Донецкшахтострой свыше 65 м в месяц, Ворошиловградшахтострой — 60, а в условиях весьма крепких пород Криворожского бассейна — около 40 м в месяц.

При строительстве и реконструкции шахт сооружение стволов занимает до 50% времени. Качество и срок службы ствола шахты и капитальные затраты на его сооружение определяются в первую очередь типом постоянной крепи и технологией ее возведения.

В настоящее время в качестве постоянной крепи вертикальных стволов шахт, сооружаемых в различных горногеологических условиях, принимают монолитный бетон.

В общем объеме вертикальных стволов, сооруженных в Донецкой и Ворошиловградской областях с 1961 г., более 90% закреплено монолитным бетоном, а в Криворожском бассейне и на полиметаллических шахтах Рудного Алтая этот вид крепи является единственным.

В настоящее время уровень механизации процесса возведения монолитной бетонной крепи достигает 91%, значительно возросла производительность труда рабочих и снижена стоимость бетонной

крепн по сравнению с другими видами. Этому способствовали разработанные ЦНИИПодземмашем, трестом Кривбассшахтопроходка и Криворожским филиалом ВНИИОМШСа различные конструкции передвижных металлических опалубок, простые и эффективные приспособления для механизированной укладки бетонной смеси, транспортирование бетонной смеси в ствол по трубам и пр.

Анализ методов возведения монолитной бетонной крепн, описание средств механизации и обобщение опыта бетонирования стволов с применением передвижных опалубок различных конструкций и составляет основное содержание книги.

Автор выражает признательность заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, докт. техн. наук, проф. Н. М. Покровскому за ценные замечания, сделанные при рецензировании и подготовке рукописи к изданию.

ГЛАВА I

ПОСТОЯННАЯ КРЕПЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

1. Общие сведения

Крепь вертикального ствола представляет собой конструкцию, окруженную со всех сторон массивом горных пород, в большинстве случаев неоднородных по своим физико-механическим свойствам.

Крепь ствола должна предохранять породные стенки от возможных обрушений; материал и размеры ее должны соответствовать геологическим и гидрогеологическим условиям.

В отечественной практике в настоящее время вертикальные стволы шахт, сооруженные обычным способом, крепят в основном монолитным бетоном. Железобетонные тубинги, крепежный кирпич и бетониты применяют значительно реже (рис. 1).

Выбор материала постоянной крепи обуславливается физико-механическими свойствами окружающих пород, величиной притока воды, формой и размерами поперечного сечения ствола и сроком его службы.

За рубежом также в большинстве случаев в сооружаемых стволах применяют монолитную бетонную крепь (ЮАР, США, ФРГ, ВНР и др.).

Кирпичная и тубинговая крепи широко распространены в Англии, однако в последние 10—15 лет там находит применение в основном монолитный бетон.

В СССР до 1956 г. постоянную крепь из монолитного бетона возводили с помощью деревянных или инвентарных металлических опалубок, укладку бетонной смеси производили вручную. При таких методах возведения бетонной крепи сооружение ствола осуществляется по последовательной схеме. Скорость проходки была низкой (в Кривбассе 9—15 м в месяц), производительность проходчика на креплении составляла 0,6—1,2 м³ бетона в смену.

С целью увеличения скорости сооружения стволов путем применения параллельной организации работ по выемке породы и

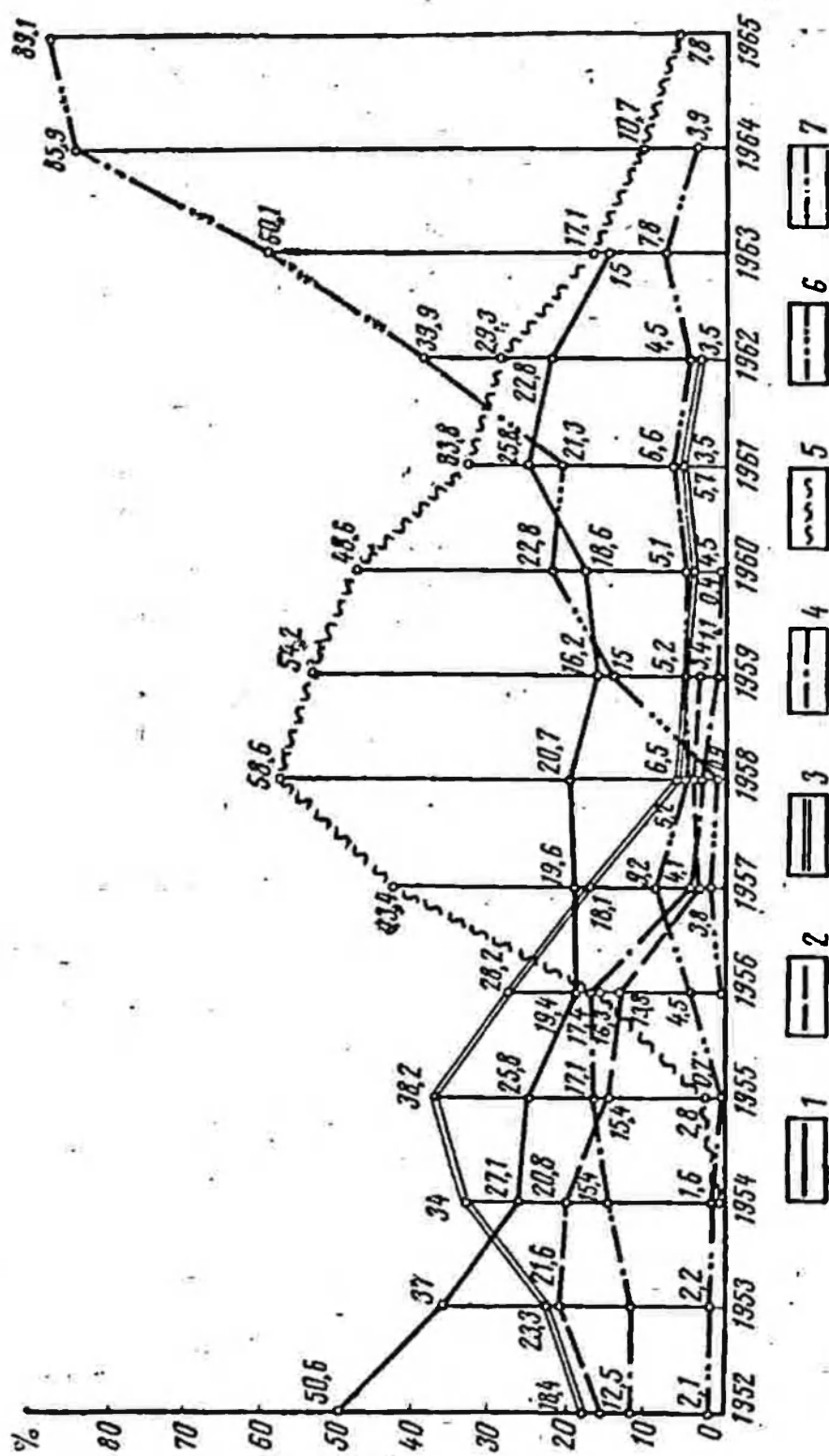


Рис. 1. Применение различных видов постоянной крепи вертикальных створов цехов: 1 — монолитный бетон в деревянной опалубке; 2 — кирпич; 3 — бетоны; 4 — дуговые тубинги; 5 — железобетонные тубинги; 6 — монолитный бетон в металлической передвижной опалубке; 7 — прочие виды крепи

возведению постоянной крепи в период с 1952 по 1956 г. получили широкое распространение такие крепежные материалы, как кирпич и бетониты. Скорость сооружения стволов резко возрастала (свыше 200 м в месяц), производительность проходчиков, занятых на креплении, составила 1,8—2,5 м³ крепи в чел.-смену. Однако качество крепи из кирпича и бетонитов значительно ниже крепи других видов — неплотное заполнение швов раствором, возможность несоблюдения геометрических размеров ствола, высокая водопроницаемость. Кроме того, погрузка кирпича и бетонитов в бадьи (контейнеры) и укладка их в стволе практически не поддаются механизации. Для обеспечения достаточно высоких скоростей возведения кирпичной или бетонитовой крепи (4—6 м в сутки) приходится увеличивать численность рабочих (в стволе диаметром 7,5 м — до 6—8 проходчиков-кладчиков и 10—11 вспомогательных рабочих).

Параллельная технология требует установки временной крепи или оставления временно незакрепленных участков ствола, что нельзя считать прогрессивными решениями.

Применение железобетонных тюбингов позволило крепить стволы более промышленными методами по сравнению с применением монолитного бетона в деревянной опалубке и штучных материалов. Возрос уровень механизации процесса крепления и, что самое главное, получила распространение более совершенная, совместная технологическая схема сооружения стволов, позволяющая отказаться от установки временной крепи и существенно упростить комплекс проходческого оборудования.

В СССР железобетонные тюбинги впервые были применены в 1954 г. в Донбассе. В последующие годы (вплоть до 1959 г.) этот вид крепи получил широкое распространение в угольных бассейнах страны.

В Кривбассе железобетонные тюбинги были применены при сооружении вертикальных стволов шахты «Гвардейская», пересекающих весьма крепкие породы. Опыт показал нецелесообразность применения тюбинговой крепи в Кривбассе. При возведении крепи в непосредственной близости от забоя ствола тюбинги подвергались значительным разрушениям при взрывных работах. Кроме того, применение тюбингов повлекло за собой большие переборы породы, что значительно увеличило стоимость крепи.

За рубежом железобетонные тюбинги для возведения постоянной крепи вертикальных стволов практически не применяли. Известен ряд случаев использования крупных бетонных блоков в ЮАР, США, Бельгии, однако распространения они не получили.

В 1957 г. на шахте «Чайкино-Глубокая» № 1 (Донбасс) при сооружении вентиляционного ствола была применена передвижная створчатая опалубка конструкции ЦНИИПодземмаша для возведения постоянной крепи по совместной технологии. Быстротвердеющую бетонную смесь опускали к месту укладки по трубам. Такая организация работ и конструкция опалубки оказались весь-

ма эффективными. Впоследствии они получили широкое распространение.

В настоящее время совместная технологическая схема с применением монолитной бетонной крепи и транспортированием бетонной смеси по трубам является основной при сооружении вертикальных стволов СССР, ВНР, НРБ и других странах.

2. Основные характеристики видов крепи

Кирпичная крепь. Для крепления стволов шахт применяют обожженный кирпич специального назначения, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 530—54 с временным сопротивлением сжатию 150—200 кг/см² и водопоглощением до 12%. Толщину крепи из кирпича обычно принимают 500—600 мм. Зазор между кирпичной кладкой и породной стенкой (50—60 мм) заполняют тощим бетоном, не допуская оставления пустот. При возведении кирпичной крепи устраивают опорные венцы, расстояние между которыми в зависимости от крепости и устойчивости пород принимают 25—40 м.

Достоинствами кирпичной крепи являются: способность противостоять агрессивному воздействию шахтных вод и возможность использования местных материалов; недостатками — водопроницаемость, отсутствие средств механизации для возведения, значительные трудоемкость и стоимость.

Кирпичная крепь может применяться при последовательной и параллельной технологических схемах сооружения стволов.

Крепь из бетонных камней. Бетонные камни (бетониты) для крепления стволов шахт изготовляют из бетонов марки 150 и выше. Объемный вес бетонитов из обычных бетонов должен быть не менее 2200 кг/м³, а для бетонитов из шлакобетона не менее 1800 кг/м³. Бетониты изготавливают клиновидной и прямоугольной формы размерами 20×20×40, 20×20×25 см и др. Отклонения от основных размеров бетонитов допустимы в пределах трех миллиметров. Кладку из бетонитов производят в один камень. Толщина крепи 400—500 мм, зазор между крепью и породной стенкой (100 мм) заполняют тощим бетоном или бутобетоном.

В связи с большим весом бетонитов (до 35 кг) и отсутствием средств механизации возведение крепи является весьма трудоемким процессом.

Бетонитовой крепи присущи все недостатки кирпичной крепи, кроме того, она более водопроницаема и подвержена агрессивному воздействию шахтных вод.

Бетонитовая крепь может применяться при последовательной и параллельной технологических схемах сооружения стволов.

Крепь из железобетонных тюбингов. Железобетонные тюбинги применяют двух видов — конструкции ВНИИОМШСа и СТК (табл. 1).

Таблица 1

Диаметр ствола в свету, мм	Количество тюбингов в кольце	Основные размеры тюбинга, мм				Расход			Вес тюбинга, кг	
		высота мм	длина		толщина		бетона на 1 м ствола, м³	болтов на 1 м крепл., кг		арматуры на 1 м ствола, кг
			по внутренней стороне	по наружной стороне	по ребру	по плите				

Тюбинги конструкции ВНИИОМШСа

4,5	7	1040	2014,6	2261,9	270	100	2,43	94,2	440,9	1090
5,0	8	1040	1963,5	2199,1	300	100	3,54	107,6	480,0	1150
5,0	8	1040	2159,8	2395,5	300	100	3,85	107,6	573,8	1250
6,0	9	1040	2094,4	2303,5	300	100	4,88	121,6	622,2	1240
6,5	9	1040	2268,9	2478,4	300	100	4,59	181,7	721,7	1325
7,0	10	1040	2199,1	2419,0	350	100	5,58	201,9	819,2	1450
7,5	10	1040	2356,2	2570,1	350	100	5,91	201,9	932,7	1540
8,0	10	1040	2484,8	2484,7	350	100	6,35	222,1	892,5	1500

Тюбинги СТК

4,5	9	1040	1570	1744	250	70	2,08	90,8	142,0	600
5,0	10	1570	1527	1527	250	70	2,31	100,9	157,7	600
5,5	11	1040	1570	1712	250	70	2,54	111,0	173,5	600
6,0	12	1040	1570	1700	250	70	2,77	121,1	189,2	600
6,5	13	1040	1570	1690	250	70	3,00	131,2	205,0	600
7,0	14	1040	1570	1672	250	70	3,23	141,2	220,8	600
7,5	15	1040	1570	1674	250	70	3,46	151,3	236,6	600
8,0	16	1040	1570	1668	250	70	3,69	161,4	252,3	600

Тюбинги конструкции ВНИИОМШСа рассчитаны на нагрузку 25 и 40 T/m^2 . При креплении стволов тюбингами конструкции ВНИИОМШСа обязательна тщательная чеканка швов между отдельными тюбингами. Высота незатампированной колонны по расчетной прочности тюбингов может быть до 25 м. Практически расстояние между опорными венцами не должно превышать 8—10 м во избежание обрыва тюбинговых колец.

Тампонаж закрепного пространства целесообразно производить с отставанием не более 6 м. Основными недостатками крепи из тюбингов конструкции ВНИИОМШСа помимо высокой стоимости являются сложность тампонирования затюбингового пространства и перекрытия строительного зазора, необходимость тщательной чеканки швов и др.

ВНИИОМШСом разработаны крупноразмерные тюбинги, образующие кольцо из 3—4 элементов. Возведение крепи из таких тюбингов можно производить сверху вниз и снизу вверх.

Тюбинги СТК рассчитаны на нагрузку 40 T/m^2 и по сравнению с тюбингами конструкции ВНИИОМШСа имеют значительно меньший вес. Недостатками тюбингов СТК являются большая, чем у

тубингов ВНИИОМШСа, хрупкость, плохое сопротивление взрывным и динамическим нагрузкам.

Указанные выше недостатки, а также трудности, связанные с изготовлением, значительно ограничили применение тубингов СТК.

Возведение крепи из тубингов СТК производится в направлении сверху вниз.

Бетонная крепь. Крепь из монолитного бетона, возводимая с помощью передвижных опалубок, имеет в настоящее время наибольшее распространение.

Достоинства бетонной крепи являются: монолитность и сравнительно небольшая водопроницаемость, низкая стоимость, высокая механическая прочность, возможность комплексной механизации возведения.

Указанные достоинства позволяют считать, что этот вид крепи будет и в дальнейшем являться основным при сооружении вертикальных стволов.

Толщина бетонной крепи колеблется от 250—300 мм (в Кривбассе, Рудном Алтае) до 400—500 мм в угольных бассейнах.

Монолитная бетонная крепь может быть применена при сооружении стволов по последовательной, параллельной и совместной технологическим схемам.

3. Горное давление в стволах

Вопросам горного давления на крепь вертикального ствола посвящено большее количество теоретических исследований.

Теория проф. М. М. Протодяконова рассматривает породы, находящиеся за крепью, как несвязные, сыпучие, а крепь как поддерживающую их подпорную стенку. Величину давления на единицу площади крепи по М. М. Протодяконову можно определить по формуле

$$P = H \gamma \operatorname{tg}^2 \frac{90 - \varphi}{2}, \quad (1)$$

где H — глубина ствола;

γ — средний объемный вес пород;

φ — угол трения пород.

Расчет горного давления по этой формуле дает приемлемые результаты для стволов небольшой глубины, сооружаемых по несвязным породам.

По теории акад. А. Н. Динника давление горных пород на крепь рассматривается как следствие упругих деформаций окружающих пород. Величина горного давления определяется по формуле

$$P = \frac{\mu}{1 - \mu} H \gamma, \quad (2)$$

где μ — коэффициент Пуассона.

При этом условно принимается, что возведение крепи опережает возникновение упругих деформаций в породах, пересекаемых стволом. Известно, что скорость упругих деформаций равна скорости распространения звука в среде и определяется по выражению

$$a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (3)$$

где E — модуль упругости среды;
 ρ — плотность среды.

Видимо, упругие деформации заканчиваются раньше, чем возводится крепь, и поэтому оказать на нее влияния не могут.

Проф. П. М. Цимбаревич определяет возможное давление на крепь ствола в зависимости от глубины и физико-механических свойств пород, пересекаемых стволом.

Величина горного давления на единицу площади крепи ствола по теории проф. П. М. Цимбаревича определяется из выражения

$$P = \gamma_n \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_n} h_1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_n} h_2 + \dots + \frac{\gamma_{n-1}}{\gamma_n} h_{n-1} \right) A_{n-1}, \quad (4)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ — объемные веса пород, пересекаемых стволом;
 A_n — коэффициент горизонтального распора для породы пласта n .

Расчет величины горного давления по проф. П. М. Цимбаревичу дает относительно приемлемые результаты для неглубоких (до 50 м) стволов и пород средней крепости.

Внесенная П. М. Цимбаревичем поправка к своему методу на основе решения проф. С. Г. Лехницким задачи о распределении напряжений вокруг ствола круглого сечения значительно приближает расчетные данные к реальным. Принимается, что разрушение породы вокруг ствола возникает при условии

$$\sigma \leq \frac{2\mu}{1-\mu} \gamma H,$$

где σ — предел прочности пород при простом сжатии.

С учетом этой поправки проявление горного давления наблюдается только в пластах, в которых породы будут разрушаться.

По теории проф. Г. Лабасса горное давление возникает как следствие увеличения объема разрушенной породы в зоне, окружающей ствол. Наибольшее давление по этой теории возникает в начальный момент образования такой зоны.

Величину горного давления определяют из условия равенства соответствующих напряжений на границе между зоной с нарушенными породами и упругой зоной.

Давление на единицу площади по Г. Лабассу рассчитывают по формуле

$$P = \frac{\mu}{1-\mu} H\gamma (1 - \sin \varphi) \left(\frac{R}{b} \right)^{\frac{2 \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}}, \quad (5)$$

где φ — угол трения (по Г. Лабассу);
 R — радиус ствола в проходке;
 b — радиус разрушенной зоны.

Расчет величины горного давления по теории Г. Лабасса производить весьма трудно, так как автор предлагает определять величину разрушенной зоны в натуре. Максимальное давление по Г. Лабассу возникает при $b=R$, т. е.

$$P_{\max} = \frac{\mu}{1-\mu} H\gamma (1 - \sin \varphi). \quad (6)$$

Нагрузку на крепь по теории проф. Ф. А. Белаенко определяют по формуле

$$P = \frac{U_k E_k (a^2 - a_1^2)}{(1 - \mu_k) a^3 + (1 + \mu_k) a a_1^2}, \quad (7)$$

где U_k — величина упругого смещения крепи под влиянием равномерно распределенного давления;

E_k, μ_k — модуль упругости и коэффициент Пуассона материала крепи;

a и a_1 — радиусы ствола в проходке и в свету.

Основанный на данных теории пластичности метод проф. Ф. А. Белаенко предполагает, что горное давление развивается лишь в том случае, когда вокруг ствола образуется зона пластических деформаций. Горное давление проявляется при смещении породы внутрь ствола в результате совместной работы породы и крепи.

Определение величины горного давления по Ф. А. Белаенко осложнено необходимостью получения мало изученных данных о физико-механических свойствах горных пород.

Характерно, что результаты расчетов горного давления на крепь ствола по рассмотренным теориям существенно отличаются от фактических данных.

Расчет горного давления для ствола глубиной 800 м, пересекающего пласт глинистого сланца с объемным весом $2,2 \text{ т/м}^3$ (угол внутреннего трения $\beta=50^\circ$; коэффициент горизонтального распора по П. М. Цимбаревичу $A=0,13$; коэффициент Пуассона $\mu=0,2$), дает следующие результаты: по П. М. Цимбаревичу (новый метод) — 45 т/м^2 ; по Ф. А. Белаенко для крепи из бетона марки 150—41 Т/м^2 ; по Г. Лабассу — 89 Т/м^2 .

Фактические нагрузки на крепь, определенные ВНИМИ для устойчивых пород Донбасса с углом падения до 10° , приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Породы	Глубина ствола, м	Полная на- грузка, Т/м ²
Прочные (крепкие известняки, алевролиты и весь- ма прочные аргиллиты)	Независимо от глубины	0,4
Средней крепости, неповрежденные	То же	0,7
Слабые или прочные, но поврежденные	До 400 м	7,0
	До 800 м	9,8

Наблюдения за состоянием крепи большого количества стволов, проведенные в различных бассейнах страны, показали отсутствие деформации крепи в результате проявления горного давления.

Проф. Н. М. Покровский, анализируя материалы обследований состояния крепи примерно 500 вертикальных стволов, произведенных Донецкой горнотехнической инспекцией, отмечает, что нарушения крепи в большинстве случаев не связаны с проявлением горного давления.

Исследования нарушений стенок 200 вертикальных стволов, проведенные в Донбассе ВНИИОМШСом совместно с ВНИМИ, показали, что ни в одном из стволов разрушающее действие горного давления не проявлялось. Ю. А. Онищенко, обследовавший состояние крепи 127 стволов Донецкого бассейна, указывает, что имеющиеся нарушения носят местный характер и не зависят от глубины ствола. При этом проявление горного давления в виде упругих или пластических деформаций до глубины 1000 м не было зафиксировано.

Изучение состояния бетонной крепи в вертикальных стволах Кривбасса показывает, что даже в самых неблагоприятных горнотехнических условиях заложения стволов не наблюдалось случаев деформации крепи от напряжений, связанных с проявлением горного давления.

По данным Ю. Г. Авдеева, проявления горного давления при эксплуатации вертикальных стволов в Рудном Алтае не зафиксировано.

Исследование состояния крепи большинства стволов шахт Кузбасса, проведенное Кемеровским горным институтом, установило отсутствие деформации крепи под воздействием горного давления. Как указывает проф. М. Б. Самойловский, нарушения целостности крепи, обнаруженные в некоторых случаях, произошли в результате выноса цемента из бетонной смеси струями воды во время крепления. Имеют место случаи, когда внешняя оболочка крепи долгое время не связана с окружающими породами, т. е. фактически участки ствола стоят вообще без крепи.

В результате критического отношения к существующим теориям горного давления и изучения данных практики и натурных замеров возникло новое воззрение на природу нагрузок на крепь стволов.

Акад. Л. Д. Шевяков высказал мнение о том, что горное давление на крепь вертикального ствола не растет с глубиной. Он пришел к следующим выводам:

1. Если иметь в виду горные породы, которые чаще всего приходится пересекать при проходке стволов, т. е. которые по своим физико-механическим свойствам приближаются к телам упругим или трещиноватым, то воздействие пород на стенку или на крепь ствола определяется не массовым и всесторонним, притом равномерным и возрастающим с глубиной давлением горных пород, а местным давлением каких-то сравнительно ограниченных объемов пород, стремящихся от массива у стенки ствола сползать.

Эти явления, естественно, возникают в породах механически более слабых и разбитых трещинами и в зонах геологических нарушений.

2. Соответственно назначением крепи стволов является не преодоление некоторых растущих с глубиной напряжений массива горных пород, а защита стволов от местных вывалов¹.

Проф. Н. М. Покровский и канд. техн. наук Е. Т. Проявкин высказывают мнение о том, что:

1) деформация пород в результате нарушения их статического равновесия в процессе проходки в основном заканчивается вскоре после выемки породы и задолго до возведения постоянной крепи;

2) горное давление на крепь ствола может быть вызвано или изменением физико-механических свойств горных пород, находящихся за крепью, или ведущимися вблизи ствола горными работами.

Представляется, что крепь в стволах, пройденных в связных породах, не воспринимает нагрузки, а является лишь конструкцией, ограждающей окружающие ее горные породы от воздействия факторов, приводящих к изменению их физико-механических свойств.

В связи с этим крепью, наиболее полно отвечающей указанным требованиям, позволяющей регулировать толщину конструкции, максимально механизировать процесс крепления и обеспечивающей сравнительно невысокие капитальные затраты, является крепь из монолитного бетона.

4. Технико-экономическое сравнение видов крепи

Основными критериями для выбора материала крепи являются: прочность и водонепроницаемость, минимальная трудоемкость возведения и стоимость, возможность комплексной механизации процесса крепления.

¹ Горное давление и крепь вертикальных стволов. М., Госгортехиздат, 1963.

Грузонесущая способность крепи. Принято, что толщину крепи следует определять в зависимости от величины горного давления и размеров поперечного сечения ствола.

При выборе толщины обобщающим параметром, характеризующим крепь, может быть только ее грузонесущая способность. Расчеты грузонесущей способности крепи при равномерной, радиально направленной нагрузке, выполненные канд. техн. наук И. Н. Кацауровым, представлены в виде номограммы на рис. 2.

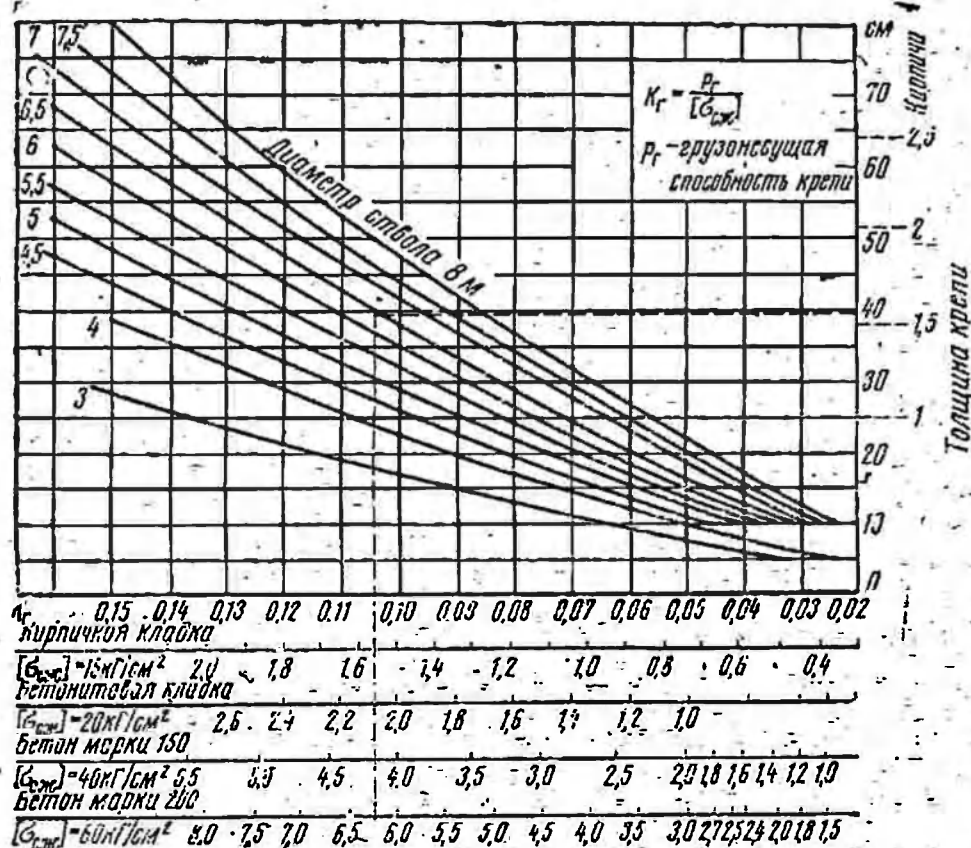


Рис. 2. Номограмма для определения грузонесущей способности крепи при равномерной, радиально направленной нагрузке

В качестве основного материала крепи приняты: монолитный бетон марок 150 и 200, бетонные камни марки 150 и кирпич марки 150, раствор для каменной кладки марки 50.

Расчетное сопротивление бетона при осевом сжатии должно быть: при марке 150—65 кг/см² при марке 200—80 кг/см², т. е. запас прочности получается не более 2,3—2,5. Учитывая тяжелые условия при возведении постоянной крепи в стволах, вызванные наличием водопритокков, запас прочности должен быть повышен до 3—4.

Предел прочности бетонитовой и кирпичной кладки $R_{кл}$

определен соответственно по следующим эмпирическим формулам:

$$R_{кл} = 0,55 \bar{R}_6 \frac{0,25 + \frac{R_p}{R_6}}{0,40 + \frac{R_p}{R_6}}, \quad (8)$$

$$R_{кл} = \left(0,33 + \frac{15}{R_k}\right) R_k \left(1 - \frac{10,2}{0,3 + \frac{R_p}{R_k}}\right), \quad (9)$$

где $\bar{R}_6$ — марка бетоштов;
 R_k — марка кирпича;
 R_p — марка раствора.

Грузонесущую способность крепи при равномерной нагрузке определяют из условия прочности толстостенного кольца по формуле

$$P = [\sigma_{сж}] 0,5 \left[1 - \left(\frac{R_n}{R_n + d}\right)^2\right], \quad (10)$$

где P — грузонесущая способность крепи;
 $[\sigma_{сж}]$ — допускаемое напряжение материала при сжатии;
 R_n — радиус крепи ствола в свету;
 d — толщина крепи.

Крепь из железобетонных тюбингов не является монолитной, и по характеру ее можно приравнять к кладке из крупных блоков. Прочность тюбинговой крепи, в связи с этим составит 70% от прочности монолитного бетона.

В настоящее время актуален вопрос уменьшения толщины крепи, особенно для районов, где сооружение стволов осуществляется в весьма крепких породах (Кривбасс, Рудный Алтай и др.). При решении этой проблемы, безусловно, особое внимание должно быть уделено бетонной крепи, а именно: уменьшение толщины обычной монолитной бетонной крепи, применение набрызг-бетонной крепи и пр. Расчеты показывают, что толщину монолитной бетонной крепи (марка бетона 150) при проектной нагрузке 4 кг/см² можно уменьшить до 10—15 см.

Таким образом, применение монолитного бетона по сравнению с другими известными материалами постоянной крепи при одинаковых марках обеспечивает наиболее высокую грузонесущую способность.

Необходимо отметить, что монолитная бетонная крепь при качественном изготовлении более водонепроницаема, чем крепь из бетоштов, кирпичей и железобетонных тюбингов. Наличие большого количества швов (вертикальные большей частью не заполнены) делают бетоштовую и кирпичную крепь водопроницаемыми. Чекалка швов в крепи из железобетонных тюбингов является весьма трудоемкой и дорогостоящей операцией, зачастую не обеспечи-

вающей ожидаемых результатов. В стволах, закрепленных бетонной крепью, значительно меньшее сопротивление движению воздушной струи, чем при других видах крепи (табл. 3).

Таблица 3

Материал крепи	Коэффициент аэродинамического сопротивления			
	неармированного ствола		армированного ствола	
	величина	%	величина	%
Бетон	0,0002	100	0,0035	100
Кирпич или бетониты . . .	0,0004	200	0,0036	103
Железобетонные тюбинги . .	0,0010	500	0,0042	120

Примечание. Данные Ф. А. Абрамова и А. И. Ксенофонтова.

Трудовые затраты на возведение постоянной крепи (рис. 3). По комплексным нормам установлено, что трудовые затраты на возведение монолитной бетонной крепи колеблются от 10 до 21% от общих трудовых затрат на сооружение стволов (Кривбасс, Донбасс, Рудный Алтай).

Затраты труда на выполнение операций по возведению бетонной крепи зависят в основном от принятой организации работ. Крепление монолитным бетоном с применением деревянной опалубки или металлической инвентарной — практически полностью немеханизированный процесс. Такие операции, как установку и снятие опалубки, устройство и разборку подмостей, укладку бетонной смеси, выполняют вручную. Трудовые затраты на эти операции составляют 80—82% от общих затрат на возведение постоянной крепи. На бетонирование 1 м ствола диаметром от 4,5 до 7,5 м необходимо затратить 25—65 чел.-ч.

Применение железобетонных тюбингов позволило повысить (на 30—35%) производительность труда рабочих, занятых на возведении крепи, и уровень механизации этого процесса по сравнению с возведением бетонитовой и кирпичной крепи.

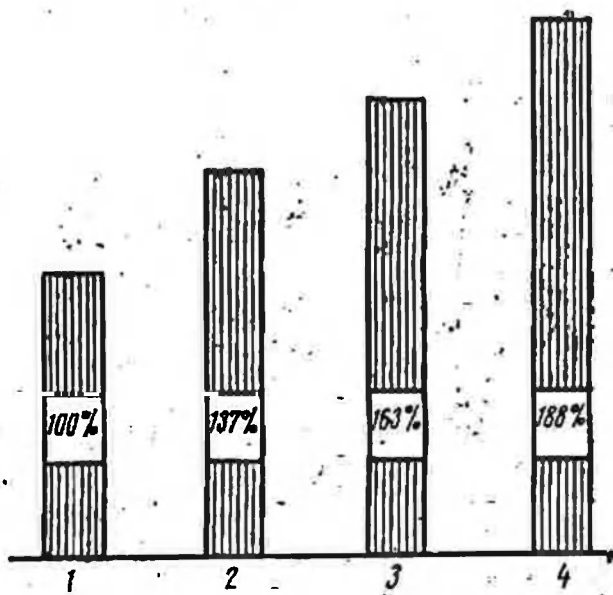
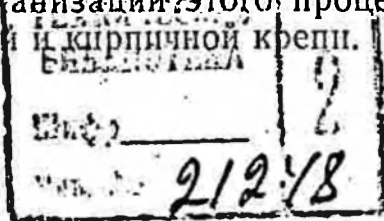


Рис. 3. Диаграмма трудовых затрат (%) на возведение крепи из:

- 1 — монолитного бетона в передвижной опалубке;
- 2 — железобетонных тюбингов; 3 — бетонитов; 4 — монолитного бетона в деревянной опалубке



Фактические трудовые затраты на 1 м готового ствола диаметром в свету 4,5 м при различных видах крепи для шахт Донбасса приведены в табл. 4.

Таблица 4

Шахта	Скорость проходки, м в месяц	Вид крепи	Фактические трудовые затраты на 1 м готового ствола, чел-ч
«Будековская-Глубокая»	130,4	Кирпич	120,72
«Будековская-Восточная»	150,0	Бетониты	107,01
№ 9 «Капитальная»	53,2	Тюбинги конструкции ВНИИОМШСа	81,42

Примечание. Данные Ю. З. Заславского.

Возведение крепи из железобетонных тюбингов процесс весьма трудоемкий, поскольку ряд операций приходится выполнять вручную (перцепление тюбингов с каната подъемной машины на канат вспомогательной лебедки, сболчивание, центрирование и расклинивание).

С учетом тампонажа затюбингового пространства трудовые затраты на возведение тюбинговой крепи для ствола диаметром 5,5 м составляют 33,2 чел-ч (объем закрепного пространства соответствует проектному).

Имеющиеся в большинстве случаев переборы породы значительно увеличивают трудоемкость возведения тюбинговой крепи. Так, при сооружении стволов № 1 и 2 шахты «Гвардейская» в Кривбассе объем тампонажного раствора на 1 м ствола составлял в среднем 8—9 м³, фактические трудовые затраты на возведение 1 тюбингового кольца достигали 44—48 чел-ч.

Возведение крепи из бетонитов и кирпича также весьма трудоемко (удельный вес операций, выполняемых вручную, достигает 82—90%).

Трудовые затраты на возведение 1 м бетонитовой крепи, по фактическим данным шахтопроходческого управления № 1 (Кривбасс), составили 53 чел-ч при диаметре ствола 7,5 м и размерах бетонитов 180×180×250 мм (объем закрепного пространства соответствует проектному).

Наиболее полно поддается механизации процесс возведения крепи из монолитного бетона (рис. 4).

Транспортирование бетонной смеси по трубам, специальные приспособления для укладки смеси с минимальными затратами ручного труда, передвижные опалубки различных конструкций создают все предпосылки для комплексной механизации процесса крепления.

Согласно нормативным данным по тресту Кривбассшахтопроходка трудовые затраты на возведение 1 м монолитной бетонной

крепь с помощью передвижной секционной опалубки при совместной технологической схеме составляют 12,3—23,8 чел-ч в зависимости от диаметра ствола.

На основании нормативных и фактических данных ряда бассейнов можно сделать вывод о том, что процесс крепления стволов монолитным бетоном с помощью передвижных опалубок является наименее трудоемким.

Стоимость крепи. Исследования, проведенные институтами ВНИИОМШС и ЦНИИПодземмаш, а также А. Н. Алимовым, В. В. Барановым, С. В. Голубовым, Ю. З. Заславским, В. А. Чекаревым, показывают, что наиболее дешевой крепью является монолитная бетонная, возводимая с помощью передвижной опалубки (рис. 5):

Установлено, что для стволов шахт Донбасса глубиной до 500 м постоянная крепь из кирпича дороже бетонной на 20%, бетонитовая — на 60%, а тюбинговая на 210—225%.

В табл. 5 приведены данные Р. Г. Мордухович (Донбасс) по стоимости постоянной крепи из монолитного бетона, возводимой с помощью передвижной опалубки и железобетонных тюбингов ВНИИОМШСа.



Рис. 4. Диаграмма механизации процесса возведения крепи из:

1 — монолитного бетона в деревянной опалубке; 2 — бетонитов; 3 — железобетонных тюбингов; 4 — монолитного бетона в передвижной опалубке

Таблица 5

Крепь	Стоимость* (руб.) 1 м крепи стволов шахт диаметром в свету, м		
	5,5	6,0	7,0
Монолитная бетонная	217,9	252,1	284,3
Тюбинговая	420,7	468,3	610,6

* Без учета общешахтных расходов.

При креплении ствола монолитным бетоном с применением передвижной опалубки стоимость затрат труда по сравнению с тюбинговой крепью сокращается примерно в 2 раза.

В условиях Кривбасса крепь из монолитного бетона, возводимая с помощью передвижной опалубки, имеет также минимальную стоимость.

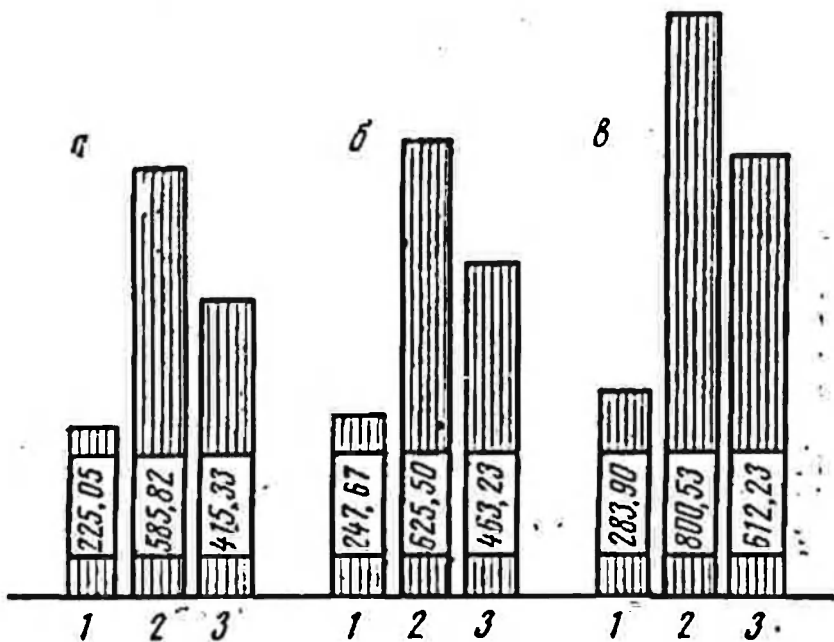


Рис. 5. Диаграмма стоимости 1 м крепи (руб.) в стволах диаметром:
а — 5,5 м; б — 6,0 м; в — 7,0 м; 1 — монолитной бетонной, возводимой с помощью передвижной опалубки; 2 — тубинговой; 3 — бетонитовой

Стволы шахт «Гигант-Глубокая» диаметром 7,5 м «Южная» диаметром 5,5 м закреплены монолитной бетонной крепью в деревянной опалубке, бетонитами и бетонной крепью, возводимой с помощью передвижной опалубки. Толщина бетонной крепи 250—300 мм, бетонитовой — 350 мм (с учетом 100 мм закрепленного пространства).

Сметная стоимость 1 м крепи этих стволов приведена в табл. 6.

Таблица 6

Крепь	Сметная стоимость 1 м крепи, руб.	
	шахта «Гигант-Глубокая»	шахта «Южная»
Монолитная бетонная в деревянной опалубке	650	364
Бетонитовая	690	433
Монолитная бетонная, возводимая с помощью передвижной опалубки	411	244

Фактическая стоимость крепи из бетонитов значительно больше, так как при определении стоимости толщина закрепного

пространства была принята 100 мм, а по данным маркшейдерских замеров она составляла в среднем 170 мм.

Затраты на 1 м стволов шахты «Гвардейская», закрепленных железобетонными тубингами, и ствола шахты им. Ленина, закрепленного монолитным бетоном с помощью передвижной опалубки, диаметром в свету 7,5 м, сооруженных в одинаковых горно-геологических условиях, приведены в табл. 7.

Таблица - 7

Шахта	Проектная глубина ствола, м	Вид крепи	Сметная стоимость 1 м ствола с армировкой, руб.	Фактическая стоимость 1 м ствола без армировки, руб.
Им. Ленина	835	Монолитный бетон	2930	2290
«Гвардейская», ствол № 1	804	Железобетонные тубинги	4640	4620
«Гвардейская», ствол № 2	792	То же	4670	4680

Аналогичные выводы можно сделать и анализируя данные зарубежного опыта (ГДР, ПНР). Там стоимость бетонной крепи по сравнению с другими видами ниже, в частности кирпичной — на 18—21%.

Следовательно, крепь из монолитного бетона, возводимая с помощью передвижных опалубок, и по фактору капитальных затрат является наиболее эффективной. Учитывая возможность уменьшения толщины бетонной крепи, перспективность ее с экономической точки зрения не вызывает сомнений.

Таким образом, исходя из показателей прочности, водонепроницаемости, трудовых и капитальных затрат, а также уровня механизации, основным видом постоянной крепи вертикальных стволов шахт, сооружаемых в обычных горногеологических условиях, следует считать монолитную бетонную, возводимую при помощи передвижных опалубок. Нужно полагать, что этот вид крепи будет основным и в дальнейшем до тех пор, пока не будет заменен более совершенными видами, например, пневмобетонной крепью, виброактивированным бетоном с отдельной укладкой компонентов или крепями из новых материалов.

ГЛАВА II

БЕТОНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ШАХТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Бетон является искусственным каменным материалом, получаемым в результате затвердевания смеси вяжущего, которым является цемент, воды и заполнителей (песка, щебня или гравия). Смесь этих материалов до затвердения называется бетонной смесью.

Вяжущее вещество и вода составляют активную часть бетона, так как при схватывании и твердении бетонной смеси между ними происходят химические реакции, благодаря которым образуется цементный камень, прочно сцепляющийся с заполнителями.

Заполнители составляют инертную часть бетона, поскольку они не участвуют в химических реакциях, а образуют жесткий скелет бетона, способствуя уменьшению усадочных явлений, происходящих при твердении бетонной смеси. В состав нормального бетона входят как мелкие (до 5 мм), так и крупные (от 5 до 150 мм) заполнители. Цементное тесто (цемент и вода) связывает зерна заполнителей в монолит, поэтому качество бетона в значительной мере зависит от качества цементного камня.

Цемент является наиболее дорогим из всех компонентов бетона. В целях его экономии подбирают гранулометрический состав заполнителя с таким расчетом, чтобы достигнуть минимального объема пустот между зернами при минимальной поверхности зерен.

Твердение бетона представляет собой сложный физико-химический процесс, протекающий продолжительное время (в начале реакции идут очень быстро, а затем медленнее).

После затвердения бетон оказывается пористым, так как происходит испарение избыточной воды, приводящее к образованию пор и капилляров в цементном тесте; образуются трещины (температурные и усадочные) и неплотности под зернами в результате некачественного уплотнения бетона при укладке. Уменьшение пористости бетона достигается путем рационального подбора гранулометрического состава заполнителей, применения жестких бетонных смесей, тщательного уплотнения бетонной сме-

си при укладке, использования уплотняющих тонкомолотых добавок и пр.

В состав бетона кроме уплотняющих добавок в случае необходимости вводят добавки, ускоряющие или замедляющие твердение бетона, повышающие пластичность бетонной смеси.

1. Основные свойства бетонов

В зависимости от объемного веса бетоны делятся на два основных вида: тяжелые — с объемным весом более 1800 кг/м^3 и легкие — с объемным весом $1200\text{—}1800 \text{ кг/м}^3$ (шлакобетон пермзобетон и др.). Кроме того, могут быть особо легкие, пористые и ячеистые бетоны с объемным весом $500\text{—}1200 \text{ кг/м}^3$ (пенобетон, газобетон и др.).

В шахтном строительстве применяют в основном тяжелые бетоны.

Основными требованиями, предъявляемыми к бетону, являются прочность, водонепроницаемость и устойчивость против агрессивных шахтных вод.

Прочность бетона определяется его маркой, обозначающей сопротивление сжатию образцов бетона при испытании их после 28-суточного твердения в нормальных условиях. Этот показатель не дает полного представления об окончательной прочности бетона, поскольку она нарастает продолжительное время, исчисляемое годами и даже десятилетиями. В шахтном строительстве применяют в основном бетон марки 150, реже 200 и 300.

Прочность бетона зависит от ряда факторов, важнейшими из них являются следующие.

1. *Марка или активность цемента.* С повышением марки цемента, при прочих равных условиях, повышается прочность бетона.

2. *Величина принятого водоцементного отношения $\left(\frac{В}{Ц}\right)$, т. е.* соотношение количества воды и цемента, входящих в состав бетона. При этом учитывается только свободная, не поглощенная заполнителями вода. С увеличением $\frac{В}{Ц}$ прочность бетона снижается. Для того чтобы реакция между цементом и водой при изготовлении бетонной смеси проходила нормально и для того чтобы произошла полная гидратация цемента, необходимо всего 10—20% воды от его веса. При более высоком содержании воды в бетоне окажется остаток химически несвязанной (свободной) воды, которая испарится и бетон получится пористым.

Изготовить, и особенно уложить, бетонную смесь с $\frac{В}{Ц} = 0,1 \div 0,2$ весьма затруднительно. В практике шахтного строительства применяют в зависимости от принятой технологии укладки бетонной смеси бетоны с $\frac{В}{Ц} = 0,45 \div 0,6$.

3. *Качество заполнителей*, т. е. прочность зерен, характер их поверхности, отсутствие в них вредных для бетона примесей. Чтобы обеспечить качество бетона, прочность заполнителей должна на 25—50% превышать требуемую прочность бетона. Загрязненные заполнители уменьшают прочность бетона. Заполнители с шероховатой поверхностью и неправильной формы лучше сцепляются с цементным тестом, чем заполнители с гладкой поверхностью и круглой формы. Однако при очень острых зернах крупного заполнителя с грубой поверхностью, а также плоских и удлиненных для получения удобообрабатываемой бетонной смеси требуется большое количество мелкого заполнителя и увеличивается расход цемента.

На прочность бетона влияет гранулометрический состав заполнителей. Бетон с заполнителем из зерен одинакового размера имеет наименьшую прочность, поскольку в нем много пустот.

4. *Тщательность смешивания, способ укладки бетонной смеси и условия твердения свежесуложенного бетона.* Готовность бетонной смеси в смесительном устройстве, т. е. продолжительность перемешивания, определяют по счетчику оборотов бетономешалки (при отсутствии счетчика — по часам).

Условия укладки бетонной смеси при возведении постоянной крепи в вертикальных стволах в большинстве случаев оказываются благоприятными. При этом необходимо обеспечить доставку качественной бетонной смеси к стволу и не допускать попадания шахтной воды в свежесуложенный бетон. Последнее достигается подавлением водопритоков, отводом или улавливанием воды.

Условия твердения свежесуложенного бетона оказывают значительное влияние на скорость нарастания его прочности. Наиболее благоприятными являются влажные условия выдерживания бетона при температуре 15—20° С. Снижение температуры значительно замедляет процесс нарастания прочности бетона. В вертикальных стволах условия твердения бетона являются благоприятными. Установлено, что даже при отрицательных температурах на поверхности на определенной глубине ствола устанавливается положительная температура.

Плотность бетона — это степень заполнения всего объема отвердевшим цементным камнем с заполнителями. Часть объема бетона состоит из заполненных воздухом пор, образовавшихся в результате испарения воды, не вступающей в реакцию с цементом.

Получение бетонов с высокой плотностью обеспечивается введением в состав бетонной смеси минимально возможного количества воды, оптимальным подбором гранулометрического состава заполнителей, превышением объема цементно-песчаного раствора на 10—15% объема пустот в крупном заполнителе, хорошим перемешиванием и качественной укладкой бетонной смеси.

Водонепроницаемость — свойство бетона не пропускать воду. Водонепроницаемость бетона находится в прямой зависимости от

его плотности. С уменьшением водоцементного отношения до определенных пределов увеличивается плотность бетона.

Абсолютной водонепроницаемости достичь весьма трудно, так как поры в бетоне соединяются в сквозные каналы, через которые просачивается вода. Установлено, что водонепроницаемость бетона практически обеспечивается при $\frac{B}{Ц} = 0,45 \div 0,6$; при более низком водоцементном отношении ухудшается удобоукладываемость бетонной смеси, в связи с чем образуется много воздушных пор, приводящих к увеличению водопроницаемости бетона.

Все бетоны для крепления стволов шахт в большей или меньшей степени водопроницаемы.

Наиболее успешно водонепроницаемость бетона достигается введением в состав бетонной смеси различных химических добавок. Кафедрой строительных материалов Московского института инженеров железнодорожного транспорта были проведены экспериментальные работы по выявлению способов повышения водонепроницаемости бетона. Для этого в состав бетонной смеси была введена тонкодисперсная глина в количестве от 10 до 25% от веса портландцемента. При надлежащем зерновом составе, достаточном уплотнении и $\frac{B}{Ц} = 0,6 - 0,65$ приготовленные образцы бетона обладали весьма значительной водопроницаемостью. Некоторое повышение водонепроницаемости бетона было достигнуто введением в состав бетонной смеси 10—15% раствора кальция концентрации 21—27%. Такой же эффект дало введение в состав бетонной смеси одной части жидкого стекла с удельным весом 1,3 г/см³ на 24 части портландцемента. Установлено, что водонепроницаемость бетона может быть повышена путем введения воздуховлекающей добавки абиеиновой смолы и применения гидрофобных цементов.

Значительному повышению водонепроницаемости бетона способствуют также мероприятия, направленные на улучшение его структуры (подбор качества цемента, назначение оптимального соотношения песка и щебня и др.).

На кафедре строительства подземных сооружений и шахт Московского горного института была проведена работа по повышению водонепроницаемости бетонов за счет правильного подбора их составляющих. Установлено, что основными путями фильтрации воды через бетон являются микрощели на границе фаз заполнителя и цементного камня. Следовательно, ликвидация микрощелей может привести к значительному улучшению водонепроницаемости бетона. Увеличение абсолютного объема песка в растворе и уменьшение его суммарной поверхности в связи с ростом крупности частиц песка приводит к уменьшению суммарного количества водопроводящих каналов на границе фаз и к соответствующему повышению водонепроницаемости бетона.

Уменьшение абсолютного размера пустот между частицами песка за счет его гранулометрического состава также приводит к улучшению водонепроницаемости бетона.

При некотором избытке цементного камня сверх объема пор песка можно избежать вредных последствий усадки цементного камня для водонепроницаемости бетона. Чрезмерный избыток цементного камня может привести к излишней усадке и трещинообразованию. При усадке на контакте раствора с крупным заполнителем образуются микротрещины. Этим объясняется скачкообразное увеличение водонепроницаемости бетонов на щебне крупностью 20, 30 и 40 мм. Увеличение крупности заполнителя способствует улучшению водонепроницаемости бетона.

Таким образом, правильный подбор составляющих бетона может обеспечить значительное повышение его водонепроницаемости.

Большое значение имеет соотношение между песком и щебнем $\left(\frac{П}{Щ}\right)$, а также цементом и песком $\left(\frac{Ц}{П}\right)$. При недостатке песка, даже в том случае, когда общее количество раствора велико, водонепроницаемость получается низкой. Излишняя жирность раствора не компенсирует недостаток песка и приводит лишь к перерасходу цемента.

Лучшие показатели водонепроницаемости бетонов обеспечиваются при $\frac{Ц}{П}$ от 0,4 до 0,5.

2. Подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси

Основными свойствами бетонной смеси, имеющими важное значение для ее транспортирования и укладки, является подвижность и удобоукладываемость.

Подвижность — растекаемость бетонной смеси без расслоения под влиянием собственного веса или механического воздействия определяет возможность транспортирования смеси на различные расстояния и выполнение технологических операций, связанных с укладкой ее за опалубку без нарушения однородности.

Подвижность бетонной смеси зависит от вида, активности и расхода цемента, водоцементного отношения, гранулометрического состава заполнителей, водопоглощающей способности инертных составляющих. Подвижность до определенных пределов может быть повышена в результате увеличения расхода цемента или водоцементного отношения (при неизменном расходе цемента). Кроме того, повышение подвижности смеси достигается введением в ее состав пластификаторов (сульфитно-спиртовой барды, мылонафта, асидол-мылонафта, абнетиновой смолы и др.). Опытами проведенными в Кривбассе, установлено, что одним из наиболее эффективных пластификаторов является концентрат сульфитно-спиртовой барды. При введении в бетонную смесь 0,1—0,2% этой добавки показатель подвижности возрастает на 40—50%, спи-

жается водоцементное отношение и расход цемента (на 8—10%). Однако прочность бетона при этом в раннем возрасте (16 ч) оказывается значительно ниже, чем без добавки. Для ускорения твердения бетонных смесей в раннем возрасте в их состав одновременно с пластификатором вводят также ускоритель твердения.

Определение подвижности бетонной смеси с максимальной крупностью заполнителя до 70 мм производится согласно ГОСТ 10181—62 при помощи прибора, имеющего форму усеченного конуса высотой 300 мм, внутренним диаметром нижнего основания 200 мм и верхнего основания 100 мм, установленного на гладком горизонтальном металлическом листе или линолеуме размером около 700×700 мм. Показатель подвижности бетонной смеси определяется в сантиметрах (с точностью до 0,5 см).

Бетонная смесь, имеющая осадку конуса, равную нулю, для возведения крепи в стволе шахты не пригодна.

При сооружении стволов применяют подвижные бетонные смеси (показатель подвижности до 12 см) и литые (показатель подвижности более 12 см). Показатель подвижности бетонной смеси предопределяет технологию ее укладки. Так, например, при показателе подвижности до 6—8 см бетонную смесь транспортировать в ствол по трубам не рекомендуется, при укладке ее за опалубку необходимо производить вибрирование. По трубам подают литые смеси и укладку их производят без вибрирования.

Удобоукладываемость (жесткость) бетонной смеси характеризуется скоростью, с которой смесь заполняет форму. Удобоукладываемость выражается в секундах.

На удобоукладываемость бетонной смеси значительное влияние оказывает содержание в ней раствора. При недостаточном содержании раствора бетонная смесь плохо транспортируется и укладывается; бетон получается пористым, его поверхность покрыта раковинами. В бетонной смеси с оптимальным содержанием раствора полностью заполняются все пустоты между зернами крупного заполнителя. Такая смесь обладает хорошей удобоукладываемостью и дает максимальный выход бетона при заданном расходе цемента. Бетонная смесь с избыточным содержанием раствора неэкономична, затвердевший бетон имеет много пор.

Удобоукладываемость бетонной смеси определяется с помощью технического вискозиметра. Существует упрощенный способ определения удобоукладываемости. На стандартную виброплощадку устанавливают и закрепляют форму в виде куба размером 20×20×20 см, в которую вставляют конус. Конус заполняют бетонной смесью и определяют ее усадку. После этого включают виброплощадку и секундомер. Вибрирование производят до тех пор, пока бетонная смесь не заполнит всей формы таким образом, чтобы поверхность смеси стала горизонтальной. Необходимое для этого время (сек) является показателем удобоукладываемости.

Бетонные смеси, применяемые для крепления стволов шахт, должны иметь показатель удобоукладываемости от 8 до 12 сек.

3. Материалы для приготовления бетонной смеси

К материалам, служащим для приготовления бетонной смеси, предъявляются высокие требования. Их подбирают в зависимости от условий укладки бетонной смеси в стволе шахты.

Цементы. В шахтном строительстве в основном применяют портландцемент, шлакопортландцемент и сульфатостойкий цемент (ГОСТ 10178—62).

В неагрессивной среде целесообразно применять быстротвердеющий портландцемент или обычный портландцемент марки 300—400 с высоким содержанием трехкальцевого силиката и средним содержанием трехкальцевого алюмината (6—10%).

При наличии агрессивных вод необходимо применять низкоалюминатные портландцементы, например Белгородского или Брянского цементных заводов, с содержанием трехкальцевого алюмината 3—5%, сульфатостойкий портландцемент Вольского завода или сульфатостойкий шлакопортландцемент Днепродзержинского завода.

Портландцемент представляет собой смесь, содержащую 75—78% карбонатных пород (известняка или мергеля) и 25—22% глинистых материалов, обожженную при температуре 1400—1500° и после охлаждения измельченную в порошок. Чем тоньше помол цемента, тем большей активностью он обладает. При измельчении портландцементного клинкера в него обычно добавляют 2—3% гипса для замедления схватывания. При помоле допускается добавление к клинкеру минеральных добавок в количестве 10—15%.

Портландцементы в основном состоят из четырех основных компонентов: трехкальцевого силиката (3CaOSiO_2) — C_3S ; двухкальцевого силиката (2CaOSiO_2) — C_2S ; трехкальцевого алюмината ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$) — C_3A ; четырехкальцевого алюмоферрита ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) — C_4AF .

Шлакопортландцемент получают совместным тонким помолом портландцементного клинкера и доменного гранулированного шлака или тщательным смешиванием тех же материалов, измельченных отдельно. Содержание доменного гранулированного шлака в шлакопортландцементе должно составлять не менее 20% и не более 85% веса готовой продукции.

Шлакопортландцемент получает большое распространение благодаря сравнительно низкой стоимости.

По активности шлакопортландцемент в большинстве случаев уступает портландцементу, но последний менее устойчив против действия минерализованной воды.

Сульфатостойкий портландцемент — это специальный вид цемента, предназначенный для приготовления бетонной смеси, применяемой в стволах шахт, в которых подземные воды обладают сульфатной агрессивней. Сульфатостойкий цемент твердеет более медленно, чем обычный портландцемент.

Содержание в цементе C_3S влияет на скорость нарастания

прочности бетона. Обычно содержание C_3S в цементах составляет 38—53%.

Содержание в цементе C_3A влияет на устойчивость бетона против сульфатной агрессии. Чем ниже содержание C_3A , тем устойчивее бетон к действию агрессивных шахтных вод.

В стволах с наличием агрессивных вод возведение бетонной крепи нужно производить с использованием цементов, содержащих не более 5% C_3A .

Заполнители (песок и щебень) образуют в бетоне жесткий скелет. Зерна заполнителей должны быть твердыми и прочными, нерастворимыми в воде, не должны содержать примесей, которые могут повлиять на прочность цементного камня. Для уменьшения расхода цемента и обеспечения плотной структуры бетона необходимо подбирать гранулометрический состав заполнителей.

По крупности зерен заполнители делятся на крупные — с размером зерен 5—150 мм (щебень, гравий) и мелкие — с размером зерен 0,15—5 мм (песок).

Крупность заполнителя и его гранулометрический состав определяют в лаборатории просеиванием через стандартный набор сит. Для определения гранулометрического состава песка применяют стандартные сита с отверстиями 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,3 и 0,14 мм.

Для приготовления бетона используют пески, соответствующие ГОСТ 4797—64, с содержанием глины, ила и мелких пылевидных фракций не более 3%. Наличие в песке глины в виде отдельных комьев не допускается.

Характеристика песка по гранулометрическому составу выражается величиной модуля крупности.

Модулем крупности песка называется частное от деления на 100 суммы полных остатков (в процентах по весу) на всех ситах с отверстиями от 2,5 до 0,14 мм. Определение модуля крупности производится после удаления из песка зерен размером больше 5 мм.

Модуль крупности песка определяют с точностью до 0,1 по формуле

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,3} + A_{0,14}}{100},$$

где A с индексом номера сита — полные остатки на соответствующих ситах, %.

Для приготовления бетонов рекомендуется применять песок с модулем крупности от 1,5 до 4.

Влажность песка сильно влияет на его объемный вес. При влажности песка 3—5% объем крупнозернистого песка возрастает в среднем на 25%, среднезернистого — на 35%, и мелкого — на 45%. Песок занимает наибольший объем и имеет наименьший вес при влажности 5—7%.

На качество бетонной смеси влияет не только гранулометрический, но и минералогический состав песка. Наиболее высокая

прочность бетонов достигается при изготовлении их на кварцевых и полевошпатовых песках.

В качестве крупного заполнителя для бетонных смесей следует применять гравий или щебень, щебень из гравия или смесь гравия и щебня, соответствующие требованиям ГОСТ 4797—64.

Размеры зерен крупного заполнителя зависят от технологии возведения крепи. Так, при транспортировании бетонной смеси по трубам максимальный размер зерен не должен превышать 40 мм (преобладающая фракция 20—25 мм); при спуске бетонной смеси в ствол в бадьях (контейнерах) зерна заполнителя могут быть крупнее, но не более 70 мм.

Щебень должен быть чистым, с содержанием глины, ила и мелких пылевидных фракций не более 2%. Наличие глины в виде отдельных комьев или пленки, обволакивающей зерна заполнителя, не допускается.

В зависимости от крупности зерен щебень делится на фракции: от 5 до 10, от 10 до 20 (25), от 20 (25) до 40 и от 40 до 70 мм.

Для бетонной крепи стволов шахт применяют щебень марки 800—1200 при испытании на сжатие, марки И20 по истираемости в полочном барабане и У75 по сопротивлению удару.

Щебень изготовляют из гранита, базальта, кварцита, песчаника, роговиков и других крепких пород.

Вода для затворения бетонной смеси не должна содержать кислот, щелочей и масел, поэтому перед затворением необходимо производить химический анализ воды. Питьевая вода обычно пригодна для изготовления бетонных смесей, за исключением тех случаев, когда в ней содержится большое количество сульфатов.

При изготовлении бетонной смеси применяют большее количество воды, чем требуется для гидратации цемента. Однако излишнее количество воды отрицательно влияет на качество бетона. В связи с этим существуют нормы расхода воды в зависимости от количества цемента в бетонной смеси.

Добавки. В бетонные смеси, применяемые для крепи стволов, обычно вводят добавки, ускоряющие твердение и пластифицирующие.

Для обеспечения необходимой распалубочной прочности, предельная величина которой принимается 5—10 кг/см², и последующего быстрого ее нарастания в бетонную смесь вводят различные химические добавки. Наиболее распространенной добавкой является хлористый кальций в объеме 2—5% от веса цемента. Большое содержание добавок понижает прочность бетона. Величина добавки определяется активностью цемента, минералогическим составом клинкера и видом добавки, вводимой в цемент при помоле клинкера.

Для управления сроками схватывания быстротвердеющих бетонных смесей рекомендуется вводить в них мелкомолотый двухводный или полуводный гипс в количестве 2—3% от веса цемента.

Для обеспечения медленного изменения подвижности бетонной смеси при транспортировании ее на значительные расстояния добавляют сульфат натрия.

Ориентировочное содержание (%) в бетонной смеси добавок хлористого кальция и сульфата натрия следующее.

Хлористый кальций	3	4	5
Сульфат натрия	0,15—0,3	0,25—0,5	0,35—0,6

В качестве добавки можно применять как безводный сульфат натрия, так и кристаллический гидрат сульфата натрия.

Добавки, повышающие подвижность бетонов марки 150 и выше, принято называть пластификаторами — пептизаторами. Для бетонов марки 150 и ниже можно применять гидрофобизирующие добавки, называемые микропенообразователями. Пластифицирующие добавки значительно увеличивают удобоукладываемость бетонной смеси и уменьшают ее расслаивание при транспортировании и укладке.

Пластификаторы — пептизаторы снижают количество воды в бетонных смесях на 7—15% и цемента на 8—10%, а также увеличивают подвижность бетонной смеси, повышают водонепроницаемость и плотность бетона.

В качестве пластифицирующих добавок получили распространение твердые и жидкие концентраты сульфитно-спиртовой барды, представляющие собой отходы гидролизного производства.

Сульфитно-спиртовую барду применяют следующих марок: КБЖ (концентраты барды жидкие), КБТ (концентраты барды твердые), КБП (концентраты барды порошкообразные), ТКБ (термически обработанные порошкообразные концентраты барды).

Оптимальное количество добавок зависит от минералогического состава цемента, срока его хранения, вида заполнителей и состава смеси. Добавки рекомендуется вводить в количестве от 0,1 до 0,25% (в пересчете на сухое вещество) от веса цемента.

Концентраты сульфитно-спиртовой барды перед введением их в бетонную смесь предварительно растворяют до необходимой концентрации в воде, нагретой до 60—70°С, и процеживают через металлическую сетку с отверстиями диаметром примерно 1 мм.

В качестве микропенообразователей применяют различные технические мыла: абиеаты, омыленный древесный пек, нафтенаты, мылонафт, хлопковое масло и др. Наиболее распространенным микропенообразователем заводского изготовления является препарат ЦНИПС-1, представляющий собой пасту, полученную нейтрализацией едким натром жидких кислот древесного пека. Применяют 7%-ный водный раствор ЦНИПС-1 с удельным весом не менее 1,016 г/см³. На 1 м³ бетонной смеси рекомендуется вводить 3—6 л раствора ЦНИПС-1, что позволяет уменьшить количество воды в бетонной смеси на 10%.

Для повышения водонепроницаемости и стойкости против коррозии бетонов применяют абиеат и СНВ — продукты нейтрализа-

нии абиепиповой смолы. Обе добавки вводят в виде водного раствора в количестве 0,01—0,03% от веса цемента.

Значительный интерес представляет добавка сернокислого алюминия. Установлено, что оптимальная величина этой добавки 0,8—1,2% повышает водопроницаемость бетона в возрасте 28 суток в 35—40 раз и увеличивает конечную прочность бетона на 10%. Введение в бетон 1% добавки сернокислого алюминия не изменяет нормальной густоты цементного теста по сравнению с цементным тестом без добавок. Это позволяет принимать минимально возможное водоцементное отношение, не ухудшая удобоукладываемости бетонной смеси. Кроме того, добавка сернокислого алюминия в 2—2,5 раза улучшает неразмываемость свежесложенной бетонной смеси и повышает (на 20—30%) стойкость бетона к агрессивным шахтным водам.

4. Коррозия бетона

Разрушение структуры бетонной крепи в стволе происходит, как правило, в результате воздействия агрессивных шахтных вод.

По классификации проф. В. М. Москвина в зависимости от характера воздействия и реакций, возникающих в цементном камне, различают три вида агрессии.

I. Выщелачивающая агрессия. При этой агрессии основным процессом, разрушающим бетон, является фильтрация, в результате которой растворяются и выносятся составные части цементного камня.

Омывая бетон, вода растворяет гидрат окиси кальция, который выделяется при твердении цемента, и выносит его из бетона, снижая его прочность. Одновременно увеличивается пористость и водопроницаемость бетонной крепи.

При выщелачивающей агрессии на поверхности бетона появляются белые пятна, подтеки и образуются сталактиты углекислого кальция. Прочность бетона понижается не только вследствие выщелачивания окиси кальция, но и в результате разложения гидросиликатов и гидроалюминатов кальция.

Особенно сильно подвержены агрессии бетоны в раннем возрасте. С нарастанием агрессии увеличивается пористость бетона и возрастает скорость фильтрации, зависящая от напора воды, толщины крепи, плотности и качества бетона. В связи с этим прогрессирует разрушение бетонной крепи.

Наличие в воде сернокислых и хлористых солей, а также уменьшение жесткости воды увеличивают ее агрессивность. При содержании в воде карбонатов и бикарбонатов кальция и магния опасность выщелачивания уменьшается.

Интенсивность агрессии уменьшается с возрастом бетона. Это объясняется тем, что происходит структурное уплотнение цементного камня в связи с набуханием цементного геля и естественное уплотнение бетона осадками, выпадающими из шахтных вод, а

также заполнением пор и капилляров цементного камня гелем кремнезема.

Кроме того, коррозии бетона препятствует образование на его поверхности защитной карбонатной корки, зависящей от концентрации в воде уголекислоты.

Основными мероприятиями по защите бетонной крепи от выщелачивающей агрессии являются: применение плотных бетонов, использование глиноземистых и шлакопортландцементов, введение в состав бетонной смеси тонкомолотого трепела.

II. Углекислая, магнезиальная и общекислотная агрессии. Разрушение крепи происходит в результате обменных реакций, развивающихся в бетоне под воздействием агрессивных шахтных вод.

Углекислая агрессия заключается в том, что уголекислота, содержащаяся в шахтной воде, взаимодействует с гидратом окиси кальция, который выделяется при твердении портландцемента, и уголекислым кальцием, образующимся на поверхности бетона. В результате образуется более растворимый и легко выщелачивающийся бикарбонат кальция.

Внешние признаки уголекислой агрессии такие же, как и выщелачивающей.

Характер агрессии определяется химическим анализом после лабораторных исследований состава новообразований. Углекислая агрессия не наблюдается при фильтрации воды через известняки и при малых водопритоках.

Эффективными мерами защиты бетонной крепи от уголекислой агрессии являются повышение плотности бетона и применение в качестве вяжущего быстротвердеющих шлакопортландцементов и пуццолановых цементов.

Магнезиальная агрессия происходит при воздействии на цементный камень сернокислого магния.

В результате реакции сернокислого магния с гидратом окиси кальция, гидросиликатами и гидроалюминатами образуются гидрат окиси магния и гидрат глинозема, представляющие собой непрочную аморфную массу. Одновременно с уменьшением извести в бетоне может происходить разложение гидросиликатов и гидроалюминатов кальция. При этом происходит полное разрушение цементного камня и, следовательно, бетона.

Признаком магнезиальной агрессии является образование белого налета на поверхности и в порах бетона, а затем белого аморфного вещества. Интенсивность агрессии возрастает с увеличением концентрации сернокислого магния. Опасной концентрацией считается содержание в воде 0,75—1% сернокислого магния, что в шахтных водах практически не встречается.

Как правило, магнезиальная агрессия не опасна для бетонной крепи, однако действие ее на бетон увеличивается при наличии сульфатной агрессии.

Наибольшей стойкостью при повышенной концентрации серно-

кислого магния обладает глиноземистый цемент. Мероприятия по борьбе с магнезиальной агрессивней такие же, как и при углекислой агрессивности.

Общекислотная агрессия наблюдается при воздействии на бетон шахтной воды с содержанием в ней различных кислот.

При креплении стволов шахт этот вид агрессивности практически не встречается. Защитные меры против кислотной агрессивности заключаются в обеспечении повышенной плотности бетона, применении глиноземистого цемента, нанесении на поверхность бетона гидроизоляционного покрытия.

III. Сульфатная агрессия. При сульфатной агрессивности в результате взаимодействия агрессивной среды с цементным камнем происходит образование и рост кристаллов солей, которые накапливаются в порах, капиллярах и трещинах бетона.

В процессе роста кристаллов солей разрушается цементный камень и бетон. Агрессия этого вида наиболее распространенное явление при креплении стволов шахт.

Сульфатные воды, воздействуя на цементный камень, повышают растворимость его составляющих, при этом развиваются обменные реакции. Значительная концентрация в воде ионов SO_4 приводит к образованию в бетоне кристаллов гипса или гидросульфоалюмината. По мере роста кристаллы разрушают бетон.

При концентрации ионов SO_4 до 1000 мг/л в бетоне образуется гидросульфоалюминат кальция, а при более высокой концентрации развивается сульфоалюминатно-гипсовая коррозия.

Образование сульфоалюминатов замедляется при наличии в воде ионов натрия, магния, хлора и бикарбонатов.

Сульфатная агрессия вызывает интенсивное разрушение бетона даже при относительно замедленном обмене воды у поверхности бетона. Признаками сульфатной коррозии служат вытекание из трещин сметанообразной массы и образование карбонатной корки на поверхности бетона в виде вздутий. На вздутиях возникают трещины, происходит отслаивание корки, под которой находится слизистая белая масса; на границах вздутий образуются потеки извести.

Интенсивное развитие сульфатной агрессивности происходит при неправильном выборе цемента, неплотном бетоне, высоком содержании ионов SO_4 в шахтной воде и больших водопритоках.

Обследование состояния бетонной крепи вертикальных стволов ряда шахт комбината Ростовуголь, проведенное Новочеркасским политехническим институтом, показало, что основной причиной разрушения бетона является воздействие на него минерализованных шахтных вод.

В табл. 8 приведены данные химического анализа воды шахт им. Красина, «Артем-2-Глубокий», «Соколовская-Восточная» № 2. На поверхности бетонной крепи наблюдались «коржи», очаги бе-

лых грибковидных наростов, белые сметанообразные натекли, в отдельных местах бетон превратился в рыхлую массу.

Таблица 8

Место отбора проб воды	pH	Жест- кость, мг-экв/л	Плотная остаток, мг/л	мг/л					
				Cl'	SO ₄ '	HCO ₃ '	Ca'	Mg'	Na'
Шахта им. Красина, главный ствол, гор. 45 м	9,1	21,58	4490,8	269,8	2364,7	536,8	363,0	42,56	112,0
Шахта им. Красина, главный ствол, зумпф .	8,6	20,18	4185,9	315,95	2438,8	183,0	332,0	44,38	977,0
Шахта «Артем-2-Глубо- кий», клетевой ствол, гор. 273 м	8,3	71,0	—	2918,3	2783,4	225,8	814,0	366,9	1674,4
Шахта «Артем-2-Глубо- кий», клетевой ствол, гор. 697 м	8,3	57,7	—	2564,3	2956,6	183,1	696,0	276,4	1821,6
Шахта «Соколовская-Во- сточная» № 2, ярус 17 (расстрелы)	6,5	8,11	1368,0	67,1	583,6	475,8	124,0	23,1	316,0
Шахта «Соколовская-Во- сточная» № 2, ярус 64 (расстрелы)	6,6	7,92	1355,0	55,0	585,3	483,1	120,0	23,3	316,0

Примечание. Данные Ю. Д. Снегирева.

- Анализ состояния бетона и химического состава воды свидетельствует о наличии сульфатной агрессии. В качестве основных мер борьбы с коррозией бетона рекомендуется применять сульфатостойкий портландцемент, а также пуццолановый и сульфатостойкий шлакопортландцемент. Наиболее эффективным способом борьбы с агрессивными шахтными водами является доброкачественное выполнение бетонных работ, обеспечивающее достаточную плотность бетона. Для повышения плотности бетона в раннем возрасте рекомендуется добавлять в бетонную смесь хлористый кальций (2—5% от веса цемента в зависимости от его минералогического состава).

В результате обследования состояния крепи стволов шахт в Кривбассе, проведенного Криворожским филиалом ВНИИОМШСа, обнаружено коррозионное разрушение бетона в десяти стволах.

В большинстве стволов с разрушающейся бетонной крепью в качестве вяжущего в составе бетонной смеси был использован высокоалюминатный портландцемент. Проявление коррозии бетона наблюдалось примерно через год после возведения крепи. Вначале на поверхности бетона появлялись вздутия диаметром 100—300 мм, из которых при последующем растрескивании вытекала белая разжиженная масса. С течением времени очагами разрушения покрылась вся поверхность крепи.

Разрушение крепи начиналось в местах сочленения отдельных заходок бетонной крепи, т. е. в местах поступления из-за крепи в ствол агрессивных шахтных вод. Разрушение бетона происходило слоями, максимальная скорость разрушения по некоторым стволам достигала 3—5 см в год. Сначала разрушался цементный камень, а затем выпадали куски щебня.

Агрессивная вода поступала в ствол по ограниченному количеству каналов, затем свободно стекала по стенкам бетонной крепи и вступала с ней во взаимодействие. Шахтные воды Кривбасса изменяются от слабоминерализированных до типа рассольных, в среднем в них содержится 42% NaCl, 21% Na₂SO₄ и 23% CaSO₄.

Содержание сернокислых солей в водах наносов значительно большее. Химический состав шахтных вод по ряду стволов, крепь которых подвергалась разрушению, приведен в табл. 9.

Таблица 9

Шахта	Глубина ствола, м	pH	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ⁻ , мг/л	Ca ⁺⁺ , мг/л	Mg ⁺⁺ , мг/л	K ⁺ + Na ⁺ , мг/л
Им. Фрунзе	4	7,0	4,50	780,0	2366,70	162,97	108,90	1319,20
	100	7,5	5,60	1100,0	2310,72	391,10	311,60	905,00
	350	7,8	3,40	960,0	2411,98	364,80	284,20	893,50
	420	7,1	2,97	998,62	813,73	300,80	201,20	859,97
	490	8,5	3,05	1080,0	710,42	174,98	124,79	677,74
«Южная-Глсеватская»	15	7,2	4,55	998,6	5480,70	407,40	585,80	1805,10
	13	7,5	4,30	445,0	2475,40	448,90	265,00	—
	62	7,5	1,90	1067,5	5359,00	407,40	473,40	1912,30
	190	—	3,90	558,0	1193,60	166,00	122,60	600,00
	183	7,4	1,70	520,0	1612,70	499,00	67,00	—
«Победа»	115	8,6	7,10	772,65	4503,00	400,30	460,70	1485,30
	300	7,4	5,30	1030,20	1401,00	408,90	161,50	682,17
«Центральная»	15	7,4	5,00	270,00	3249,80	423,70	389,90	622,00
	210	7,4	5,80	10200,00	7701,90	743,40	1709,60	6739,70
	555	7,1	3,10	1960,0	1290,80	270,50	164,30	1338,60
	410	7,6	3,50	10050,00	6961,80	907,00	2533,00	4196,50
«Новая»	73	1,8	—	1190,00	2838,70	—	—	—
	170	8,4	—	870,0	1966,80	—	—	675,90
	90	7,9	2,25	334,7	1056,98	280,80	99,72	262,00
	262	6,9	4,10	2250,4	524,40	218,40	130,00	1306,00
	100	7,7	3,65	601,4	1659,00	497,50	166,90	379,80

Примечание. Данные А. Ф. Покручина.

Проектная толщина крепи составляла 250—300 мм. Для приготовления бетона применялся высокоалюминатный портландцемент марки 400—500, содержащий 57,2% CaOSiO₂ и 12,5 3CaOAl₂O₃. В этих стволах проявлялась высокая сульфатная агрессия. Допустимое содержание ионов SO₄ для портландцемента равно

250 мг/л, а для сульфатостойкого 3000 мг/л. Шахтные воды в ряде случаев содержали ионы SO_4 в количестве, значительно превышающем нормы даже для сульфатостойкого цемента. Кроме того, они имели весьма высокое содержание Na_2SO_4 , K_2SO_4 и CaSO_4 . При воздействии вод на бетон происходила реакция с отвердевшим цементом, в результате которой несвязанный гидроалюминат кальция переходил в гидросульфоалюминат. При этом в бетоне возникали внутренние напряжения и крепь разрушалась.

Таким образом, при наличии сульфатной агрессии необходимо применять специальные сульфатостойкие цементы, а в случае их отсутствия — низкоалюминатные портландцементы с содержанием $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ до 5%.

Наиболее стойким к сульфатной агрессии является глиноземистый цемент, который совершенно не содержит трехкальцевого алюмината и обеспечивает получение высокоплотного бетона.

На скорость разрушения бетона в значительной степени влияют его плотность и качество заполнителей. Недостаточно уплотненный бетон под действием агрессивных вод разрушается значительно быстрее, чем хорошо уплотненный. Недопустимо применение заполнителей, содержащих глину в виде комков, так как при ее намокании и вспучивании бетон разрушается.

При укладке бетонной смеси за опалубку необходимо обращать особое внимание на соблюдение проектного водоцементного отношения и не допускать попадания в укладываемую смесь шахтной воды.

Основной мерой борьбы с вредным воздействием агрессивных шахтных вод на бетонную крепь, направленной на сохранение ее долговечности, является изоляция крепи от воздействия воды путем проведения предварительной цементации горных пород и приготовление бетона на сульфатостойких цементах.

При невозможности выполнить эти условия следует производить осушение площадки в районе ствола путем сооружения в напосах дренажных шурфов с последующим отводом поверхностных вод, обладающих самой высокой степенью агрессивности.

Необходимо следить за тщательной заделкой стыков между заходками бетонной крепи, где плотность бетона обычно меньше и проявление воздействия агрессивных вод наиболее интенсивно.

Целесообразно, как это установлено экспериментами, добавлять в бетонную смесь поверхностно-активные добавки (например, сульфитно-спиртовую барду), повышающие стойкость бетона к сульфатной агрессии и выщелачиванию. Положительно влияет на сульфатостойкость бетона добавка к портландцементу трепела (не более 25% от веса цемента), который связывает гидрат окиси кальция и однокальцевый гидросиликат.

Плотность бетона можно повысить, уменьшая содержание воды в бетонной смеси. Излишняя вода, остающаяся после реакции с цементом, испаряется и увеличивает пористость бетона. Уменьшить водосодержание бетонной смеси, не снижая ее плас-

тичных свойств, можно, используя поверхностно-активные добавки.

Ремонт разрушенных участков крепи при небольшом стоке воды по крепи и неглубоких поражениях бетона следует производить путем нанесения слоя антикоррозионного покрытия, доводя толщину крепи до проектной. Для приготовления антикоррозионного покрытия необходимо применять сульфатостойкий цемент с добавками хлористого кальция или жидкого стекла для ускорения сроков схватывания.

Перед нанесением антикоррозионного покрытия разрушенный бетон необходимо тщательно разобрать и пораженные участки крепи обмыть напорной струей воды.

5. Проектирование состава бетона

При подборе состава бетонной смеси необходимо учитывать требуемую прочность бетона в назначенный срок, подвижность бетонной смеси, удобоукладываемость, условия транспортирования и способ укладки смеси за опалубку.

К бетонной крепи стволов, как указывалось выше, предъявляется ряд требований, основными из которых являются: прочность бетона после 28-суточного твердения не менее 150 кг/см^2 и водонепроницаемость.

Рассмотрим разработанный Ю. Н. Куликовым метод проектирования состава бетонной смеси, обеспечивающий возможность получения бетона повышенной водонепроницаемости при заданной его прочности.

Расчет составляющих бетонной смеси ведут по формулам, в основу которых положен метод абсолютных объемов:

$$V_{ц.т} + \frac{\Pi}{\gamma_{п}} + \frac{\text{III}}{\gamma_{ш}} = 1000, \quad (11)$$

$$V_{ц.т} + \frac{\Pi}{\gamma_{п}} = \alpha v_{о.ш} \frac{\text{III}}{\gamma_{о.ш}}, \quad (12)$$

$$V_{ц.т} = \frac{\Pi}{\gamma_{о.п}} v_{о.п} \beta + \text{III} \frac{K(\beta - 1) v_{о.п}}{\gamma_{о.п}}. \quad (13)$$

В формулах (11) — (13):

$V_{ц.т}$ — объем цементного теста на 1 м^3 бетона, м^3 ;

Π и III — количества песка и щебня на 1 м^3 бетона, кг ;

α и β — коэффициенты раздвижки соответственно щебня и песка;

$\gamma_{о.ш}$ и $\gamma_{о.п}$ — объемные веса щебня и песка, кг/л ;

$\gamma_{п}$ и $\gamma_{ш}$ — удельные веса песка и щебня, кг/л ;

$v_{о.ш}$ и $v_{о.п}$ — пустотность щебня и песка.

Объем цементного теста, как показали исследования П. Н. Ахвердова и Н. А. Мощанского, нельзя представлять как сумму абсолютных объемов цемента и воды. Необходимо учиты-

бать контракционные изменения цементного теста. Объем цементного теста с учетом этих изменений можно определить по формуле И. Н. Ахвердова

$$V_{ц.т} = 1,02Ц \left\{ \frac{1}{\gamma_{ц}} + \frac{k_{н.г}}{\delta_{с}} [0,876 + \delta_{с}(x - 0,876)] \right\}, \quad (14)$$

где Ц — расход цемента, кг;

$k_{н.г}$ — нормальная густота цементного теста;

$\gamma_{ц}$ — кажущийся удельный вес цемента, кг/л;

$\delta_{с}$ — средняя плотность сольватного слоя воды, принимаемая постоянной и равной 1,5.

x — величина, характеризующая плотность цементного теста;

$$x = \frac{\frac{B}{Ц}}{k_{н.г}}. \quad (15)$$

Значения величины $\gamma_{ц}$ для некоторых значений γ и $k_{н.г}$ следующие

$k_{н.г}$	0,25; 0,27; 0,30
γ	3,15; 3,10; 2,95
$\gamma_{ц}$	2,69; 2,62; 2,48

Выражение (15) позволяет решить вопрос о соотношении воды и цемента в бетоне.

Выражение (11) показывает, что сумма абсолютных объемов щебня, песка и цементного теста занимает объем, равный 1000 л (1 м³), а выражение (12) — что цементно-песчаная смесь заполняет пустоты щебня с учетом раздвижки его зерен.

Выражение (13) выводится из условий заполнения пустот песка цементным тестом плюс объем цементного теста, обволакивающего зерна щебня (причем толщина обмазки щебня не превышает толщины обмазки песка $\delta_{п}$):

$$V_{ц.т} = \frac{\Pi}{v_{о.п}} v_{о.п} \beta + Ц U_{с.щ} \delta_{п}, \quad (16)$$

где $U_{с.щ}$ — удельная поверхность щебня, м²/кг.

Величину $\delta_{п}$ определяют по формуле

$$\beta = 1 + \frac{U_{с.п} \delta_{п} \gamma_{о.п}}{v_{о.п}}, \quad (17)$$

где $U_{с.п}$ — удельная поверхность песка, м²/кг.

Подставив в выражение (16) значение $\delta_{п}$, определенное по формуле (17), и обозначив отношение $\frac{U_{с.щ}}{U_{с.п}}$ через k , получим выражение (13). Решением системы уравнений (11), (12) и (13)

получены формулы для определения величины Π , Π и $V_{ц.т.}$:

$$\Pi = \frac{1000}{\frac{\alpha \omega_{о.ш}}{\gamma_{о.ш}} + \frac{1}{\gamma_{п}}}, \quad (18)$$

$$\Pi = \frac{\Pi \left[\frac{\alpha \omega_{о.п}}{\gamma_{о.ш}} - \frac{k(\beta - 1) v_{о.п}}{\gamma_{о.п}} \right]}{\beta \frac{v_{о.п}}{\gamma_{о.п}} + \frac{1}{\gamma_{п}}}, \quad (19)$$

$$V_{ц.т.} = 1000 - \frac{\Pi}{\gamma_{п}} - \frac{\Pi}{\gamma_{ш}}. \quad (20)$$

Количество цемента определяют из выражения (14), количество воды — из выражения (15) плюс водопотребность заполнителя B_3 :

$$B = \Pi x k_{н.г} + B_3.$$

Прочность бетона определяют по формуле И. Н. Ахвердова

$$R_{23} = \frac{k_c R_{ц} \sqrt{1 - \eta_x}}{0,95 \frac{1 + 1,65 k_{н.г} \left(\frac{B}{\Pi} \right) - 1,65 k_{н.г}}{k_{н.г}}}, \quad (21)$$

где η_x — содержание тонкомолотой минеральной добавки в цементе;

k_c — коэффициент, характеризующий шероховатость поверхности крупного заполнителя. Для щебня $k_c = 1,1$; для гравия $k_c = 1$.

Формула (21) позволяет в случае применения цемента высоких марок регулировать прочность не повышением $\frac{B}{\Pi}$ что ведет к резкому уменьшению водонепроницаемости бетона, а введением тонкомолотой минеральной добавки.

Подбор состава бетонной смеси производят, исходя из принятой технологической схемы крепления ствола, т. е. местоположения передвижной опалубки, способа транспортирования бетонной смеси по стволу, конструкции приспособления для доставки бетонной смеси за опалубку.

Различают два вида составов бетонной смеси: лабораторный, установленный для сухих материалов, и производственный (полевой) — для материалов в естественно влажном состоянии.

Производственные составы бетонных смесей, применяемые для крепления стволов, приведены в табл. 10.

Таблица 10

Компоненты бетонной смеси		Завод-изготовитель, карьер	Расход компонентов на 1 м³ бетона		В Ц	Показатель подвижности, см	Способ доставки в ствол шахты
название	объемный вес, кг/л		к	л			
Сульфатостойкий шлакопортландцемент марки 400	1,1	Днепродзержинский цементный завод	380	345	0,59	15	По трубам
Щебень из гранита, объем пустот 50%, размер зерен от 20 до 40 мм	1,35	Крессовский карьер	1250	925			
Песок, объем пустот 40%	1,4	Терновский карьер	650	465			
Вода			224	224			
Сульфатостойкий портландцемент, марки «400»	1,2	Амвросиевский цементный завод	300	250	0,6	16	По трубам
Щебень из гранита, объем пустот 50%, размер зерен от 20 до 40 мм	1,35	Крессовский карьер	1280	947			
Песок, объем пустот 40%	1,38	Просьяновский карьер	700	507			
Вода			180	180			
Шлакопортландцемент марки «200»	1,1	Криворожский цементный завод	450	410	0,56	15	По трубам
Щебень из гранита, объем пустот 50%, размер зерен от 20 до 40 мм		Крессовский карьер	1250	925			
Песок, объем пустот 42%	1,38	Просьяновский карьер	650	412			
Вода			252	252			
Шлакопортландцемент марки 300	1,1	Криворожский цементный завод	420	381	0,52	15	По трубам
Щебень, объем пустот 50%, размер зерен от 10 до 40 мм	1,36	Крессовский карьер	1250	918			
Песок, объем пустот 37%	1,62	Запорожский	650	401			
Вода			220	220			
Сульфатостойкий портландцемент марки 500	1,2	Амвросиевский цементный завод	280	233	0,60	18	По трубам
Щебень, объем пустот 49,6% размер зерен от 20 до 40 мм	1,38	Коломойцевский карьер	1250	918			
Песок, объем пустот 43%	1,46	Терновский карьер	680	465			
Вода			168	168			

Компоненты бетонной смеси		Завод-изготовитель, карьер	Расход компонентов на 1 м ³ бетона		В Ц	Покладатель под- вижности, см	Способ доставки в ствол шахты
название	объемный вес, кг/л		кг	л			
Сульфатостойкий портландцемент марки 400	1,1	Амвросиевский цементный завод	350	291	0,60	15	По тру- бам
Щебень из гранита, объем пустот 48%, размер зерен от 10 до 30 мм	1,37	Мичуринский карьер	1230	897			
Песок, объем пустот 44%	1,36	Местный	670	492			
Вода			180	180			
Портландцемент марки 500	1,2	Белгородский цементный завод	380	316	0,51	8	Бадьями
Щебень из гранита, объем пустот 52%, размер зерен до 80 мм	1,5	Мудреновский карьер	1000	660			
Песок, отходы от дробления гранита, объем пустот 38%	1,68	Мудреновский карьер	760	452			
Вода			193	193			
Портландцемент марки 500	1,2	Белгородский цементный завод	330	275	0,62	4	Бадьями
Щебень из гранита, объем пустот 52%, размер зерен от 20 до 50 мм	1,5	Мудреновский карьер	1280	852			
Песок, объем пустот 50%	1,2	Марьяновский карьер	610	533			
Вода			265	265			
Портландцемент БТЦ	1,3	Никольевский цементный завод Дрогобычской области	380	292	0,52	5	Бадьями
Щебень из кварцита, объем пустот 46%, размер зерен до 40 мм	1,65	—	1328	864			
Песок, объем пустот 43%	1,2	Марьяновского карьера	415	347			
Вода			173	173			
Портландцемент марки 400	1,2	Амвросиевский цементный завод	280	233	0,57	8	Бадьями
Щебень из гранита, объем пустот 50%, размер зерен от 40 до 10 мм	1,14	Крессовский карьер					
Песок, объем пустот 49%	1,3	Марьяновский карьер	680	523			
Вода			160	160			

Компоненты бетонной смеси		Завод-изготовитель, карьер	Расход компонентов на 1 м³ бетона		В Ц	Показатель подвижности, см	Способ доставки в ствол шахты
название	объемный вес, кг/л		кг	л			
Шлакопортландцемент марки 300	1,1	Криворожский цементный завод	480	436	0,46	5	Бадьями
Щебень из гранита, объем пустот 50%, размер зерен от 20 до 50 мм	1,48	Николаевский карьер	1250	844			
Песок, объем пустот 40%	1,4	Марьяновский карьер	520	371			
Вода			220	220			
Сульфатостойкий шлакопортландцемент марки 400	1,1	Днепродзержинский цементный завод	320	291	0,56	8	Бадьями
Щебень из гранита, объем пустот 50%, размер зерен от 10 до 40 мм	1,4	Крессовский карьер	1280	915			
Песок, объем пустот 48%, примесей — 5%	1,3	Марьяновский карьер	670	546			
Вода			180	180			

6. Виброактивированный и коллоидный бетон

Для более ускоренного использования возможностей цемента, а также повышения прочности бетона применяют виброактивацию бетонных смесей.

Вибрационные воздействия на бетонную смесь ускоряют процесс растворения и химического адсорбционного диспергирования алюминатов, а также способствуют разрушению рыхлых и малопрочных алюминатных структур и вызывают образование преимущественно прочной силикатной структуры. Кроме того, вибрирование смеси резко снижает ее вязкость, что позволяет принимать при заданной подвижности более низкие водоцементные отношения.

Способ виброактивации является весьма эффективным и его целесообразно применять во всех случаях, когда позволяют условия производства. Особенно целесообразна виброактивация при использовании лежалых цементов с пониженной активностью.

Приготовление бетонной смеси с применением виброактивации производится следующим образом.

В бетономешалке в течение 2 мин перемешивают щебень, цемент и раствор сульфата натрия с содержанием воды 20% от веса цемента и плюс добавка на водопоглощение щебня. Затем

добавляют песок, вливают 50% оставшейся воды, в которой растворено 50% добавки хлористого кальция, и вместе с этими компонентами перемешивают смесь еще 3 мин.

Полученную бетонную смесь выгружают в специальный бункер и вибрируют в нем с частотой не менее 6000 колебаний в минуту в течение 5—6 мин пакетом глубинных вибраторов. Прошедшую виброобработку смесь перегружают во вторую бетономешалку и перемешивают 2 мин с оставшейся водой, в которой растворено еще 50% добавки хлористого кальция. При виброактивации бетонной смеси добавка хлористого кальция должна быть уменьшена примерно в 1,5 раза, а количество сульфата натрия несколько увеличено.

Большой интерес в качестве материала постоянной крепи стволов шахт представляет коллоидный бетон, широко применяющийся за рубежом (Австрия, ФРГ и др.).

Коллоидный бетон готовят следующим образом. Вначале в отдельных растворомешалках специального типа готовится коллоидный раствор, а затем этот раствор перемешивается с крупным заполнителем, в результате чего и образуется коллоидный бетон.

Коллоидный раствор получают в растворомешалках с высокой скоростью перемешивания (1500—2200 об/мин) смеси цемента, песка и воды.

По зарубежным данным, для получения эффективного коллоидного раствора необходимо соотношение компонентов, приведенное в табл. 11.

Таблица 11

Цемент, кг	Песок (сухой), кг	Вода, л	Область применения
50	100	До 36,4	Для подводных работ и бетонных сооружений, испытывающих высокие нагрузки
50	150	До 45,5	Для массивов из коллоидного бетона и других работ

Весьма важным достоинством коллоидного бетона является то, что коллоидный раствор не соединяется с водой. В связи с этим укладку коллоидного бетона можно производить под водой, при сильном капеже, а также в проточной воде.

Коллоидный раствор обладает высокой подвижностью и его можно без расслоения транспортировать по трубам на большие расстояния (свыше 1000 м).

Коллоидный бетон обладает высокой водонепроницаемостью, благодаря способности коллоидного раствора хорошо растекаться, заполняя все пустоты между зернами крупного заполнителя, и прочно с ними сцепляться.

Коллоидный бетон целесообразно применять при подводном бетонировании, когда укладываемую бетонную смесь невозможно вибрировать и в то же время необходимо получить прочный бетон при высокой его плотности.

7. Контроль качества бетона

При производстве бетонных работ необходимо осуществлять лабораторный и производственный контроль за:

а) качеством материалов, применяемых для приготовления бетонной смеси;

б) точностью дозирования компонентов (погрешность дозирования для цемента, песка, воды и добавок $\pm 2\%$, щебня $\pm 5\%$);

в) соблюдением требуемой продолжительности перемешивания бетонной смеси;

г) подвижностью и удобоукладываемостью бетонной смеси (показатель подвижности не должен отклоняться от заданного более ± 1 см);

д) правильностью транспортирования и укладки бетонной смеси во избежание ее расслаивания;

е) прочностью бетона.

Для контрольной пробы на бетонном заводе на каждые 100 м³ бетона отбирают две партии кубиков (по три кубика в каждой партии). Одну партию испытывают в 8-часовом возрасте, вторую — в 28-дневном. Отбор проб производят непосредственно в стволе на месте укладки бетонной смеси...

Если кубиковая прочность уложенного бетона оказывается ниже требуемой по проекту, необходимо произвести испытание бетона в конструкции. При заниженной прочности бетона должны быть приняты меры по усилению крепи ствола.

Способы испытания бетона в конструкции основаны на принципе определения предела прочности бетона при сжатии без непосредственного раздавливания образцов статической нагрузкой, как это производится стандартным методом.

Наиболее распространенными способами испытания бетона являются следующие: силовой метод испытания прочности бетона, предложенный канд. техн. наук И. В. Вольфом; определение прочности бетона маятником со стальным шариком с помощью прибора, разработанного в научно-исследовательском институте строительных материалов Академии строительства и архитектуры УССР; определение прочности бетона шариковым молотком.

ГЛАВА III

БЕТОПНЫЕ ЗАВОДЫ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Приготовление бетонной смеси в шахтном строительстве производят на централизованных и приобъектных (пришахтных) бетонных заводах.

Централизованные бетонные заводы, обслуживающие группы близко расположенных друг к другу стволов-потребителей, целесообразно располагать на равноудаленном расстоянии от стволов.

Пришахтные бетонные заводы, обычно состоящие из передвижных смесительных установок, располагают в непосредственной близости от ствола-потребителя или примыкают к проходческому копру. К бетонным заводам, обслуживающим сооружаемые вертикальные стволы шахт, предъявляются следующие требования:

1) производительность бетонного завода должна обеспечивать максимально возможные скорости возведения крепи, т. е. укладка бетонной смеси за опалубку должна быть произведена в кратчайший срок;

2) степень загрузки механизмов должна быть высокой, учитывая относительную кратковременность и периодичность работ по возведению крепи;

3) качественная характеристика бетонной смеси, поступающей к устью ствола, должна соответствовать условиям принятой технологии возведения постоянной крепи;

4) стоимость и трудоемкость готовой бетонной смеси должны быть минимальными.

1. Централизованный автоматизированный бетонный завод

Централизованный бетонный завод (рис. 6) представляет собой сборно-разборную металлическую башню, в которой размещаются бункера, весовые дозаторы и две бетономешалки С-302 емкостью по 1200 л. К башне примыкает наклонная галерея с звеньевым ленточным транспортером. Производительность транспортера

(180 м³/ч) обеспечивает бесперебойную работу двух бетономешалок производительностью 54 м³/ч.

Башня состоит из надбункерного, дозирочного, смесительного и раздаточного отделений.

В надбункерном отделении находятся приводная станция наклонного ленточного транспортера для подачи инертных материалов, поворотная воронка с механизмом поворота и шнековый

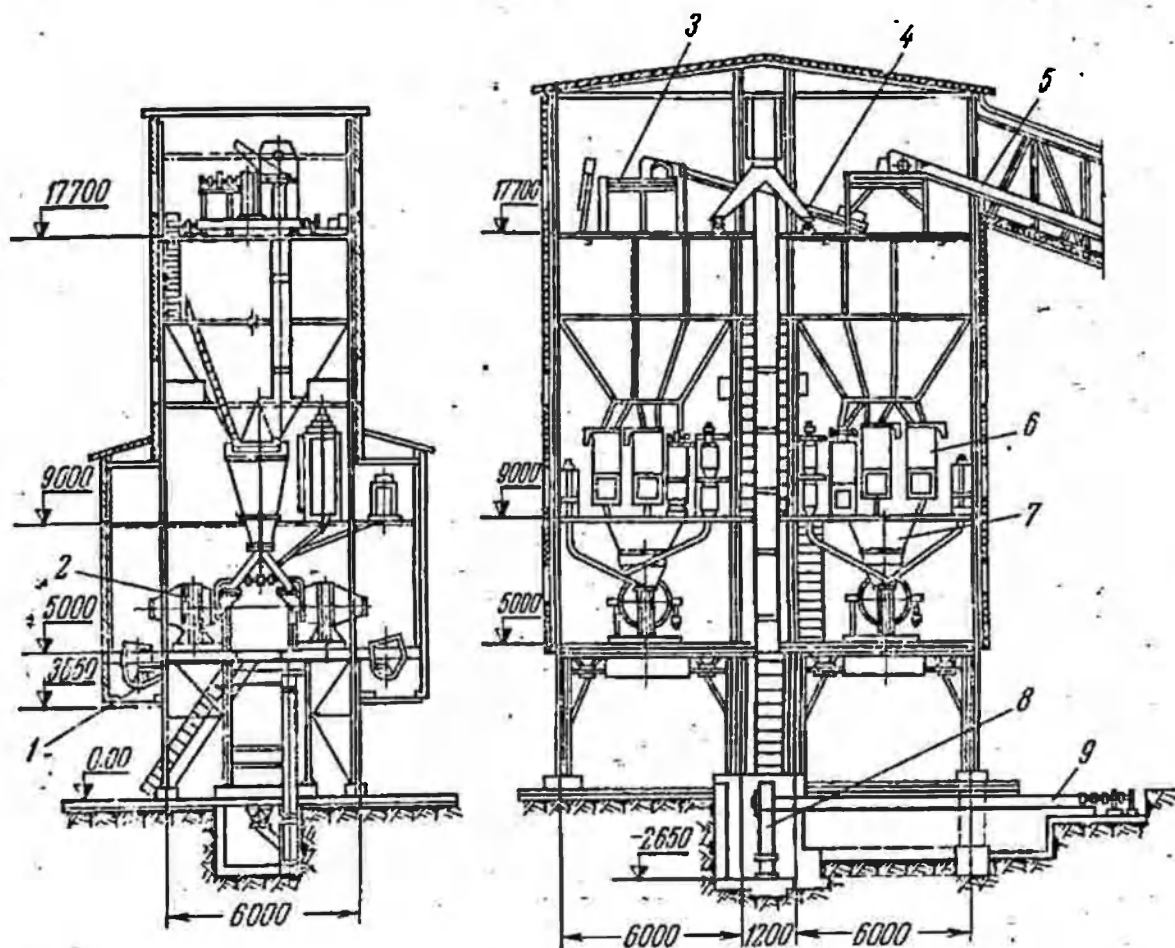


Рис. 6. Централизованный автоматизированный бетонный завод:

1 — накопительные бункера; 2 — бетономешалка; 3 — поворотная воронка; 4 — передающий транспорт; 5 — наклонный транспортер; 6 — дозаторы; 7 — загрузочный лоток; 8 — ковшовый элеватор; 9 — шнек

питатель линии подачи цемента. В этом отделении также установлена головка ленточного ковшового элеватора подачи цемента.

В дозирочном отделении находятся автоматические весовые дозаторы для щебня, песка, цемента, воды и добавок. Здесь же размещаются воздухохранилище и баки для воды и добавок.

В смесительном отделении установлены бетономешалки и устройство для загрузки их сухой смесью, состоящее из приемной воронки и двухрукавной течки с перекидным клапаном.

Готовая бетонная смесь подается в автосамосвалы из накопительных бункеров раздаточного отделения, оборудованных шторными затворами.

Все механизмы и установки надбункерного дозировочного и смесительного отделений управляются при помощи электропневматической системы дистанционно. Пульты управления установлены в надбункерном и дозировочном отделениях.

Конструкция завода решена по вертикальной схеме — песок и щебень подаются на верхний этаж в надбункерное отделение наклонным ленточным звеньевым транспортером и дальнейшее перемещение их осуществляется под действием собственного веса в соответствующей технологической последовательности.

Поступающие материалы распределяются по бункерам с помощью поворотного рукава, устанавливаемого над загрузочным патрубком соответствующего бункера. Цемент подается в бункера вертикальным ковшом, ленточным элеватором и шнековыми питателями. Емкость бункеров обеспечивает двух-трехчасовую работу завода без пополнения запаса материалов. Из бункеров составляющие бетонной смеси попадают в автоматические весовые дозаторы, а затем через двухрукавную точку с перекидным клапаном — в одну из бетономешалок.

Готовая бетонная смесь поступает из бетономешалок в накопительные бункера, а из них в автосамосвалы.

Часто сооружение централизованного бетонного завода совмещают с прирельсовыми складами цемента, песка и щебня. Это позволяет упростить технологическую линию доставки составляющих бетона к заводу и снизить затраты на их транспортирование.

Основные технико-экономические показатели централизованного бетонного завода следующие:

Суммарная мощность электродвигателей, <i>квт</i>	88,14
Максимальный расход сжатого воздуха, <i>м³/мин</i>	3,0
Основные размеры, <i>мм</i> :	
длина	75000
ширина	9000
высота	22000
Вес металлоконструкций, <i>т</i>	55,4
Количество бункеров, шт.	8
в том числе:	
для цемента	2
емкость каждого <i>м³</i>	17
для песка	2
емкость каждого, <i>м³</i>	19,3
для щебня	2
емкость каждого, <i>м³</i>	31,1
для воды	2
емкость каждого, <i>м³</i>	-0,5
Бетономешалка БС-1200 (С-302), <i>шт</i>	2
Загрузочная емкость смесительного барабана, <i>л</i>	1200
Скорость вращения смесительного барабана, <i>об/мин</i>	17
Мощность электродвигателя, <i>квт</i>	14
Скорость вращения вала электродвигателя, <i>об/мин</i>	980
Вес бетономешалки с загрузочным устройством, <i>кг</i>	3915
Продолжительность цикла перемешивания, <i>сек</i>	100—175
Конструктивная производительность бетономешалки, <i>м³/ч</i>	19—20
Производительность ленточного транспортера, <i>м³/ч</i>	185
Производительность ковшового элеватора, <i>т/ч</i>	24
Производительность шнека, <i>т/ч</i>	25

Дозирование материалов. В настоящее время централизованные автоматизированные бетонные заводы комплектуются весьма совершенными дозаторами с циклом дозирования до 45 сек. Технические характеристики этих дозаторов приведены в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

Показатели	Марка дозатора		
	АВДП-1200	АВДЦ-1200	АВДЖ-425/1200
Максимальное количество взвешиваемого материала, кг	1200	300	200
Минимальное количество взвешиваемого материала, кг	200	100	1,0
Угол поворота указательной стрелки, град	355	355	355
Максимальное полезное усилие на тягу, кг	10	10	10
Тарная нагрузка на тягу, кг	4,3	4,3	4,3
Цена деления циферблата, кг	2,0	0,5	0,5
Ход тяги при полной нагрузке, мм	32	32	32

Конструктивно дозаторы выполнены следующим образом: на раме укреплены две впускные точки с секторными затворами и рычажная весовая система с весовым бункером.

Бункер имеет выходное отверстие, перекрытое затвором, который, так же как и впускные затворы, связан с пневматическим цилиндром. К раме дозатора подвешены весовой шкаф и циферблатная головка. Гири на коромыслах устанавливают на деления, соответствующие весу требуемой порции.

На раме автоматического весового дозатора цемента АВДЦ-1200 установлен шнековый питатель, который подает цемент к впускному затвору.

2. Пришахтный бетонный завод

Пришахтный бетонный завод обслуживает обособленный ствол, удаленный от централизованного бетонного завода на значительное расстояние.

Промышленность выпускает специальные передвижные смесительные установки, которые с успехом можно применять в качестве пришахтного бетонного завода (рис. 7). Смесительная установка, помещенная в утепленное помещение, может работать и в зимнее время.

Установка состоит из смесительного и дозировочного отделений и склада цемента. Монтаж установки занимает около пяти рабочих смен, не считая времени на сооружение складского хозяйства.

Установка работает следующим образом. В расходные бункера дозировочного отделения подаются инертные заполнители различного гранулометрического состава. Загрузка бункеров может про-

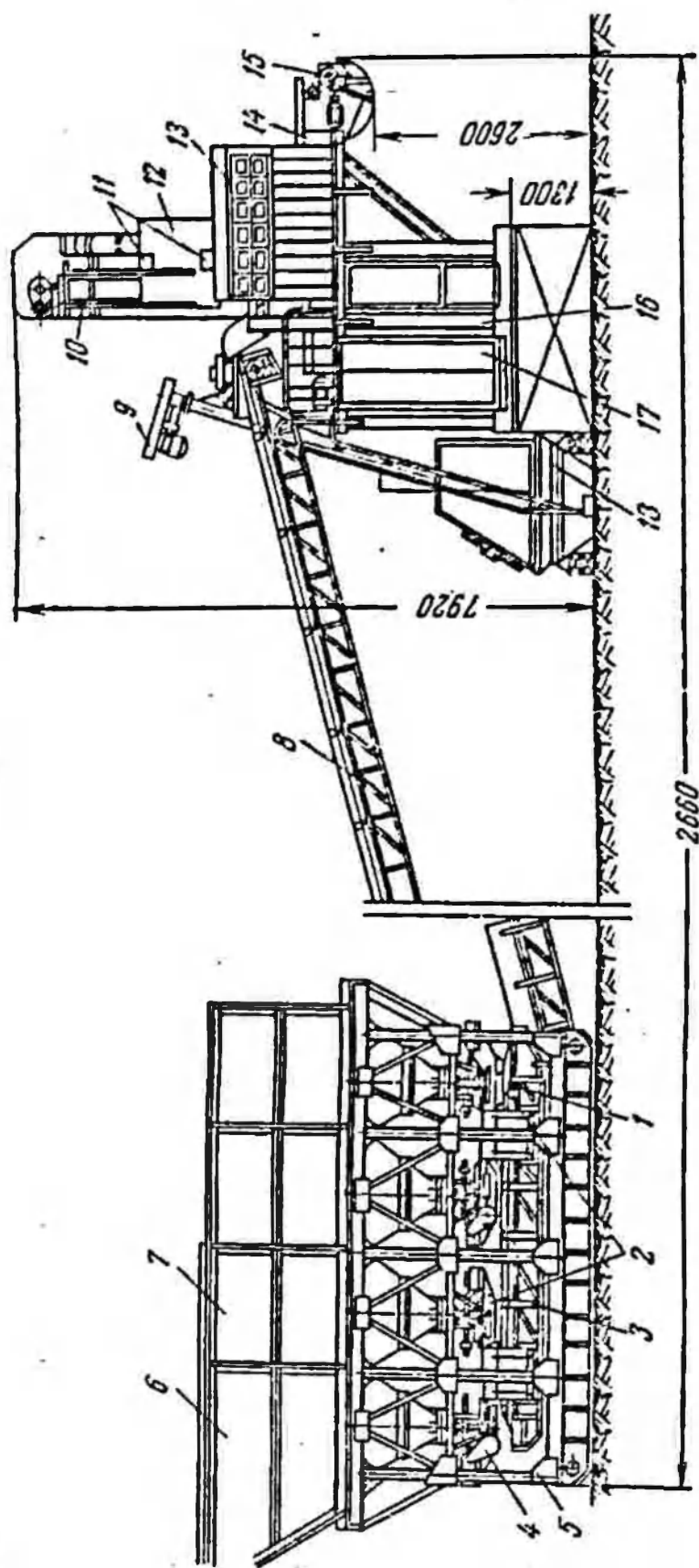


Рис. 7. Передвижная смесительная установка (пришахтный бетонный завод):

1 — дозаторное отделение; 2 — дозаторы для щебня или гравия; 3 — горизонтальный сборный транспортер; 4 — дозатор для песка; 5 — рама дозаторного отделения; 6 — расходный бункер для щебня или гравия; 7 — расходный бункер для щебня или гравия; 8 — транспортер Г-141; 9 — шнековый конвейер для подачи цемента; 10 — ковшовый элеватор для цемента; 11 — указатели уровня цемента; 12 — расходный бункер для цемента; 13 — кабина оператора; 14 — смесительное отделение; 15 — ковшовый бункер для бетонной смеси; 16 — резервуар для воды; 17 — шкаф электрораздаточной аппаратуры; 18 — приемный бункер для цемента

изводиться при помощи грейферного крана, ленточных транспортеров или других погрузочных средств.

Из бункеров отдозированный инертный материал поступает в смесительное отделение. Цемент со склада подается горизонтальным шнеком, а затем ковшовым элеватором в расходный бункер, из которого самотеком попадает в дозатор, а из дозатора в смесительную установку, в которую из расходной бабки поступает вода.

Перемешанная бетонная смесь направляется в копильник, откуда по наклонной течке поступает либо в приемную воронку бетонопровода, либо в бадью (контейнер).

Дозировочное отделение состоит из сварной рамы, которая разделена на четыре отсека. В каждом отсеке размещается нижняя часть бункера, выполненная из листовой стали и усиленная

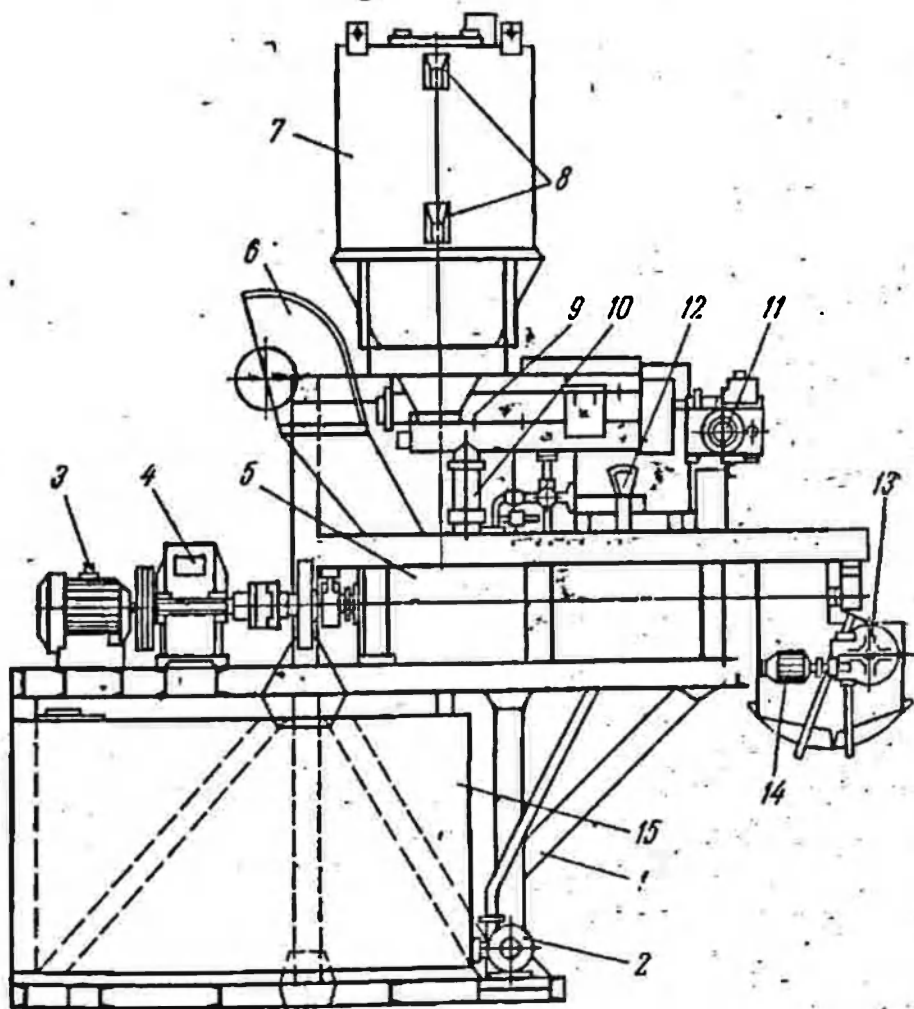


Рис. 8. Смесительное отделение передвижной смесительной установки (пришахтного бетонного завода):

1 — рама; 2 — водяной насос; 3 — электродвигатель; 4 — редуктор; 5 — мешалка; 6 — ограждение головки транспортера; 7 — расходный бункер для цемента; 8 — указатель уровня цемента; 9 — шнековый дозатор для цемента; 10 — подвижной патрубок; 11 — электродвигатель привода дозатора для цемента; 12 — дозировочный кран для воды; 13 — копильник для бетонной смеси; 14 — электродвигатель копильника; 15 — резервуар для воды

ребрами жесткости. Верхняя призматическая часть дозировочного отделения — общая для всех бункеров. Внутренними перегородками бункера разделены на четыре отсека: три емкостью по 11 м³ каждый — для щебня и один емкостью 15 м³ — для песка.

Для предохранения от возможного попадания в расходные бункера крупных кусков материала и посторонних предметов на впускных отверстиях устанавливают колосниковые решетки.

Инертные материалы дозируются весовыми маятниковыми дозаторами непрерывного действия С-633.

Оборудование смесительного отделения смонтировано на общей раме из швеллеров (рис. 8). В съемной кабине для машиниста расположен пульт управления всем оборудованием установки.

Основным оборудованием смесительного отделения является бетономешалка непрерывного действия с принудительным перемешиванием. Цемент подается из склада в расходный бункер при помощи элеватора.

Дозатор для цемента выполнен в виде двух шнеков, расположенных один над другим (рис. 9). В верхней части корпуса дозатора расположен люк, служащий для осмотра и очистки шнеков при обслуживании и ремонте.

Технологическая схема подачи воды включает следующие агрегаты: водяной резервуар, центробежный насос ЦНШ-40, воздуходозировочный бак, дозировочный кран и распределительную трубу с сеткой.

Дозирование воды осуществляется объемно с постоянным уровнем слива.

Основные технико-экономические показатели пришахтного бетонного завода следующие:

Производительность, м ³ /ч	15—30
Установочная мощность электродвигателей, кВт	42
Численность обслуживающего персонала	3
Количество бункеров, шт	4
в том числе:	
для щебня	3
емкость каждого, м ³	11
для песка	1
емкость каждого, м ³	15
Основные размеры смесительной установки, мм:	
длина	26600
ширина	8520
высота	7920
Общий вес установки, кг	25600
Тип мешалки	двухвальная, принудительного перемешивания
Скорость вращения лопастных валов, об/мин.	55
Производительность дозатора для цемента, т/ч	5—10
Производительность наклонного транспортера, т/ч	90
Производительность дозатора для инертных, т/ч	12,5—25
Производительность горизонтального сборного транспортера, т/ч	90
Емкость бункеров склада цемента, т	35
Производительность шнекового питателя, т/ч	9,0
Производительность элеватора, т/ч	20 (13)

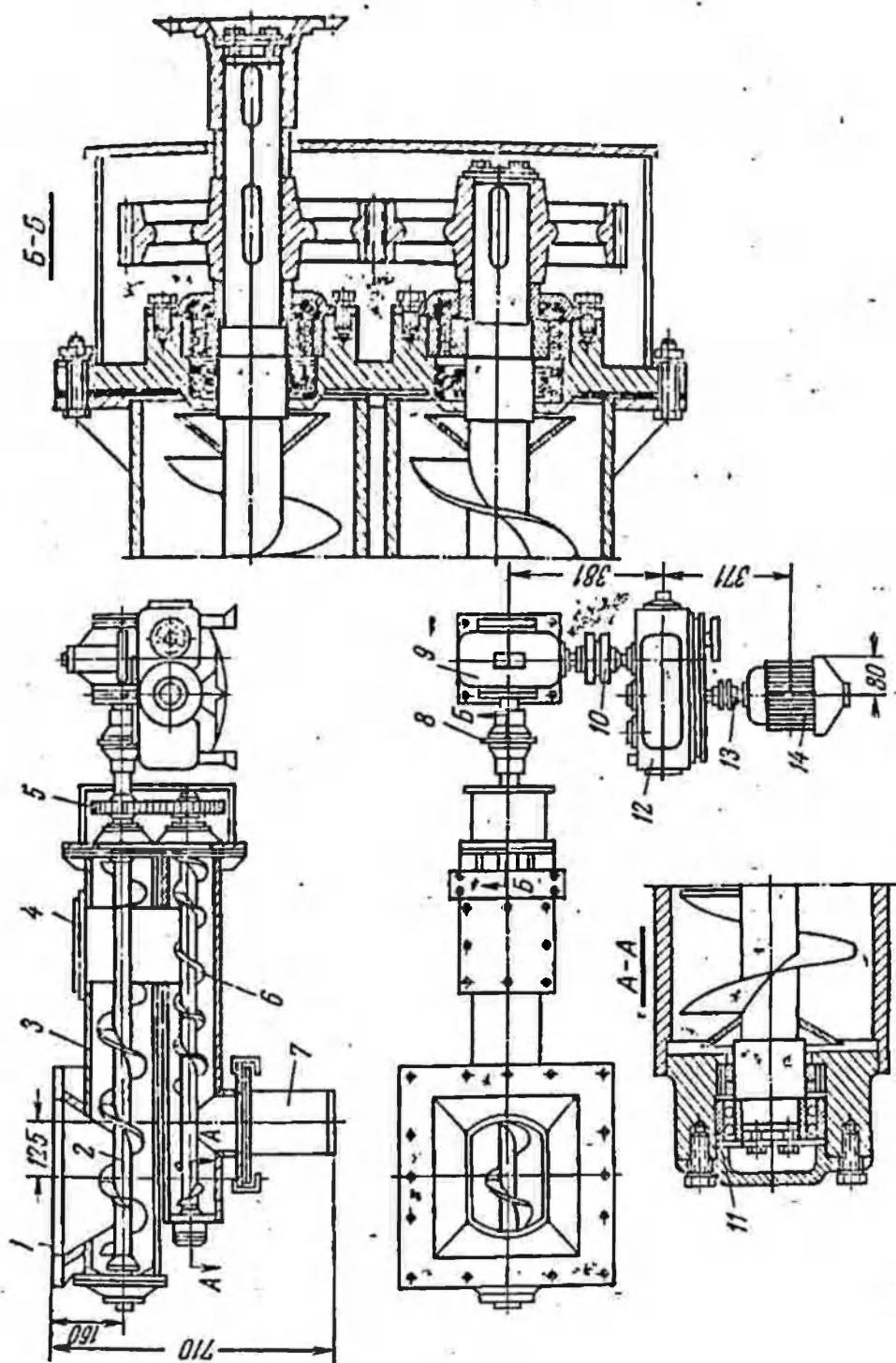


Рис. 9. Шнековый дозатор для цемента:

1 — корпус течки; 2 — верхний шнек; 3 — корпус шнека; 4 — крышка люка; 5 — корпус шестерен; 6 — нижний шнек; 7 — поворотный патрубок; 8 — цепная муфта; 9 — червячная муфта; 10 — кулачковая муфта; 11 — подшипник шнека; 12 — вращатель; 13 — муфта; 14 — электродвигатель

3. Методика определения производительности централизованного бетонного завода

Централизованные бетонные заводы оснащаются высокопроизводительным оборудованием, позволяющим обеспечить высокую часовую производительность приготовления бетонной смеси и, при достаточном коэффициенте использования оборудования, сравнительно низкую ее стоимость.

При строительстве централизованного бетонного завода основным фактором, обуславливающим его экономическую эффективность, является правильное определение часовой производительности.

Из-за неравномерности потребления бетонной смеси, часовая производительность центрального бетонного завода должна быть значительно выше его средней производительности (среднесуточной, среднемесячной) и вместе с тем не должна быть завышенной, так как это ведет к удорожанию 1 м³ товарного бетона.

Производительность централизованного бетонного завода, обслуживающего несколько сооружаемых стволов, определяется количеством стволов, в которых одновременно возводят бетонную крепь, а также объемом бетонной смеси, необходимой для каждого ствола в единицу времени:

$$Q_3 = m_0 q_0, \quad (22)$$

где Q_3 — производительность бетонного завода, м³/ч;

m_0 — расчетное число одновременно бетонлируемых стволов;

q_0 — объем бетонной смеси, необходимый для одного ствола, м³/ч.

Работы в стволе осуществляются по графику цикличности. При использовании призабойных передвижных опалубок время на возведение постоянной крепи входит в общую продолжительность проходческого цикла.

Доля времени для укладки бетонной смеси в общей продолжительности сооружения ствола выражается формулой

$$p = \frac{t}{T}, \quad (23)$$

где t — продолжительность укладки бетонной смеси, ч;

T — продолжительность общего цикла по проходке и креплению ствола, ч.

Величина p обычно колеблется от 0,05 до 0,10 и для каждого ствола в зависимости от скорости сооружения и технологической схемы является относительно постоянной.

Продолжительность проходческого цикла и время укладки бетонной смеси для различных стволов будут разными, в связи с чем возведение постоянной крепи в отдельные периоды времени может производиться одновременно в нескольких стволах или вообще не производиться.

Идеальным условием для определения производительности центрального бетонного завода являлось бы абсолютно точное соблюдение графика поочередного бетонирования в сооружаемых стволах, при этом максимальная потребность в бетонной смеси тех стволов, в которых производится одновременная укладка бетонной смеси, соответствовала бы производительности завода.

Однако практически выполнение такого условия не представляется возможным. Разные сечения и глубины стволов, наличие переборов породы, различные технологические схемы сооружения стволов, не говоря уже о непредвиденных простоях, — вот далеко не полный перечень обстоятельств, влияющих на загрузку бетонного завода.

В силу изложенных причин количество стволов m , в которых производится одновременная укладка бетонной смеси, при общем количестве сооружаемых стволов n колеблется от 0 до n и является показателем случайным. Для оценки и выбора расчетного числа стволов воспользуемся некоторыми положениями теории вероятности.

Удельный вес периода укладки бетонной смеси в общей продолжительности цикла сооружения ствола является, по сути дела, вероятностью бетонирования для данного ствола. Так как значения p для разных стволов будут несколько различаться, то при расчетах необходимо пользоваться средневзвешенными значениями p для данной группы стволов.

Вероятность одновременного производства бетонных работ в нескольких стволах определяется по биномиальной формуле распределения:

$$P_{n(m)} = \frac{n!}{m!(n-m)!} p^m (1-p)^{n-m}. \quad (24)$$

Определяя значение $P_{n(m)}$ для $m=0, 1, 2, \dots, n$ при постоянных n и p можно вывести закономерность распределения вероятности совпадения одновременной работы по укладке бетонной смеси в стволах.

Результаты произведенных расчетов для $n=5; 10; 15$ и $p=0,10$ приведены в табл. 13.

Таблица 13

n	Значение $P_{n(m)}$ при								
	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$	$m=4$	$m=5$	$m=6$	$m=7$	$m=8$
5	0,590	0,328	0,073	0,008	0,001	0,000	—	—	—
10	0,349	0,343	0,194	0,057	0,012	0,001	0,001	0,000	0,000
15	0,206	0,387	0,267	0,128	0,043	0,011	0,002	0,000	0,000

Данные таблицы показывают, что вероятность совпадения одновременной укладки бетонной смеси в случае, когда значение m соизмеримо с n , практически равна нулю.

Так как $\sum_{m=0}^n P_{n(m)} = 1$, то вероятность совпадения в m и более стволах равна

$$P_{n(\mu \geq m)} = 1 - \sum_{m=0}^{m-1} P_{n(m)} = 1 - [P_{n(0)} + P_{n(1)} + \dots + P_{n(m-1)}]. \quad (25)$$

Результаты расчетов, произведенных по формуле (25) с использованием данных табл. 13, приведены в табл. 14.

Таблица 14

n	Значение $P_{n(\mu \geq m)}$ при								
	m=0	m=1	m=2	m=3	m=4	m=5	m=6	m=7	m=8
5	1,000	0,410	0,082	0,009	0,001	0,000	—	—	—
10	1,000	0,651	0,264	0,070	0,013	0,001	0,000	0,000	0,000
15	1,000	0,791	0,451	0,181	0,056	0,013	0,002	0,000	0,000

За расчетное количество стволов m_0 принимаем такое значение, при котором $P_{n(\mu \geq m)} = P_0$ — предельному значению вероятности $P_{n(\mu \geq m)}$.

При $P_{n(\mu \geq m)} < P_0$ совпадение бетонирования в m и более стволах будет весьма редким явлением и увеличение продолжительности укладки бетонной смеси из-за эпизодического несоответствия производительности бетонного завода максимальной потребности в бетонной смеси одновременно бетонруемых стволов не будет превышать 3%.

Как показывают данные табл. 13 и 14, при $n=15$ значение $P_{15(\mu \geq m)}$ равно 0,184, т. е. вероятность совпадения укладки бетонной смеси в трех и более стволах равна 0,184.

Если принять за предельное значение вероятности $P_0=0,184$, то расчетное количество стволов, по количеству которых определяется производительность центрального завода, будет $m_0=3$.

Для $n=15$ при $m=4$ вероятность совпадения бетонирования $P_{15(4)}=0,043$, при $m=5$ $P_{15(5)}=0,011$, при $m=6$ $P_{15(6)}=0,002$, т. е. за 1000 ч рабочего времени по сооружению стволов в среднем 43 ч будет происходить одновременная укладка бетонной смеси в четырех стволах, 11 ч — в пяти и 2 ч — шести стволах.

Поскольку количество стволов, в которых будет производиться одновременное бетонирование, больше расчетного, производительность укладки бетонной смеси увеличится и согласно расчетам составит 7 ч на 1000 ч работы по сооружению каждого ствола.

За 1000 ч работы в стволе укладка бетонной смеси будет происходить в течение $0,1 \cdot 1000 \text{ ч} = 100 \text{ ч}$. Следовательно, увеличение продолжительности укладки по сравнению с запланированной составит $\frac{7}{100} \cdot 100\% = 7\%$, что является недопустимым.

Если за предельное значение вероятности принять $P_0=0,056$, то для $n=15$ $m_0=4$. Произведя расчеты, определим, что увеличе-

ние продолжительности укладки бетонной смеси в этом случае составит всего 1%.

Анализируя данные таблиц для значений $n=5$ и $n=10$, можно сделать вывод о том, что предельное значение вероятности $P_{n(\mu > m)}$ должно быть $P_0=0,1$. В этом случае увеличение продолжительности укладки бетонной смеси составит около 3% от общего времени укладки при условии исключения одновременного бетонирования большего количества стволов, чем расчетное.

Поскольку обычно $P_{n(\mu > m)}$ не равно 0,1, определение m_0 следует производить графическим способом. Проекция на горизонтальную ось точки пересечения многоугольника распределения $P_{n(\mu > m)}$ с горизонталью P_0 дает значение m_0 (рис. 10). На рисунке приведен пример графического определения значений m_0 для $n=5$; 10; 15 при $P_0=0,1$.

На основании вышесказанного предлагается следующий порядок расчета часовой производительности центрального бетонного завода, обслуживающего группу сооружаемых вертикальных стволов шахт:

1) по формуле (23) определяют значение p для каждого ствола;

2) находят средние значения p и q_c для данной группы стволов;

3) по выражению (24) определяют $P_{n(m)}$ для $m=0$; 1; 2; 3;

4) по выражению (25) определяют $P_{n(\mu > m)}$;

5) строят многоугольник распределения $P_{n(\mu > m)}$ и графическим способом определяют значение m_0 ;

6) по формуле (22) определяют производительность бетонного завода.

Так как этот способ требует значительного объема вычислительной работы, производительность центрального бетонного завода можно определять, используя так называемый коэффициент одновременности K (отношение расчетного количества одновременно бетонлируемых стволов к общему количеству стволов, обслуживаемых центральным бетонным заводом):

$$K = \frac{m_0}{n} \quad (26)$$

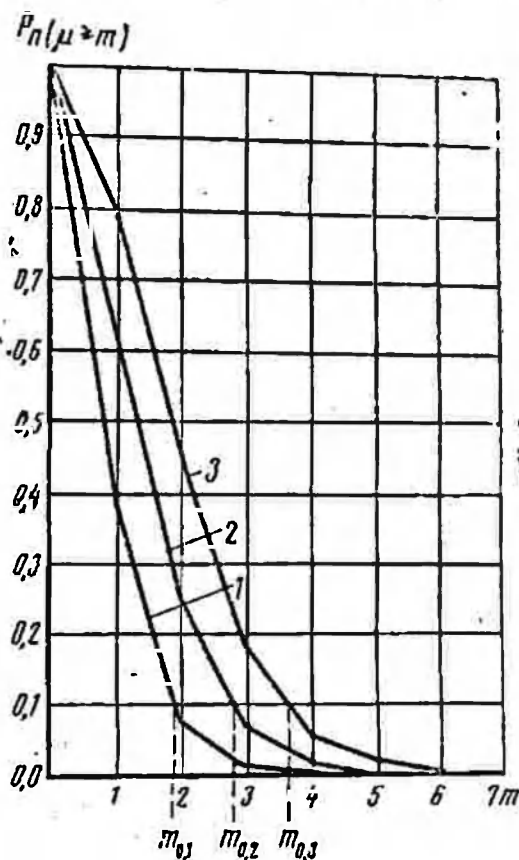


Рис. 10. Многоугольник распределения вероятности $P_{n(\mu > m)}$ для определения расчетного количества стволов: 1 — $n=5$; 2 — $n=10$; 3 — $n=15$

С учетом коэффициента K производительность центрального завода

$$Q = K n q. \quad (27)$$

Значение K для $p=0,05$; $0,10$ и максимального количества стволов, обслуживаемых центральным заводом ($n=15$), приведены в табл. 15.

Таблица 15

p	n	m	K		p	n	m	K
0,05	1	1,0	1,00		0,10	1	1,0	1,00
	3	1,4	0,47			3	1,7	0,57
	5	1,6	0,32			5	1,9	0,38
	10	2,0	0,20			10	2,8	0,28
	15	2,5	0,27			15	3,7	0,25

По данным табл. 15 путем интерполяции можно определить коэффициент одновременности для любого значения n и p .

При правильном выборе производительности центрального завода с учетом наиболее полной загрузки механизмов и при рациональном расположении его по отношению к оптимальному количеству стволов-потребителей стоимость 1 м³ бетонной смеси, изготовленной на центральном заводе, должна быть ниже, чем на пришахтном.

Стоимость бетонной смеси, приготовляемой на пришахтном бетонном заводе, при прочих равных факторах, зависит от оснащения завода и скорости возведения постоянной крепи в стволе.

На основании вышесказанного можно рекомендовать следующее:

1) центральный бетонный завод экономически целесообразно использовать для обслуживания группы близко расположенных друг к другу стволов, потребность в бетонной смеси которых обеспечивает максимальную загрузку оборудования завода;

2) при расположении стволов на значительном расстоянии друг от друга для обеспечения высоких скоростей возведения постоянной крепи следует использовать пришахтные заводы.

ГЛАВА IV

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА ПОВЕРХНОСТИ

1. Средства транспортирования бетонной смеси

Выбор средств транспортирования бетонной смеси от бетонного завода к устью ствола определяется месторасположением завода.

В любом случае при транспортировании бетонная смесь не должна расслаиваться.

С бетонного завода, примыкающего непосредственно к копру, бетонную смесь по наклонному желобу подают непосредственно в приемную воронку бетонопровода (рис. 11) или в бадью (контейнер).

При ином расположении пришахтного бетонного завода смесь подают к устью ствола ленточными конвейерами или (в скипах или в бадьях) — на платформах.

От централизованного бетонного завода бетонную смесь к устью ствола доставляют в автосамосвалах. При значительном удалении потребителей от центрального завода, когда автосамосвалы не обеспечивают сохранения качества доставляемой бетонной смеси и последняя подвергается расслоению, целесообразно применять автобетономешалки (рис. 12).

Автобетономешалка представляет собой самоходный, смонтированный на шасси грузовой автомашины агрегат, имеющий смешительный барабан с приводом для вращения. На шасси автомашины ЯАЗ-200 установлен агрегат с полезной емкостью смешительного барабана 2 м³. Автобетономешалки применяют как для перевозки готовой бетонной смеси, так и для приготовления ее из сухих компонентов в пути следования. В первом случае готовую смесь загружают в барабан автобетономешалки на центральном заводе. Во время движения автобетономешалки барабан, вращаясь с небольшой скоростью (4,5—6 об/мин), непре-

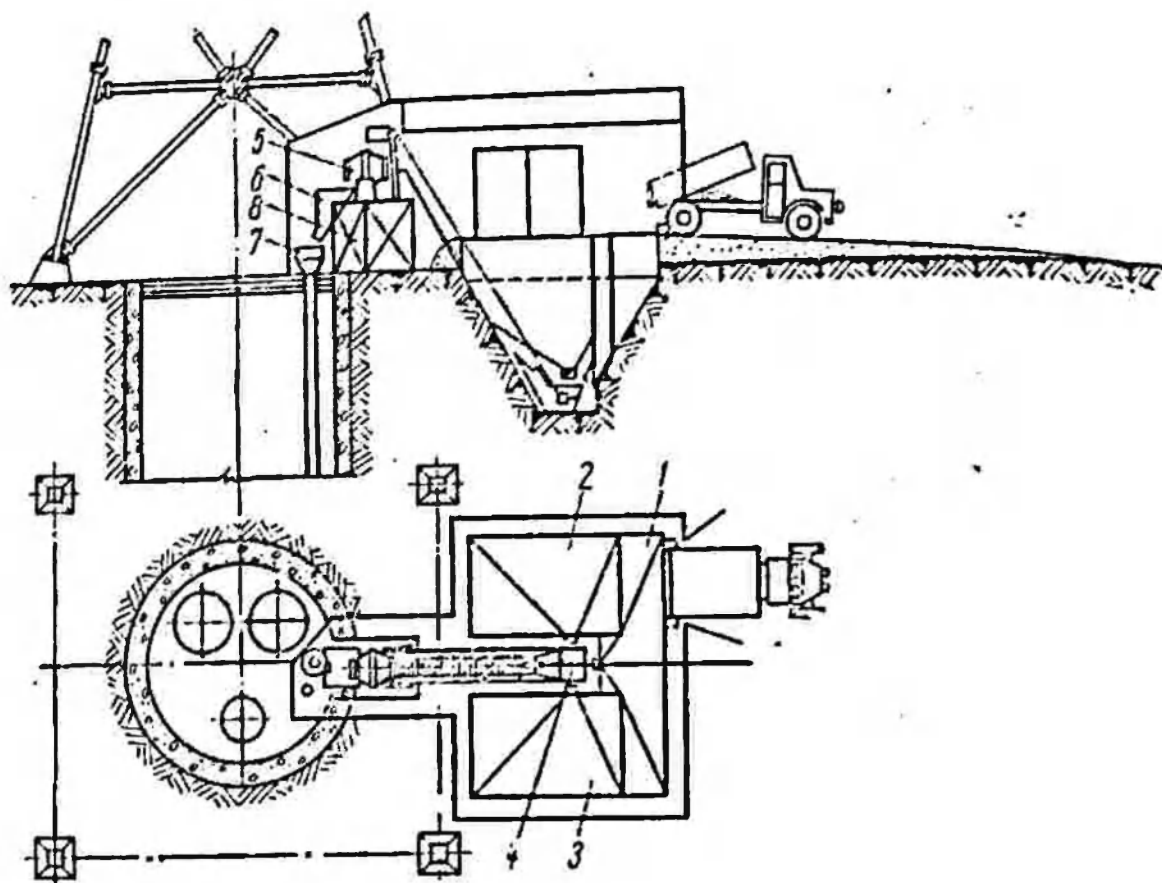


Рис. 11. Подача бетонной смеси из пришахтного бетонного завода непосредственно в бетоноотвод:

1 — рама; 2 — бункер для щебня; 3 — бункер для песка; 4 — скреп; 5 — бетономешалка; 6 — наклонный желоб; 7 — приемная воронка бетонопровода; 8 — эстакада

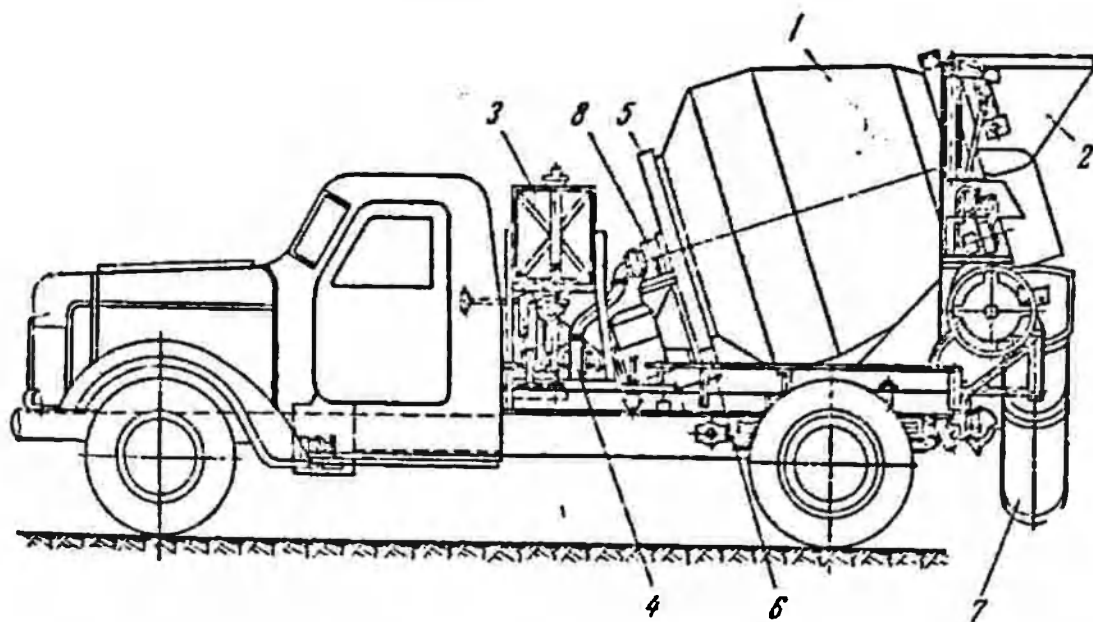


Рис. 12. Автобетономешалка:

1 — барабан; 2 — приемная воронка; 3 — водяной бак; 4 — пасос для подачи воды; 5 — зубчатый венец; 6 — шестерня; 7 — разгрузочный лоток; 8 — главная цапфа барабана

рывно перемешивает смесь, вследствие чего она не расслаивается и сохраняет однородность.

Во втором случае на центральном бетонном заводе в барабан загружают отмеренные дозы заполнителей и заливают воду в дозировочный бак. В пути (за 15—20 мин до прибытия к потребителю) водитель включает смесительный барабан и заливает в него воду. Такой способ позволяет доставлять на объект свежую, качественную бетонную смесь независимо от расстояния между потребителем и бетонным заводом.

Обоснованный выбор количества автосамосвалов или автобетономешалок, обеспечивающих бесперебойную доставку бетонной смеси к устью ствола, и определение оптимальной дальности перевозки смеси, т. е. расстояния от центрального бетонного завода к стволам-потребителям, являются весьма важными факторами в сокращении простоев и увеличении скорости возведения бетонной крепи стволов шахт.

2. Качественные показатели бетонной смеси, транспортируемой в автосамосвалах

Бетонная смесь, доставляемая от центрального завода к стволам-потребителям в автосамосвалах, в зависимости от дальности перевозки, качества дорог, а также показателя подвижности смеси и вида крупного заполнителя, может в большей или меньшей мере подвергаться расслоению.

Наблюдения, проведенные в Кривбассе, показали, что при выгрузке бетонной смеси в приемные бункера возле устья ствола сначала вытекает цементно-песчаный раствор (примерно 25—35% объема), а в кузове автосамосвала остается слежавшаяся часть смеси. Для облегчения выгрузки этой части бетонной смеси в нее, как правило, добавляют воду, поскольку в противном случае при спуске в ствол по трубам смесь будет нетранспортабельна и в бетонопроводе могут образоваться пробки. Кроме того, процесс разгрузки слежавшейся бетонной смеси из кузова автосамосвала без добавления воды оказывается весьма продолжительным и трудоемким.

Естественно, что добавление воды при разгрузке бетонной смеси не способствует повышению ее качества.

Организация повторного перемешивания доставленной к стволу бетонной смеси связана с необходимостью установки перед приемным бункером бетономешалки, устройством подъездной эстакады и промежуточного приемного бункера для перегрузки бетонной смеси из кузова автосамосвала в смесительный барабан бетономешалки. Совершенно очевидно, что такой комплекс дополнительного оборудования требует увеличения численности рабочих на поверхности. В свою очередь, это приводит к увеличению стоимости бетонной смеси и сокращению производительности труда рабочих на поверхности.

В настоящее время автосамосвалы являются основным видом транспорта для доставки бетонной смеси, поэтому показатели ее качества при доставке к стволу с использованием этого транспорта приобретают особо важное значение.

Показатели подвижности бетонной смеси на центральном заводе, перед разгрузкой автосамосвала и за опалубкой, а также данные о прочности образцов на сжатие приведены в табл. 16.

Таблица 16

Дальность транспорти- рования, м	Показатель подвижности бетонной смеси, см				Прочность образцов в 28-су- точном возрасте, кг/см ²	
	на бетонном заводе	перед разгрузкой самосвала		за опалуб- кой	на бетонном заводе	за опалубкой
		верх кузова	низ кузова			
3,2	9	11	7	14	213	203
4,7	11	14	5	17	201	196
5,5	11	15	4,5	17	216	204
7,3	10	16	6,5	18	198	183
8,7	10	18	5,0	20	201	171
9,5	10	18	4,5	20	195	163
9,5	14	19	1,5	19	188	149
9,5	17	20	0,5	21	179	168
10,4	17	22	1,5	20	188	149
10,4	16	20	2,0	20	203	151
10,4	14	18	2,5	19	219	174
11,7	16	22	0,5	21	191	146
11,7	13	19	2,0	18	224	167
11,7	12	18	4,5	18	191	161
14,1	13	22	1,5	19	199	148
14,1	14	19	3,5	18	171	154
14,1	14	24	0,5	22	167	139
14,1	18	26	0	22	176	143

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1) при разгрузке бетонной смеси возле копра с целью предупреждения закупорок бетонопровода и облегчения выгрузки смеси из кузова автосамосвала в нее обычно добавляют воду, что способствует расслаиванию бетонной смеси при движении по бетонопроводу;

2) при транспортировании бетонной смеси с показателем подвижности выше 12—13 см на расстояние более 10 км происходит практически полное расслоение смеси;

3) в результате добавления воды в бетонную смесь при выгрузке ее и транспортировании в ствол по бетонопроводу наблюдается падение прочности образцов в 28-суточном возрасте на 18—23%.

В лабораторных условиях были проведены эксперименты для определения степени расслаиваемости бетонной смеси, транспортируемой в автосамосвалах. Целью экспериментов являлось опре-

деление степени расслаиваемости в зависимости от следующих факторов: удельного веса и величины зерен крупного заполнителя, соотношения крупного и мелкого заполнителей, подвижности смеси и водоцементного отношения.

Эксперименты проводили по следующей методике. Пробу бетонной смеси отбирали в цилиндрический сосуд диаметром 200 мм и емкостью в два стандартных конуса. Заполненный бетонной смесью сосуд вибрировали на лабораторном вибростове в течение 30 сек со скоростью 3500 колебаний в минуту.

Продолжительность вибрирования принята на основании проверочного транспортирования лабораторного сосуда, заполненного бетонной смесью с показателями подвижности 10, 12, 14 см, на максимальное расстояние бетонного завода от ствола-потребителя (принято 12 км). При этом характер расслоения бетонной смеси в сосуде соответствовал вибрированию его на вибростове в течение 30 сек.

При большем показателе подвижности и увеличении дальности перевозки, что соответствовало продолжительности вибрирования 45—60 сек, наблюдалось полное расслоение бетонной смеси.

После вибрирования сосуд разбирали и измеряли подвижность бетонной смеси в каждой половине цилиндра.

Расслаиваемость бетонной смеси обусловлена разницей в удельных весах цементного раствора и заполнителей. В качестве крупного заполнителя для экспериментов применяли гранитный щебень, щебень из железистых кварцитов и отвального доменного шлака.

При определении зависимости расслаивания от соотношения заполнителей объем песка принимали последовательно (по весу) 30, 35, 40, 45% к объему заполнителей.

Для приготовления раствора применяли портландцемент Белгородского завода марки 400 и вольский песок, а также гранитный отсев.

Результаты экспериментов по определению степени расслаиваемости бетонной смеси при использовании в качестве заполнителя гранитного щебня размером 5—10 мм (объемный вес $1,35 \text{ г/см}^3$) и 5—20 мм (объемный вес $1,38 \text{ г/см}^3$) приведены, соответственно в табл. 17 и 18.

Таблица 17

Показатель подвижности бетонной смеси до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Расслаиваемость, бетонной смеси, см
	верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
5	4,5	0,5	4,0
6	5,0	1,5	3,5
7	7,0	2,0	5,0
7	6,0	2,5	3,5
7	8,0	4,5	3,5

В настоящее время автосамосвалы являются основным видом транспорта для доставки бетонной смеси, поэтому показатели ее качества при доставке к стволу с использованием этого транспорта приобретают особо важное значение.

Показатели подвижности бетонной смеси на центральном заводе, перед разгрузкой автосамосвала и за опалубкой, а также данные о прочности образцов на сжатие приведены в табл. 16.

Таблица 16

Дальность транспортирования, м	Показатель подвижности бетонной смеси, см				Прочность образцов в 28-суточном возрасте, кг/см ²	
	на бетонном заводе	перед разгрузкой самосвала		за опалубкой	на бетонном заводе	за опалубкой
		верх кузова	низ кузова			
3,2	9	11	7	14	213	203
4,7	11	14	5	17	201	196
5,5	11	15	4,5	17	216	204
7,3	10	16	6,5	18	198	183
8,7	10	18	5,0	20	204	171
9,5	10	18	4,5	20	195	163
9,5	14	19	1,5	19	188	149
9,5	17	20	0,5	21	179	168
10,4	17	22	1,5	20	188	149
10,4	16	20	2,0	20	203	154
10,4	14	18	2,5	19	219	174
11,7	16	22	0,5	21	191	146
11,7	13	19	2,0	18	224	167
11,7	12	18	4,5	18	191	161
14,1	13	22	1,5	19	199	148
14,1	11	19	3,5	18	171	154
14,1	14	24	0,5	22	167	139
14,1	18	26	0	22	176	143

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1) при разгрузке бетонной смеси возле копра с целью предупреждения закупорок бетонопровода и облегчения выгрузки смеси из кузова автосамосвала в нее обычно добавляют воду, что способствует расслаиванию бетонной смеси при движении по бетонопроводу;

2) при транспортировании бетонной смеси с показателем подвижности выше 12—13 см на расстояние более 10 км происходит практически полное расслоение смеси;

3) в результате добавления воды в бетонную смесь при выгрузке ее и транспортировании в ствол по бетонопроводу наблюдается падение прочности образцов в 28-суточном возрасте на 18—23%.

В лабораторных условиях были проведены эксперименты для определения степени расслаиваемости бетонной смеси, транспортируемой в автосамосвалах. Целью экспериментов являлось опре-

деление степени расслаиваемости в зависимости от следующих факторов: удельного веса и величины зерен крупного заполнителя, соотношения крупного и мелкого заполнителей, подвижности смеси и водоцементного отношения.

Эксперименты проводили по следующей методике. Пробу бетонной смеси отбирали в цилиндрический сосуд диаметром 200 мм и емкостью в два стандартных конуса. Заполненный бетонной смесью сосуд вибрировали на лабораторном вибростоле в течение 30 сек со скоростью 3500 колебаний в минуту.

Продолжительность вибрирования принята на основании проверочного транспортирования лабораторного сосуда, заполненного бетонной смесью с показателями подвижности 10, 12, 14 см, на максимальное расстояние бетонного завода от ствола-потребителя (принято 12 км). При этом характер расслоения бетонной смеси в сосуде соответствовал вибрированию его на вибростоле в течение 30 сек.

При большем показателе подвижности и увеличении дальности перевозки, что соответствовало продолжительности вибрирования 45—60 сек, наблюдалось полное расслоение бетонной смеси.

После вибрирования сосуд разбирали и измеряли подвижность бетонной смеси в каждой половине цилиндра.

Расслаиваемость бетонной смеси обусловлена разницей в удельных весах цементного раствора и заполнителей. В качестве крупного заполнителя для экспериментов применяли гранитный щебень, щебень из железистых кварцитов и отвального доменного шлака.

При определении зависимости расслаивания от соотношения заполнителей объем песка принимали последовательно (по весу) 30, 35, 40, 45% к объему заполнителей.

Для приготовления раствора применяли портландцемент Белгородского завода марки 400 и вольский песок, а также гранитный отсев.

Результаты экспериментов по определению степени расслаиваемости бетонной смеси при использовании в качестве заполнителя гранитного щебня размером 5—10 мм (объемный вес 1,35 г/см³) и 5—20 мм (объемный вес 1,38 г/см³) приведены, соответственно в табл. 17 и 18.

Таблица 17

Показатель подвижности бетонной смеси до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Расслаиваемость, бетонной смеси, см
	верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
5	4,5	0,5	4,0
6	5,0	1,5	3,5
7	7,0	2,0	5,0
7	6,0	2,5	3,5
7	8,0	4,5	3,5

Таблица 18

Показатель подвижности бетонной смеси до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Расплаиваемость бетонной смеси, см
	верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
7,5	8,0	1,0	7,0
6,0	6,0	1,5	4,5
7,0	7,5	0,0	7,5
6,5	8,5	1,0	7,5
6,5	7,5	0,5	7,0

График зависимости степени распаиваемости бетонной смеси от крупности щебня приведен на рис. 13.

Результаты экспериментов показали, что с увеличением крупности щебня распаиваемость бетонной смеси возрастает.

Для определения зависимости распаиваемости бетонной смеси от удельного веса крупного заполнителя (размер зерен 5—50 мм) принимали щебень из железистого кварцита (объемный вес 1,75 г/см³, удельный вес 3,66 г/см³), из гранита (объемный вес 1,42 г/см³, удельный вес 2,71 г/см³) и из доменного шлака (объемный вес 1,12 г/см³, удельный вес 2,16 г/см³). Результаты испытаний приведены соответственно в табл. 19, 20 и 21.

Таблица 19

Показатель подвижности бетонной смеси до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Распаиваемость бетонной смеси, см
	верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
5	14	0,0	14
7	13	0,0	13
8	10	0,5	9,5
7	14	1,5	12,5

Таблица 20

Показатель подвижности бетонной смеси до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Распаиваемость бетонной смеси, см
	верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
8,0	8	1,0	7,0
6,0	6	1,5	4,5
7,5	7	0,0	7,0
8,5	9	1,0	8,0

Таблица 21

Показатель подвижности бетонной смеси до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Расслаиваемость бетонной смеси, см
	верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
6	5,0	6,0	1
9	7,0	9,0	-2
8	6,5	7,5	-1

По данным таблиц 19, 20 и 21 построен график, приведенный на рис. 14. Результаты экспериментов показали, что с увеличением разности удельных весов цементно-песчаного раствора и

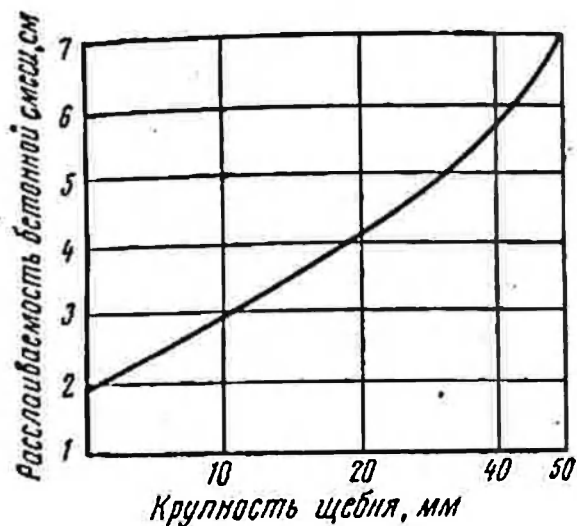


Рис. 13. График зависимости степени расслаиваемости бетонной смеси от крупности щебня

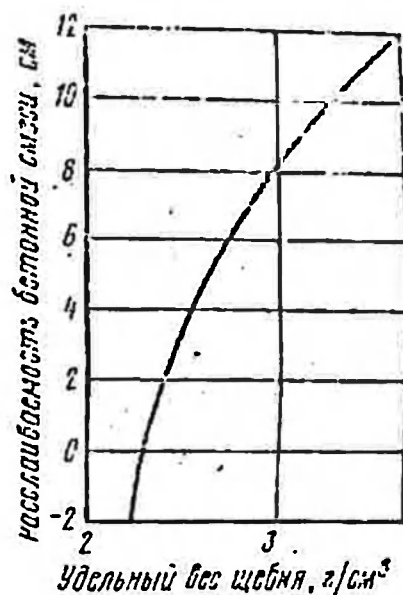


Рис. 14. График зависимости степени расслаиваемости бетонной смеси от удельного веса щебня

крупного заполнителя расслаиваемость бетонной смеси возрастает.

При определении зависимости расслаиваемости бетонной смеси от соотношения инертных заполнителей состав бетонной смеси изменяли путем увеличения доли песка от 30 до 45% (по весу). В качестве крупного заполнителя принимали гранитный щебень крупностью 5—50 мм. Результаты этой серии опытов приведены в табл. 22.

Анализируя данные в табл. 22, нетрудно заметить, что изменение содержания песка практически не оказывает влияния на расслаиваемость бетонной смеси.

Особенно важным фактором, влияющим на расслоение бетонной смеси, является начальный показатель ее подвижности.

Таблица 22

Содержание песка в бетонной смеси, %	Показатель подвижности бетон- ной смеси, до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Расслаиваемость бетонной смеси, см
		верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
30	6	7,5	0,5	7,0
30	7	5,5	0,5	5,5
30	7	5,5	0,0	5,5
35	7	7,0	1,0	6,0
35	6,5	5,5	1,5	5,0
35	5,0	6,0	1,5	4,5
40	7,0	8,5	2,5	6,0
40	7,5	8,5	3,0	5,5
40	8,0	0,5	7,0	6,5
45	8,0	9,5	1,0	8,5
45	7,0	8,5	3,5	5,0
45	6,0	7,0	2,0	5,0

Во взаимосвязи с прочностными характеристиками бетона этот фактор в конечном счете приобретает основное значение при транспортировании смеси в автосамосвалах на определенные расстояния и предопределяет выбор способа доставки бетонной смеси по стволу, исходя из качественных характеристик смеси.

Результаты экспериментов по определению степени расслоения бетонной смеси в зависимости от начального показателя подвижности приведены в табл. 23.

Таблица 23

Показатель подвиж- ности бетонной смеси до вибрации, см	Показатель подвижности бетонной смеси после вибрации, см		Расслаиваемость бетонной смеси, см
	верхняя половина цилиндра	нижняя половина цилиндра	
3,0	2,5	1,0	1,5
4,0	3,5	2,0	1,5
4,5	4,0	2,0	2,0
5,0	6,0	1,5	4,5
6,5	4,5	0,5	4,0
7,0	5,5	1,5	4,0
7,5	8,0	2,0	6,0
8,0	9,6	2,5	7,0
9,0	10	1,5	8,5
9,5	11,5	2,5	9,0
10,0	12,5	2,0	10,5
11,5	12,5	2,5	10,0
12,5	14,0	1,5	12,5
15,5	18,0	1,5	16,5

По данным табл. 23 построен график, приведенный на рис. 15. Для определения прочности расслоенного бетона на сжатие вибрации была подвергнута серия проб бетонной смеси, приготовленной на гранитном щебне круп-

ностью 5—50 мм с $\frac{B}{C} = 0,6$ и начальным показателем подвижности 16 см. Состав бетонной смеси 1,0; 1,6; 3,0, средняя расслаиваемость после вибрации 15,5 см.

Из расслоенной бетонной смеси верхней и нижней частей цилиндра были изготовлены образцы размером 150×150×150 мм. Одновременно была изготовлена контрольная партия образцов из бетонной смеси, не подвергнутой вибрации.

Результаты испытаний этих образцов в 28-суточном возрасте приведены в табл. 24.

Для сравнения были изготовлены образцы из бетонной смеси с начальной подвижностью 10 см, $\frac{B}{C} = 0,56$. Бетонная смесь подвергалась вибрации на вибростоле в течение 30 сек, расслоение составило 7 см. Результаты испытаний образцов в 28-суточном возрасте приведены в табл. 25.

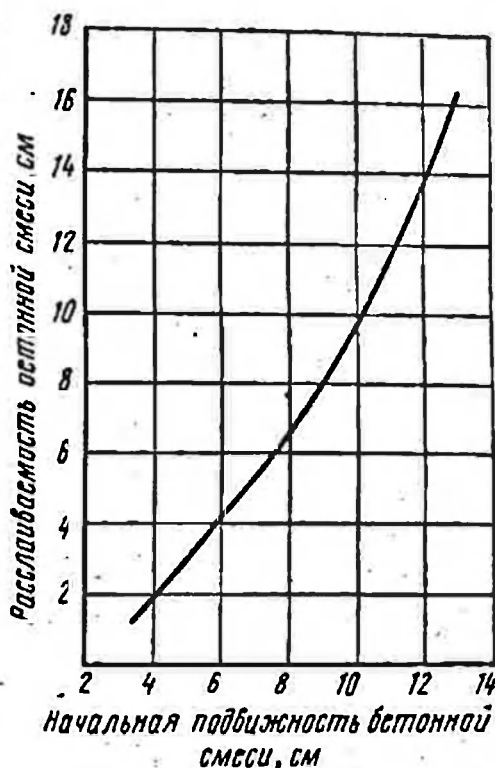


Рис. 15. График зависимости степени расслаиваемости бетонной смеси от ее начальной подвижности

Таблица 24

Образцы	Предел прочности на сжатие, кг/см ²	Средний предел прочности на сжатие, кг/см ²
Из расслоенной бетонной смеси верхней половины цилиндра	144,5 140,6 132,9	139,3
Из расслоенной бетонной смеси нижней половины цилиндра	162,2 177,8 154,5	164,8
Контрольные	185,9 193,9 183,6	191,2

Данные табл. 25 показывают, что расслаивание бетонной смеси примерно до 7 см практически не отражается на прочности бетонных образцов на сжатие.

Таблица 25

Образцы	Предел прочности на сжатие, кг/см ²	Средний предел прочности на сжатие, кг/см ²
Из расклеванной бетонной смеси верхней половины цилиндра	197,2 181,6 164,5	181,1
Из расклеванной бетонной смеси нижней половины цилиндра	197,1 193,2 192,4	194,2
Контрольные	193,6 189,8 195,3	192,9

На основании приведенных лабораторных исследований и наблюдений в промышленных условиях, за состоянием бетонной смеси, доставляемой в автосамосвалах, можно сделать следующие выводы:

1. При транспортировании бетонной смеси в автосамосвалах на расстояние свыше 3 км и при использовании в качестве крупного заполнителя гранитного щебня размеры последнего не должны превышать 25 мм. Увеличение крупности щебня приводит к недопустимой степени расслаиваемости бетонной смеси.

2. Применение щебня из железистого кварцита при транспортировании в автосамосвалах недопустимо.

3. Изменение содержания песка в бетонной смеси, при прочих равных факторах, практически не влияет на ее расслаиваемость.

4. Степень расслаиваемости находится в прямой зависимости от начального показателя подвижности бетонной смеси. Подвижность бетонной смеси, транспортируемой в автосамосвалах, для последующей доставки в ствол по трубам не должна превышать 10 см.

5. Расслаиваемость бетонной смеси до 7 см практически не влияет на прочность бетона.

Учитывая вышесказанное, можно рекомендовать:

1) для доставки бетонной смеси от центрального завода к сооружаемым стволам использовать автобетономешалки, обеспечивающие качественные показатели смеси;

2) автосамосвалы для обеспечения необходимого качества транспортируемой бетонной смеси применять в том случае, когда дальность перевозки не превышает 8—10 км¹ при начальной подвижности смеси не более 10 см.

¹ Для дорог с асфальтовым или бетонным покрытием; при плохих дорогах дальность перевозки должна быть уменьшена до 2—4 км.

3. Приспособления для приемки бетонной смеси

Бетонную смесь, приготовленную на центральном заводе и доставляемую к стволу в автосамосвалах, разгружают в специальные приемные бункера, расположенные в непосредственной близости от ствола.

В настоящее время получили распространение несколько видов приемных бункеров: опрокидные; стационарные, установленные под определенным углом; заглубленные ниже нулевой площадки копра.

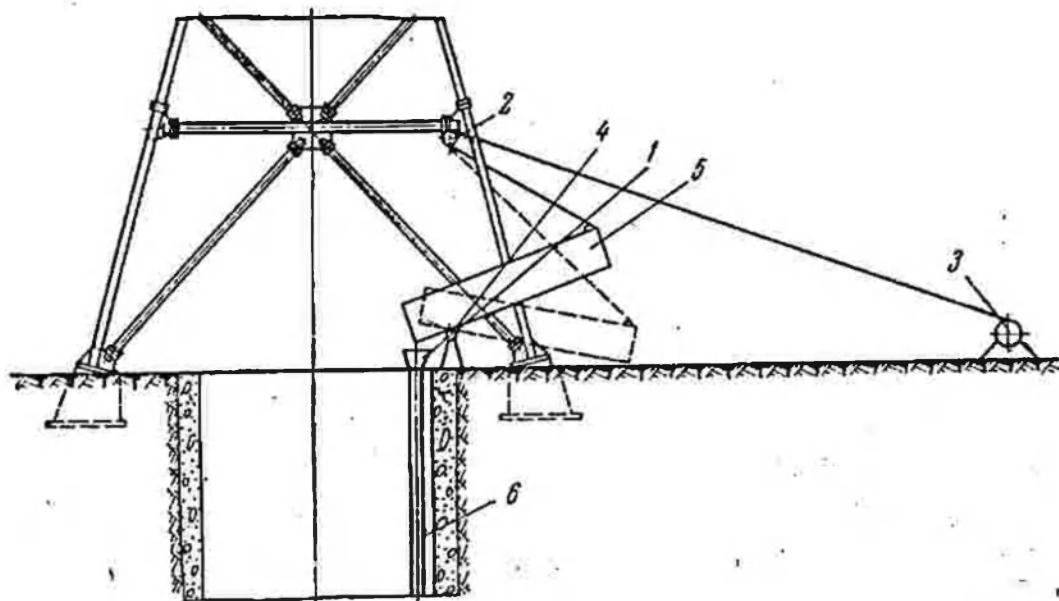


Рис. 16. Опрокидной приемный бункер:

1 — приемная воронка бетонопровода; 2 — блок; 3 — лебедка; 4 — шарнир; 5 — бункер;
6 — бетонопровод

Разгрузку бетонной смеси из автосамосвала производят непосредственно в опрокидной бункер (рис. 16).

Опрокидной бункер разгружается в воронку бетонопровода при помощи каната, проложенного через блок и закрепленного на лебедке, грузоподъемность которой зависит от полезной емкости и веса приемного опрокидного бункера. Обычно принимают лебедку ЛП-5 грузоподъемностью 5 т.

При загрузке бетонной смеси из опрокидного бункера в воронку бетонопровода никаких дополнительных приспособлений не требуется. При разгрузке смеси в бадью необходимо устраивать специальное заглубление для установки бадей или монтировать бункер на такой высоте, чтобы под находящейся в наклонном положении бункер можно было установить платформу с бадьей. В последнем случае устраивают подъездную эстакаду для автосамосвалов.

Опрокидной бункер обслуживают двое рабочих, из которых один управляет лебедкой, а другой ведет контроль за разгрузкой бетонной смеси.

Достоинствами опрокидных бункеров являются простота изготовления и монтажа, возможность изменений угла наклона в необходимых пределах; недостатками — необходимость установки специальной лебедки и простои автосамосвалов во время разгрузки бетонной смеси из бункера и возвращения его в исходное положение.

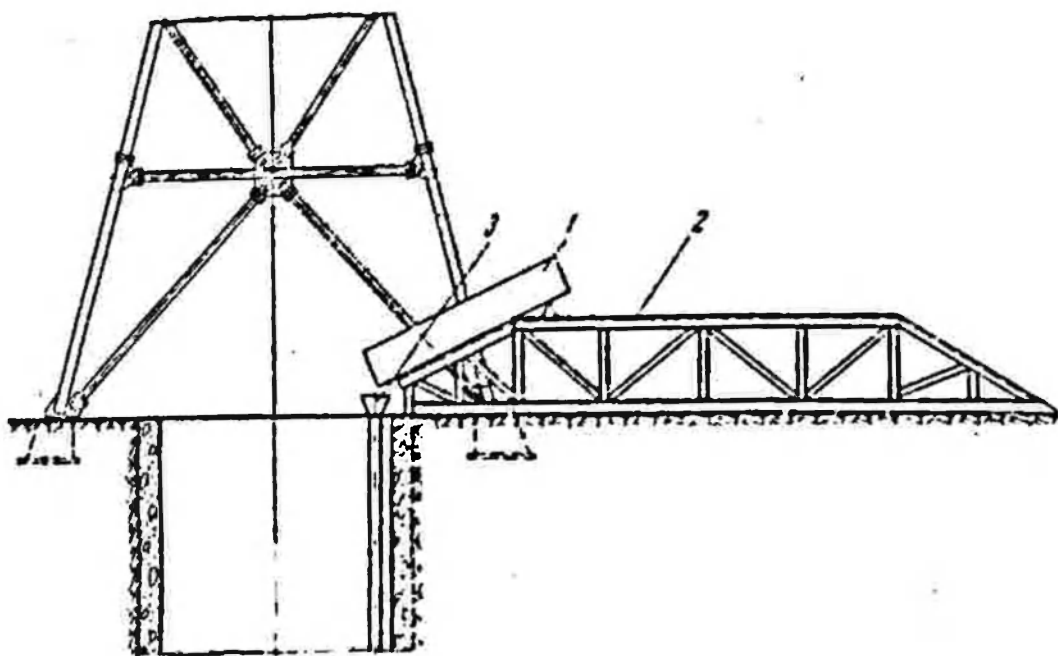


Рис. 17. Стационарный приемный бункер:
1 — бункер; 2 — эстакада; 3 — бетонопровод

Стационарный приемный бункер (рис. 17) монтируют под определенным углом ($30-35^\circ$), обеспечивающим выгрузку из бункера бетонной смеси заданной подвижности без применения дополнительных усилий и механизмов.

Для разгрузки бетонной смеси из автосамосвалов в стационарный бункер необходимо устраивать подъездную эстакаду.

Достоинствами стационарного приемного бункера являются: отсутствие специальной лебедки, возможность непрерывной разгрузки бетонной смеси из автосамосвалов и выгрузки ее из бункера, обслуживание только одним рабочим; основным недостатком — необходимость устройства подъездной эстакады.

При доставке бетонной смеси с показателем подвижности менее предусмотренного или расслоенной смеси возникает необходимость установки вибраторов или применения ручного труда для выгрузки смеси из бункера.

Заглубленный бункер (рис. 18) устраивают под нулевой площадкой копра. По сравнению с рассмотренными видами он мо-

жет иметь значительно большую полезную емкость (6 м³ и более). Для разгрузки в бункер бетонной смеси нет необходимости сооружать подъездную эстакаду, в связи с чем не загромождается промышленная площадка в районе копра.

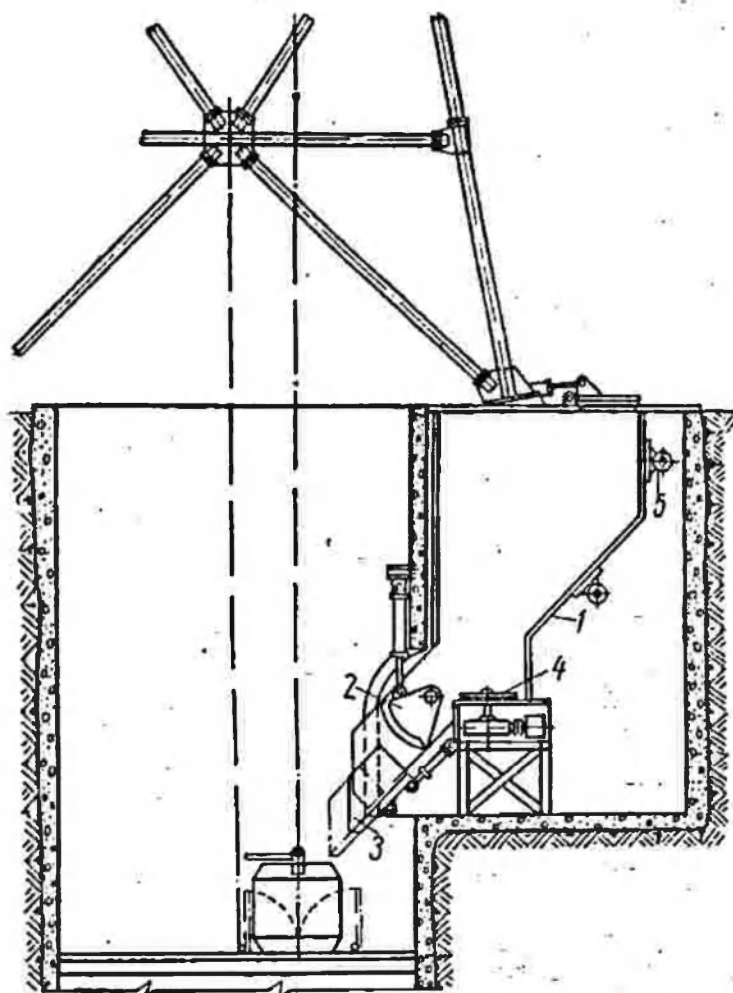


Рис. 18. Заглубленный приемный бункер:
1 — бункер; 2 — секторный затвор; 3 — выдвижная течка;
4 — питатель; 5 — вибратор

Достоинством такого приемного бункера является возможность лучшего утепления его, что положительно влияет на качество бетонной смеси.

Недостатки заглубленного приемного бункера: необходимость сооружения капитального полка ниже нулевой площадки; загромождение ствола под нулевой площадкой, сравнительная сложность монтажа.

Заглубленный приемный бункер обслуживает один человек.

ГЛАВА V

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ В СТОЛ

Бетонную смесь по столу к месту укладки транспортируют по трубопроводу, а также в проходческих бадьях или в специальных контейнерах.

Транспортирование бетонной смеси по трубам имеет определенные преимущества по сравнению с доставкой в бадьях или контейнерах, так как позволяет комплексно механизировать процесс возведения бетонной крепи в столе и значительно сократить трудоемкость вспомогательных операций на поверхности, а также упростить комплекс оборудования на поверхности и на подвесном проходческом полке.

Транспортирование бетонной смеси по трубам в настоящее время получило широкое распространение в отечественной и зарубежной практике сооружения столбов.

1. Транспортирование бетонной смеси по трубам

Способ транспортирования бетонной смеси по трубам применяют довольно давно. В 1930 г. на шахте «Центральная-Боковская» бетонную смесь доставляли в стол по трубам, при этом в трубопроводе с целью предупреждения расслаивания смеси устанавливали специальные площадки.

Известны факты транспортирования бетонной смеси в стол по трубам диаметром 300—400 мм на глубину до 100 м на ряде шахт Кузбасса (1948 г.).

На глубину до 170 м бетонную смесь транспортировали по трубам диаметром 300—400 мм на шахтах «Зиминка» и «Северный Маганак». Скорость возведения бетонной крепи в столах этих шахт достигала 5,8 м в сутки.

В 1956—1957 гг. при сооружении вентиляционного стола шахты «Чайкино-Глубокая» № 1 бетонную смесь доставляли по трубам диаметром 150 мм на глубину 550 м.

В зарубежной практике транспортирование бетонной смеси

по трубам получило широкое распространение с 1947 г., особенно в ЮАР, где применяют трубы диаметром 150—200 мм, а глубина доставки достигает 1500 м.

В СССР транспортирование бетонной смеси по трубам стали широко применять начиная с 1958 г. в Кривбассе, а с 1960 г. и в других бассейнах.

Для доставки бетонной смеси в ствол трубопроводы, как правило, монтируют из стальных труб диаметром 150 мм со стенками толщиной 6—8 мм. Бетонную смесь, доставленную к стволу в автосамосвалах, перегружают в бункер, откуда она поступает в приемную воронку бетонопровода, в конце которого имеется тупиковый гаситель скорости. Бетонопровод подвешивают в стволе на канатах или крепят к стенкам ствола специальными хомутами и тросами.

Бетонопровод, подвешенный на канатах, наращивают с нулевой площадки копра. Верхнюю часть бетонопровода выполняют телескопической из трубы диаметром 150 мм и длиной 6 м, имеющей в верхней части приемную воронку. Эта труба входит в трубопровод диаметром в верхней части 200 мм. При наращивании бетонопровода сначала вынимают трубу с приемной воронкой, затем к нулевой площадке подтягивают на канатах весь трубопровод и сверху производят его наращивание.

Трубы между собой соединяют на болтах с помощью фланцев.

Важнейшим условием, предотвращающим истирание трубопровода, является вертикальная подвеска и точное соблюдение соосности при стыковании отдельных труб.

При подвеске трубопроводов на канатах добиться точной вертикальной прокладки практически невозможно, так как выходя из тупикового гасителя скорости поток бетонной смеси отклоняет весь трубопровод в сторону, противоположную выходу потока смеси.

При тщательном соединении труб в стыках даже при некотором отклонении трубопровода от вертикального положения он может прослужить довольно долго. Так, например, при сооружении ствола шахты им. Ленина (Кривбасс) до глубины подачи бетонной смеси свыше 800 м истирания труб не происходило. Трубопровод до глубины 600 м был подвешен на канатах. По нему было пропущено более 8500 м³ бетонной смеси.

В то же время при сооружении ствола шахты «Восточная» (Кривбасс) по бетонопроводу удалось пропустить только 700 м³ бетонной смеси, после чего он вышел из строя, поскольку были протерты несколько труб. Причиной быстрого износа явились несоблюдение строгой соосности при стыковке труб, приварка фланцев без шаблона и смещение центров отверстий на фланцах.

Аналогичная картина имела место и при сооружении ствола «Южного-Вентиляционного» РУ им. Кирова, где по бетонопроводу было пропущено около 1200 м³ бетонной смеси, после чего его пришлось демонтировать и заменить новым.

Значительно больший срок службы имеют бетонопроводы, прикрепленные к стенке ствола. Следует отметить, что в зарубежной практике подвеска бетонопроводов на канатах лебедок не применяется. Как правило, бетонопроводы там крепят к стенкам ствола с помощью специальных хомутов и анкерных болтов, заделываемых в постоянную крепь.

Вопросам прокладки бетонопроводов зарубежные специалисты уделяют большое внимание. Их прокладывают строго по отвесу, монтируют специальные винтовые приспособления для центрирования каждой трубы, стыковку труб производят очень тщательно, концы труб обрабатывают на строгальных станках. Эти мероприятия позволяют использовать бетонопровод на весь срок сооружения ствола шахты. В ЮАР, например, известны случаи успешной эксплуатации бетонопроводов, проложенных на глубину до 2000 м.

Способ подвески бетонопроводов к стенкам ствола получил широкое распространение и в отечественной практике. Варианты крепления бетонопровода к стенкам ствола показаны на рис. 19. При креплении бетонопровода с помощью полумуфт (рис. 19, а).

к концу трубы 1 приваривают полумуфту 2 с центрировочным винтом 3. При соединении полумуфт на болтах верхние болты заводят в отверстие тяги 4, длина которой регулируется фаркопом 6. Верхний конец тяги крепят к стенке ствола с помощью анкерного болта 5. Контроль за правильностью установки труб осуществляется отвесом 7 и центрировочными марками 8. При независимой подвеске (рис. 19, б) стыковку труб производят с помощью свободно накладываемого хомута 1, который зажимается болтами. К стенке ствола трубы крепят с помощью хомута 2, двух тяг с винтовыми фаркопами 3 и двух анкерных болтов 4, которые заделывают в крепь.

Положение бетонопровода регулируется с помощью винтовых фаркопов 3 и регулировочного винта 5; вертикальность прокладки контролируют по отвесу 7 и визирной планке 6.

Для замены износившейся трубы ее демонтируют с помощью фаркопов. Нарращивание бетонопровода производят снизу (с верхнего этажа подвешенного потолка либо из бадьи).

При доставке бетонной смеси в ствол по трубам основными факторами, определяющими эффективность этого способа, являются проходимость бетонной смеси по трубам и отсутствие расслаиваемости перед укладкой за опалубку.

Ю. З. Заславский, изучая вопросы транспортирования бетонных смесей по трубам, установил следующее:

1. Проходимость бетонной смеси по трубам зависит от показателей ее подвижности. С увеличением этого показателя улучшается проходимость смеси.

2. Проходимость бетонной смеси не зависит от размеров зерен крупного заполнителя и относительного содержания песка. Однако уменьшение размеров щебня и увеличение относительного со-

держания песка в смеси связано с увеличением расхода цемента для получения заданного показателя подвижности, необходимого для прохождения бетонной смеси по трубам.

3. Показатель подвижности бетонной смеси с добавлением 4% хлористого кальция при $\frac{В}{Ц} = 0,55-0,6$ должен составлять не

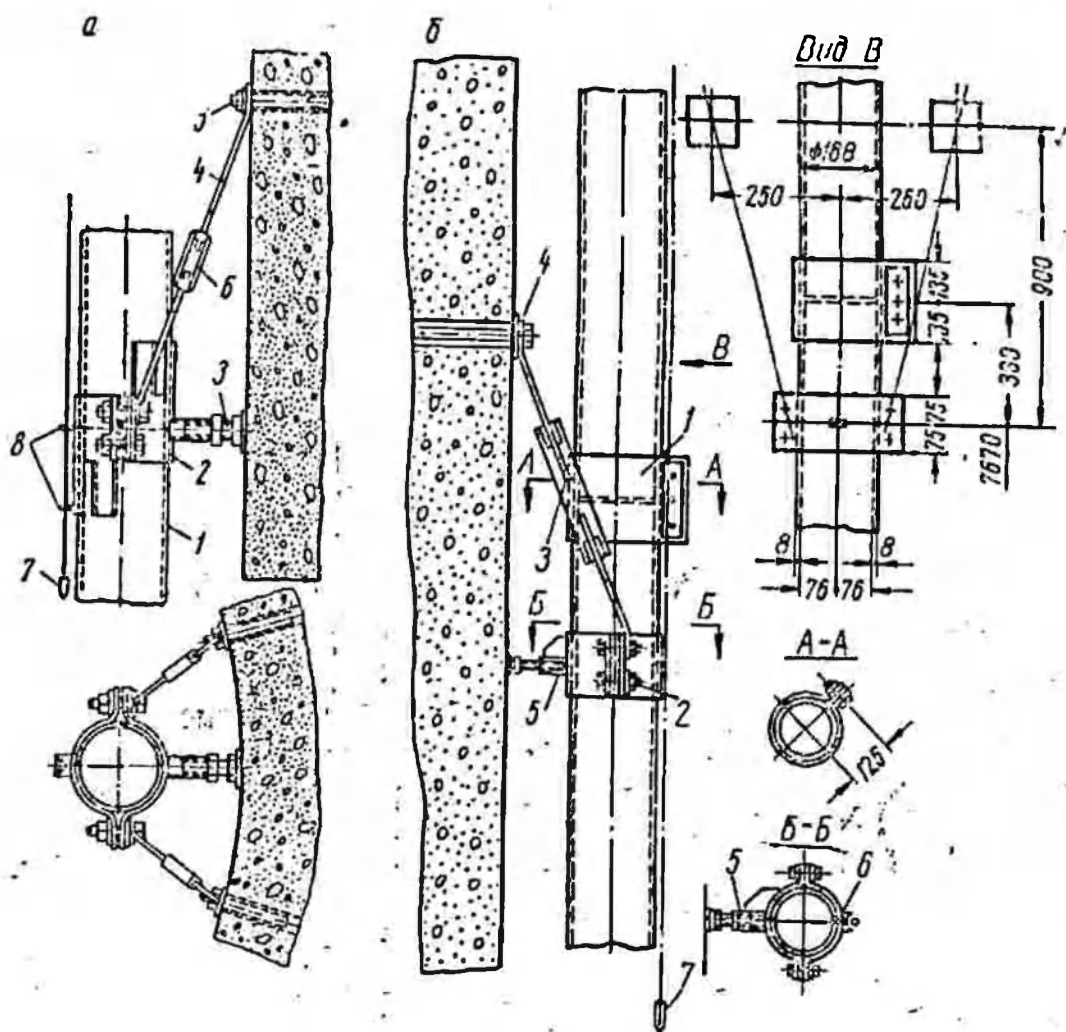


Рис. 19. Крепление бетонопровода к стенкам ствола:
а — с помощью полумуфт; б — независимая подвеска

менее 9—10 см при диаметре труб 150 мм и 11—13 см при диаметре труб 125 мм. Применять трубы диаметром 100 мм для доставки бетонной смеси в ствол не рекомендуется.

Для предотвращения расслаиваемости бетонной смеси, транспортируемой по трубам, Ю. З. Заславский рекомендует:

1) применять более легкий, но достаточно прочный крупный заполнитель из отвалных доменных шлаков;

2) при использовании заполнителя из доменных отвалных шлаков следить за тем, чтобы крупность зерен составляла 40—50 мм, а при гранитном щебне — не более 20 мм;

3) принимать допустимый показатель подвижности бетонной смеси в момент загрузки ее в трубопровод 9—11 см;

4) учитывать, что гаситель на конце бетонопровода не предотвращает расслаивания бетонной смеси, а служит только для снижения скорости смеси при выходе ее из бетонопровода;

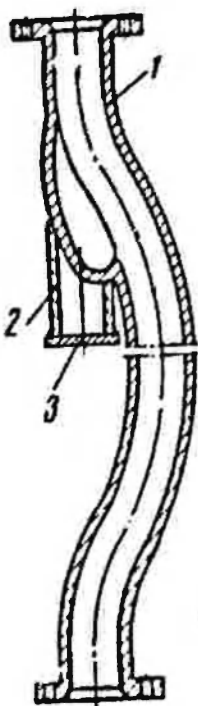


Рис. 20. Гаситель скорости бетонной смеси конструкции ЦНИИПодземмаша

5) помнить, что бетонная смесь с $\frac{B}{C} = 0,55—0,60$ и показателем подвижности 9—11 см, приготовленная на крупном заполнителе с размерами зерен 5—40 мм, при спуске за короткий отрезок времени (4 сек) приобретает постоянную скорость, равную примерно 35 м/сек (до установления постоянной скорости смесь успевает пройти путь, равный 60—100 м);

6) не устанавливать промежуточные гасители скорости по всей длине бетонопровода, поскольку на глубине 60—100 м движение бетонной смеси происходит с постоянной скоростью.

Эти положения имеют важное практическое значение, ибо позволяют упростить конструкцию бетонопроводов и снизить затраты на их монтаж и обслуживание.

Бетонопроводы в отечественной и зарубежной практике оборудуют тупиковыми гасителями скорости. Существуют различные конструкции тупиковых гасителей скорости. Гаситель скорости конструкции ЦНИИПодземмаша (рис. 20) изготовляют из трубы 1 диаметром 150 мм, в которую вваривают тупиковый отросток 2. Оси тупикового отростка и бетонопровода должны совпадать. Гашение скорости бетонной смеси происходит в результате удара струи смеси о днище 3 тупикового отростка.

Гаситель такой конструкции недолговечен, так как днище тупикового отростка быстро пробивается.

При сооружении стволов шахт в Кривбассе с успехом применялись тупиковые гасители конструкции треста Кривбассшахтопроходка (рис. 21 а, б).

Наибольшее распространение получил гаситель скорости, изображенный на рис. 21, а.

На проходках вертикальных стволов в ЮАР применялись оригинальные конструкции тупиковых гасителей (рис. 22).

Гаситель состоит из двух частей — приемной камеры 1 и выпускной камеры 4. Гаситель крепят к нижней трубе бетонопровода при помощи фланцевого соединения 3. В днище гасителя устанавливают стальную плиту 2 толщиной 100 мм, которую меняют по мере износа. Камеры гасителя разделены между собой

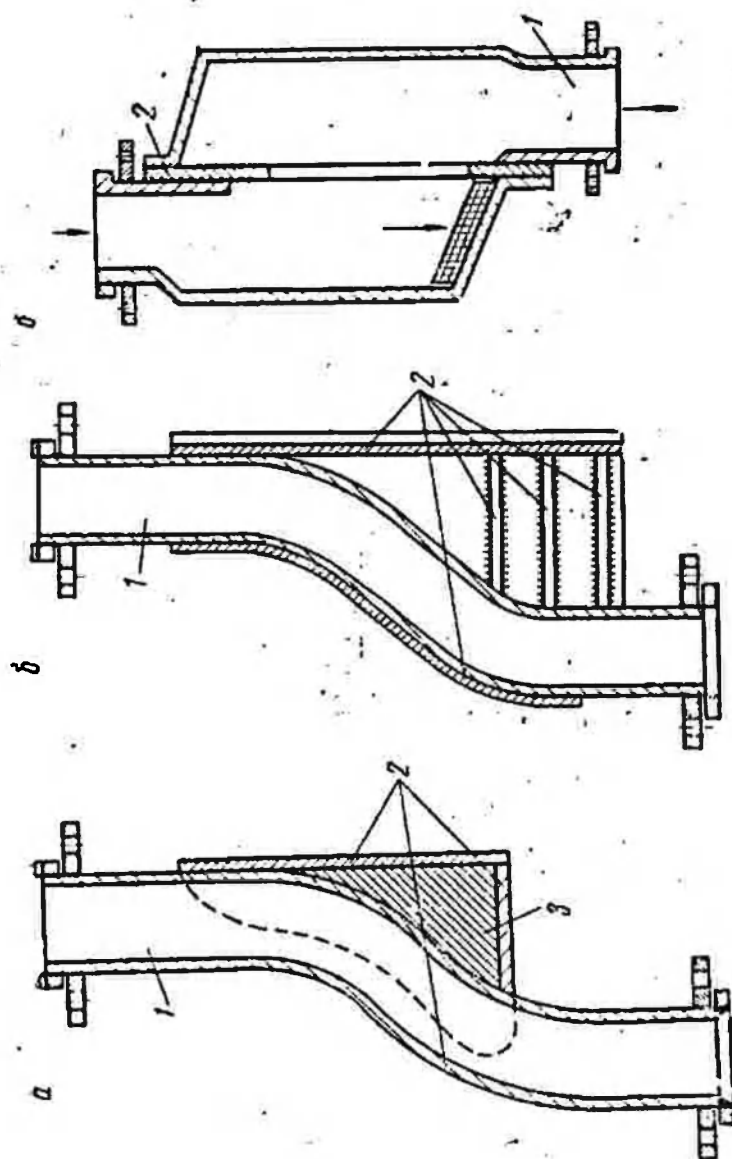


Рис. 21. Гасители скорости конструкции треста Кривбассшахтопроходка:
1 — гаситель; 2 — усиление из стального листа толщиной 20 мм; 3 — упор

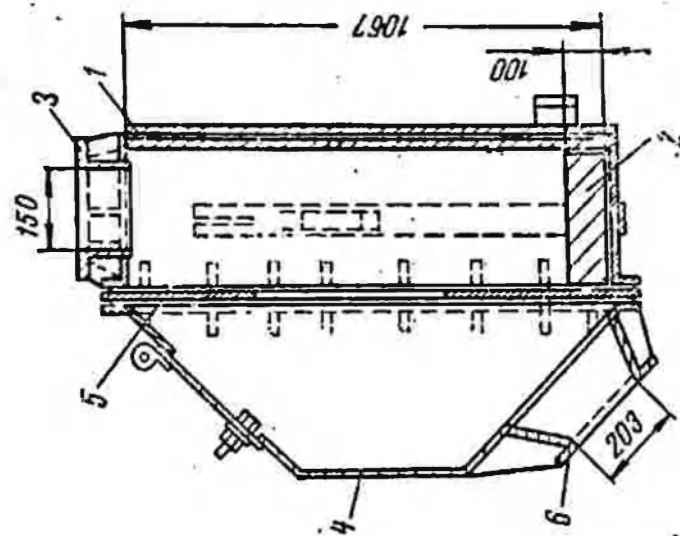


Рис. 22. Гаситель скорости при-
меняющийся при сооружении
стволов в ЮАР

стальной перегородкой 5 с окном, через которое бетонная смесь из приемной камеры поступает в выпускную.

В нижней части выпускной камеры имеется отверстие диаметром 203 мм с фланцем 6, к которому крепится гибкий шланг. По гибкому шлангу бетонная смесь поступает за опалубку.

2. Транспортирование бетонной смеси в бадьях и контейнерах

Бетонные смеси пластичной и жесткой консистенции можно доставлять в ствол в бадьях и в специальных контейнерах, из

которых ее выгружают на верхнем этаже подвешеного проходческого полка. Для механизации работ по разгрузке бетонной смеси, доставляемой в бадьях, на полке монтируют приспособление для опрокидывания бадьи (рис. 23). Корзина 1, предназначенная для опрокидывания бадьи 2, по направляющим 3 перемещается над раструбом 4 и своими выступами заходит в гнезда опорных стоек 5. Стойки являются основными несущими конструкциями при выгрузке бетонной смеси из бадьи и в связи с этим устанавливаются на рамной конструкции верхнего этажа полка. Бадья, опускаясь, садится в корзину и опрокидывается в бункер 6.

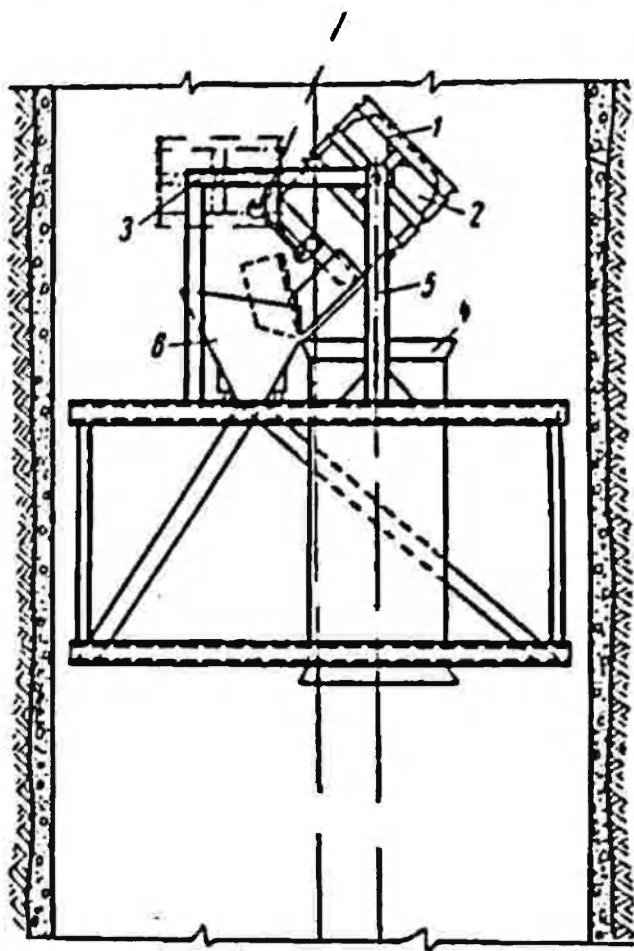


Рис. 23. Приспособление для разгрузки на подвесном полке бетонной смеси, доставляемой в бадьях

Схема работы такого приспособления показана на рис. 24.

В момент разгрузки планка-держатель 3 упирается в опорное кольцо 4 бадьи 2. После разгрузки бетонной смеси бадья приподнимается, устанавливаясь в вертикальном положении, планка-держатель занимает исходное положение и бадья свободно выходит из корзины 1.

Корзина пневмодомкратами передвигается в нерабочее положение, освобождая раструб для прохода бадьи.

Кроме того, разгрузку проходческих бадей производят опро-

кидыванием их при помощи крюка, подвешенного на цепи и зацепляемого за кольцо на днище бадей.

Для доставки бетонной смеси кроме бадей применяют специальные контейнеры.

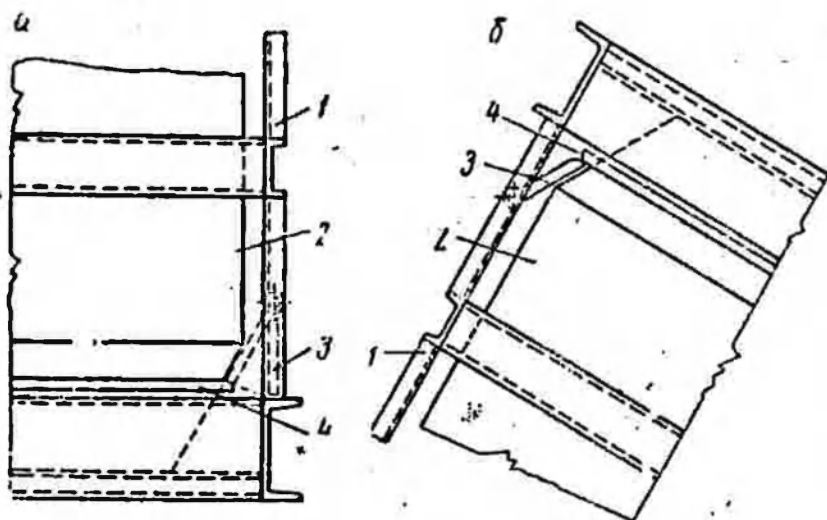


Рис. 24. Схема разгрузки бетонной смеси из бадей:
а — бадья в неопрокинутом положении; б — бадья при разгрузке

Контейнер конструкции ЦНИИподземмаша представляет собой цилиндрическую емкость, внутри которой устроен бункер в виде усеченного конуса с углом наклона стенок 70° и оканчивающийся горловиной квадратного сечения. К стенкам горловины крепятся створки, которые открываются и закрываются при помощи рычажной системы и съемной рукоятки. При неплотно закрытых створках рукоятку с винта снять невозможно. Этим обеспечивается безопасность работы при транспортировании бетонной смеси в контейнере по стволу.

Полезная емкость контейнеров (с недогрузом на 100 мм) составляет 0,9 м³ для КБ-1, 1,5 м³ и 2 м³ соответственно для КБ-1,5 и КБ-2.

Контейнеры с донной разгрузкой не нашли применения в связи с тем, что, с одной стороны, доставка бетонной смеси в таких сосудах небезопасна, а с другой — применение их не обеспечивало значительного увеличения производительности труда по сравнению с доставкой смеси в бадьях.

Более простой и обеспечивающей безопасность работы конструкцией является контейнер, разработанный в тресте Кривбасс-

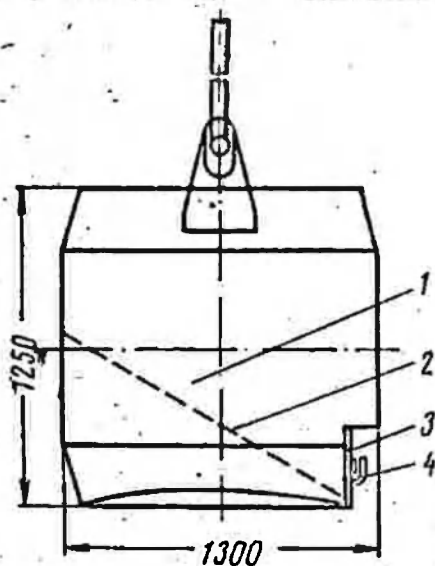


Рис. 25. Контейнер для доставки бетонной смеси конструкции треста Кривбассшахтопроходка

шахтопроходка и применявшийся при сооружении ряда стволов в Кривбассе.

Контейнер (рис. 25) изготовлен из проходческой бадьи 1, внутри которой под углом $35-40^\circ$ приварено днище 2. В нижней боковой части бадьи сделано углубление с окном размером 500×350 мм. К стенке в углублении шарнирно прикреплена дверь 3 с защелкой 4.

Недостатками контейнера конструкции треста Кривбассшахтопроходка являются малая полезная емкость по сравнению с емкостью бадьи, а также возможные затруднения при выгрузке жестких бетонных смесей. В последнем случае к боковой стенке рекомендуется подключать вибратор.

3. Техничко-экономическая оценка средств транспортирования бетонной смеси

При технико-экономической оценке средств транспортирования бетонной смеси необходимо учитывать трудовые и капитальные затраты, а также возможную интенсивность доставки бетонной смеси для обеспечения необходимой скорости возведения крепи.

Пропускная способность бетонопровода по хронометражным наблюдениям составляет около $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ бетонной смеси, колеблясь в незначительных пределах в зависимости от вида приспособления для разводки бетонной смеси за опалубку.

Экономическая эффективность применения трубопроводов для подачи бетонной смеси в ствол по сравнению с доставкой ее в бадьях или контейнерах не вызывает сомнений.

Анализ графиков организации работ на ряде проходок стволов в Кривбассе со скоростью 70 и более метров в месяц (шахты «Гигант-Глубокая», им. Фрунзе, «Новая», «Южная-Вентиляционная») показывает, что на этих стволах время подъема по выдаче породы не превышало 8—10 ч в сутки. На скоростных проходках стволов в Донбассе этот показатель составлял 14—17 ч в сутки. Следовательно, даже при обеспечении скорости проходки 150 м в месяц установка дополнительных подъемных машин является экономически (и технически) неоправданной.

Таким образом, при выборе способа доставки бетонной смеси к месту укладки сравниваться с транспортированием по трубам может лишь вариант использования бадьи-контейнера как сосуда грузоподъемного. Этот вариант оказывается организационно осуществимым при возведении крепи с помощью передвижной опалубки без поддона. В этом случае названная операция не совмещается с другими и грузо-людской подъем можно использовать для доставки бетонной смеси. При использовании же опалубки с поддоном работы по креплению совмещаются с уборкой породы и грузо-людской подъем в это время занят выдачей груза. При

такой схеме проходки ствола целесообразнее транспортировать бетонную смесь по трубам.

Сроки возведения бетонной крепи при доставке смеси в бадье-контейнере в основном зависят от производительности подъемной машины. Часовая производительность подъема определяется по формуле

$$q_{\text{ч}} = \frac{3600V_0}{kT_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (28)$$

где V_0 — полезная емкость сосуда, м^3 ;

$k = 1,1—1,2$ — коэффициент, учитывающий неравномерность работы подъема;

$T_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла подъема, сек.

Продолжительность одного цикла подъема определяется временем, затрачиваемым на равномерное, ускоренное и замедленное движение бадьи-контейнера по стволу, а также на загрузочно-разгрузочные операции:

$$T_{\text{ц}} = 2t_p + 2t_y + 2t_z + t_{z.p}, \text{ сек}, \quad (29)$$

где t_p — время равномерного движения по стволу в один конец;

t_y — время ускоренного движения в начале подъема;

t_z — время замедленного движения в конце подъема;

$t_{z.p}$ — продолжительность загрузочно-разгрузочных операций.

В табл. 26 приведены данные о продолжительности цикла и производительности подъема с бадьями-контейнерами различной емкости в зависимости от высоты подъема при разных максимальных скоростях равномерного движения (продолжительность загрузочно-разгрузочных операций принималась по данным хронометражных наблюдений в зависимости от емкости бадьи):

Данные о средней часовой производительности подъема приведены для некоторых типов двухконцевых подъемных машин, применяющихся при проходке стволов различных глубин и диаметров. Емкость бадьи принята в зависимости от типа подъемной машины и высоты подъема. При определении необходимой продолжительности уборки породы следует учитывать, что этот процесс состоит из двух стадий (фаз). В первой фазе убирается до 70% объема взорванной породы, причем производительность уборки определяется производительностью подъема; во второй фазе убирается до 30% объема породы и производительность уборки составляет 30—40% от производительности подъема.

Зная необходимую продолжительность процесса уборки, можно определить продолжительность всех проходческих операций по выемке породы, включая бурение, зарядание шпуров, взрывание и проветривание забоя.

Разница между полным рабочим временем в месячном балансе (принято 670 рабочих часов при 28 днях проходки) и временем, которое необходимо затратить на проходческие операции;

Таблица 26

Максимальная скорость равномерного движения, м/сек	Емкость бады-контейнера, м³	Продолжительность цикла (сек) и производительность подъема (м³/ч)* при высоте подъема, м						
		100	200	300	400	500	800	1000
3	1,0	335 (9,4)	401 (7,8)	468 (6,7)	585 (5,8)	601 (5,2)	799 (3,9)	933 (3,4)
	1,5	395 (11,9)	461 (10,2)	528 (8,9)	595 (7,9)	661 (7,1)	859 (5,5)	—
	2,0	455 (13,8)	521 (12,0)	588 (10,6)	655 (9,6)	721 (8,7)	—	—
4	1,0	321 (5,8)	371 (8,5)	421 (7,5)	471 (6,7)	521 (6,0)	668 (4,7)	768 (4,1)
	1,5	381 (12,3)	431 (10,9)	481 (9,8)	531 (8,9)	581 (8,1)	728 (6,5)	—
	2,0	441 (14,2)	491 (12,8)	541 (11,6)	591 (10,6)	641 (9,8)	—	—
5	1,0	313 (10,0)	353 (8,9)	393 (8,0)	433 (7,2)	473 (6,6)	590 (5,3)	670 (4,7)
	1,5	373 (12,6)	413 (11,4)	453 (10,4)	493 (9,5)	533 (8,8)	650 (7,2)	—
	2,0	433 (14,5)	473 (13,2)	513 (12,2)	553 (11,3)	593 (10,6)	—	—
6	1,5	—	399 (11,8)	432 (10,9)	465 (10,1)	499 (9,4)	605 (7,7)	—
	2,0	—	459 (13,7)	492 (12,8)	525 (11,9)	559 (11,2)	—	—
	4,5	—	579 (23,3)	612 (22,0)	645 (21,0)	679 (19,9)	778 (17,3)	845 (16,0)
	5,0	—	639 (23,5)	672 (22,3)	705 (21,3)	739 (20,3)	838 (17,9)	905 (16,6)
	—	—	—	—	—	—	—	—
7	1,0	—	331 (9,5)	360 (8,7)	388 (8,0)	417 (7,5)	502 (6,2)	562 (5,6)
	1,5	—	391 (12,0)	420 (11,2)	448 (10,5)	477 (9,8)	562 (8,4)	—
	2,0	—	451 (13,9)	480 (13,0)	508 (12,3)	537 (11,7)	—	—

* Производительность подъема показана в скобках.

составит требуемую продолжительность возведения постоянной крепи при данных скоростях проходки. После этого нетрудно будет определить требуемую производительность укладки бетонной смеси.

Процесс возведения бетонной крепи складывается из подготовительно-заключительных операций, вспомогательных операций и собственно укладки. Продолжительность (за месяц) подготовительно-заключительных и вспомогательных операций опреде-

ляется на основании данных хронометражных наблюдений в зависимости от количества циклов по возведению бетонной крепи, т. е. от заданных скоростей проходки. При рабочей высоте опалубки $h=3$ м затраты времени на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции в одном цикле крепления приняты, на основании данных хронометражных наблюдений, равными 1,22 ч.

Зная общую продолжительность этих операций при различных скоростях проходки, находим время, которое остается на укладку бетонной смеси.

Месячный расход бетонной смеси определяем по формуле

$$S = \frac{k_{\pi} \pi (D + d) \delta v}{2}, \quad (30)$$

где $k_{\pi}=1,3$ — коэффициент перебора породы;

D — диаметр ствола в проходке;

d — диаметр ствола в свету;

δ — толщина крепи;

v — месячная скорость проходки.

По месячному расходу бетонной смеси и общей продолжительности укладки бетона рассчитываем необходимую часовую производительность процесса возведения крепи. Данные по расчету этой величины для различных условий проходки приведены в табл. 27.

На рис. 26, 27 и 28 показаны графики зависимости необходимой производительности укладки бетонной смеси от скорости проходки стволов различных диаметров. При использовании подъемных машин 2БМ-2500 и 2БМ-3000 глубина ствола принималась 500 м, для машин ШПМ-2×3,4×1,7 и НКМЗ-2×4×1,7 и НКМЗ-2×4×1,7 — 800 м.

Отложив значения возможной производительности подъема при соответствующих значениях V_0 на оси ординат графиков рис. 26, 27 и 28, определим скорости, которых можно достичь, используя грузовой подъем для транспортирования бетонной смеси по стволу при различных диаметрах последнего и разных типах подъемных машин. Эти данные приведены в табл. 28.

Таким образом, на основании произведенных расчетов можно сделать следующие выводы.

При проходке ствола со скоростью 50—70 м в месяц бетонную смесь к месту укладки целесообразнее транспортировать в бадьях-контейнерах. Для этой цели необходимо использовать грузо-людской подъем. Монтаж специальной подъемной проходческой машины технически и экономически неоправдан.

Основным и наиболее эффективным способом доставки бетонной смеси по стволу к месту укладки при более высокой скорости проходки является транспортирование по трубам.

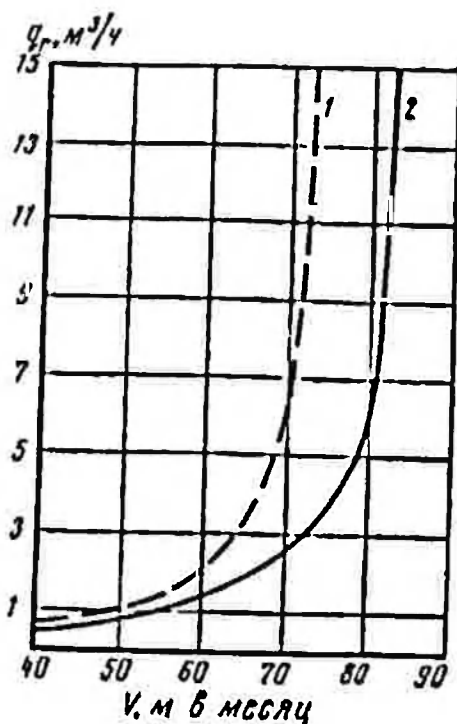


Рис. 26. Графики зависимости необходимой производительности укладки бетонной смеси от скорости проходки ствола диаметром 5 м:

1 — при подъемной машине 2BM-2500; 2 — при подъемной машине 2BM-3000

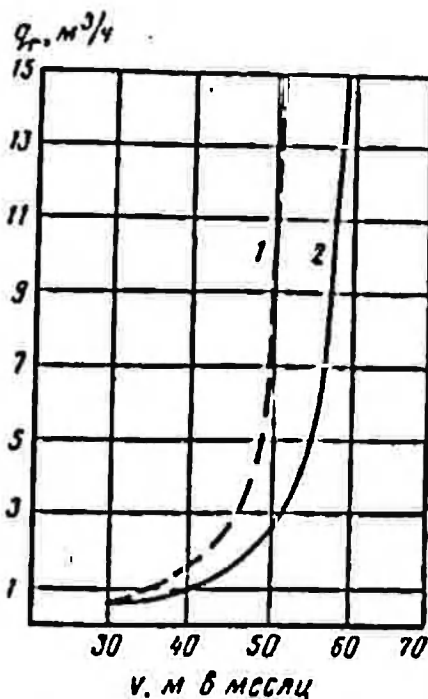


Рис. 27. Графики зависимости необходимой производительности укладки бетонной смеси от скорости проходки ствола диаметром 6 м:

1 — при подъемной машине 2BM-2500; 2 — при подъемной машине 2BM-3000

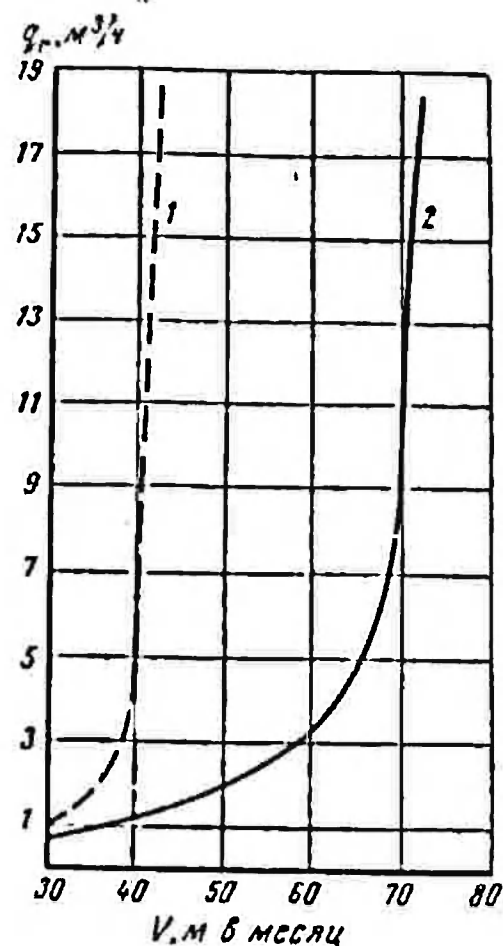


Рис. 28. Графики зависимости необходимой производительности укладки бетонной смеси от скорости проходки ствола диаметром 7,5 м:

1 — при подъемной машине 2BM-3000; 2 — при подъемной машине 2x1x1,8 НКМЗ

Диаметр ствола в проходке, м	Конечная глубина ствола, м	Тип подъемной машины	Месячная скорость проходки, м	Месячный расход бетонной смеси, м³	Необходимая продолжительность уборки породы за месяц, ч	Общая продолжительность проходческих операций за месяц, ч	Потребная продолжительность возведения крепи за месяц, ч	Общая продолжительность подготовительно-заключительных и вспомогательных операций за месяц, ч	Продолжительность укладки бетонной смеси за месяц, ч	Необходимая производительность укладки бетонной смеси, м³/ч
5	500	2BM-2500	40	184	170	310	330	16	314	0,59
			50	230	213	426	244	21	223	1,03
			60	276	256	512	158	25	133	2,08
			70	322	299	598	72	28	44	7,32
			72	331	307	614	56	29	27	12,25
5	500	2BM-3000	40	184	146	292	378	16	362	0,51
			50	230	182	364	306	21	285	0,81
			60	276	219	438	232	25	207	1,33
			70	322	255	510	160	28	132	2,46
			80	368	291	582	88	33	55	6,70
			85	391	310	620	50	34	16	24,15
			90	414	328	656	14	37	—	—
6	500	2BM-2500	30	176	186	372	298	15	283	0,62
			40	235	244	488	182	16	166	1,45
			50	293	306	612	68	21	47	6,22
			52	323	318	636	34	21	13	24,90
6	500	2BM-3000	30	176	159	318	352	12	340	0,52
			40	235	208	416	254	16	238	0,93
			50	293	260	520	150	21	129	2,27
			55	323	287	574	93	22	74	4,35
			60	352	312	624	46	25	21	16,75
7	500*	2BM-3000	30	278	214	428	272	12	230	1,08
			40	330	295	590	80	16	64	5,15
			45	372	321	642	28	18	10	37,20
			30	348	118	236	334	12	322	0,77
			40	330	157	314	356	16	340	0,97
7	800	ШПМ-2X X3,4X1,7	50	413	197	394	276	21	255	1,62
			60	495	236	472	198	25	173	2,86
			70	578	276	552	118	28	90	5,78
			75	620	295	590	80	31	48	12,64
7	800	НКМЗ-2X X4X1,7	30	248	124	248	422	12	410	6,61
			40	330	165	330	340	16	324	1,02
			50	413	206	412	258	21	237	1,75
			60	495	247	494	176	25	151	3,28
			70	578	288	576	94	28	66	8,77
			75	620	309	618	52	31	21	29,50
			80	661	329	658	12	33	—	—

Диаметр ствола в проходке, м	Конечная глубина ствола, м	Тип подъемной машины	Месячная скорость проходки, м, м	Месячный расход бетонной смеси, м³	Необходимая продолжительность уборки породы за месяц, ч	Общая продолжительность проходческих операций за месяц, ч	Потребная продолжительность возведения крепи за месяц, ч	Общая продолжительность подготовительно-заключительных и вспомогательных операций за месяц, ч	Продолжительность укладки бетонной смеси за месяц, ч	Необходимая производительность укладки бетонной смеси, м³/ч
8	500	2БМ-300	30	285	280	460	110	12	98	2,91
			32	304	298	596	74	14	60	5,06
			35	333	327	634	16	16	—	—
8	800	ШПМ-2х х3,4х1,7	30	285	155	310	360	12	348	0,82
			40	380	206	412	258	16	242	1,57
			50	475	258	516	154	21	133	3,57
			60	570	310	620	50	25	25	22,80
			65	618	335	670	—	27	—	—
8	800	НКМЗ-2х х4х1,7	30	285	162	324	346	12	334	0,88
			40	380	215	430	240	16	224	1,70
			50	475	270	540	130	21	109	4,36
			55	523	296	592	78	22	56	9,35
			57	542	307	614	56	23	33	16,40

* В этом стволе и последующих толщина крепи 300 мм, в вышеуказанных стволах — 250 мм.

Таблица 28

Диаметр ствола в проходке, м	Конечная глубина ствола, м	Емкость бады, м³	Тип подъемной машины	Возможная производительность подъема, м³/ч	Возможная скорость проходки за месяц, м
5	500	1,5	2БМ-2500	9,4	71,5
		2,0	2БМ-3000	11,2	82,0
6	500	1,5	2БМ-2500	9,4	51,0
		2,0	2БМ-3000	11,2	61,5
7	500	2,0	2БМ-3000	11,2	41,5
	800	4,5	НКМЗ-2х4х1,7	17,3	72,0
		5,0	ШПМ-2х3,4х1,7	17,9	76,5
8	500	2,0	2БМ-3000	11,2	34,5
	800	4,5	НКМЗ-2х4х1,7	17,3	57,5
		5,0	ШПМ-2х3,4х1,7	17,9	59,5

ГЛАВА VI

МЕХАНИЗАЦИЯ УКЛАДКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ ЗА ОПАЛУБКУ

Укладка бетонной смеси за опалубку вручную является наиболее трудоемкой операцией в процессе возведения постоянной крепи и занимает 35—40% от общей продолжительности процесса крепления.

В результате создания и широкого внедрения передвижных металлических опалубок различных конструкций, позволивших исключить такие трудоемкие операции, как установка и разборка деревянных и инвентарных металлических опалубок, возникла необходимость механизировать процесс укладки бетонной смеси.

При положительном решении этого вопроса создавались предпосылки для комплексной механизации всего процесса возведения бетонной крепи, что, в свою очередь, предопределяло перспективность применения этого вида крепи в стволах шахт.

Применяемые в отечественной шахтостроительной практике несколько видов приспособлений для механизированной укладки бетонной смеси за опалубку, позволили практически исключить ручной труд при выполнении этой операции.

В настоящее время продолжительность укладки бетонной смеси за опалубку, по данным хронометражных наблюдений, в стволах шахт Кривбасса и Рудного Алтая составляет 17—19% от общего времени, затрачиваемого на возведение постоянной крепи. Производительность труда проходчиков-крепыльщиков при выполнении этой операции возросла в 2,8—3 раза.

Конструкции приспособлений для механизированной укладки бетонной смеси зависят от способа ее транспортирования по стволу и местоположения передвижной опалубки в стволе.

1. Приспособления для укладки бетонной смеси за полковые опалубки

Конструкция приспособлений для механизированной укладки бетонной смеси за полковые опалубки определяется способом транспортирования бетонной смеси.

При транспортировании бетонной смеси в бадьях и контейнерах применяют приспособления, стационарно монтируемые на подвесном проходческом полке.

Бетонную смесь из бадьи (контейнера) разгружают на верхнем этаже подвесного полка (рис. 29). В центре или в другом свободном месте этого этажа устанавливают приемный бункер 1, к которому шарнирно крепят откидной поворотный желоб 2, оборудованный вибратором.

При разгрузке бетонной смеси желоб перекрывает раструб для прохода бадьи, обеспечивая безопасность работ. После разгрузки желоб с помощью пневматической лебедки 3 поднимается, обеспечивая свободный проход контейнера или бадьи через раструб полка. Для двух смежных раструбов используют один желоб. При доставке бетонной смеси в бадьях на верхнем этаже подвесного полка устанавливают металлическую стойку 4 с блоком 5, которые служат опорой при опрокидывании бадьи. На стойке монтируют металлический зонт 6, предназначенный для предохранения работающих на верхнем этаже полка проходчиков. Бадью разгружают с помощью крюка с тросом или цепью, прикрепляемому к заделанному в породу анкеру или к временной крепи.

Перед разгрузкой бадьи желоб опускают на раструб. После этого отцепляют трос 7, с помощью которого опускается виброжелоб, крюк троса зацепляют за кольцо бадьи и опрокидывают ее. Бетонная смесь по виброжелобу разгружается в приемный бункер, откуда по поворотному рештаку поступает за опалубку.

Более простыми приспособлениями для разводки бетонной смеси являются конструкции, состоящие из трех-четырех наклонных желобов, монтируемых между этажами подвесного полка.

Такие приспособления бывают нескольких видов.

При доставке бетонной смеси в бадьях (см. рис. 23) смесь поступает в приемный бункер, а оттуда по трем-четырем наклонным желобам непосредственно за передвижную опалубку (если крепь возводят с полка) или к гибким бетонопроводам (при использовании призабойной опалубки).

При параллельном ведении работ по возведению бетонной крепи с применением передвижной металлической опалубки, монтируемой в непосредственной близости к подвесному полку, на шахте им. Ленина (Кривбасс) применялась несколько иная конструкция приспособления для разводки бетонной смеси (рис. 30).

Бетонная смесь транспортировалась к месту укладки по трубам и, выходя из гасителя скорости 1, попадала в трубу 2, при-

крепленную к гасителю с помощью специальной качающейся воронки (рис. 31), представляющей собой шарнир, который позволяет трубе отклоняться в любую сторону. С верхнего на нижний этаж полка проходили четыре наклонные трубы 4 с приемными воронками 3.

С помощью качающейся воронки бетонная смесь из бетонопровода попадала в любую из четырех наклонных труб бетоноразводящего при-

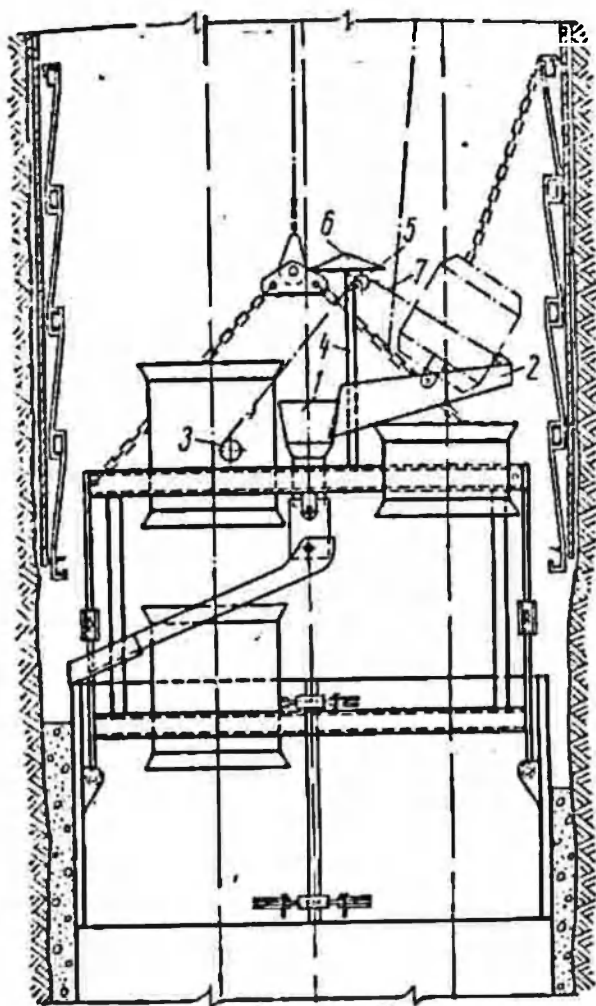


Рис. 29. Приспособление для укладки за полковую опалубку бетонной смеси, доставляемой в бадьях

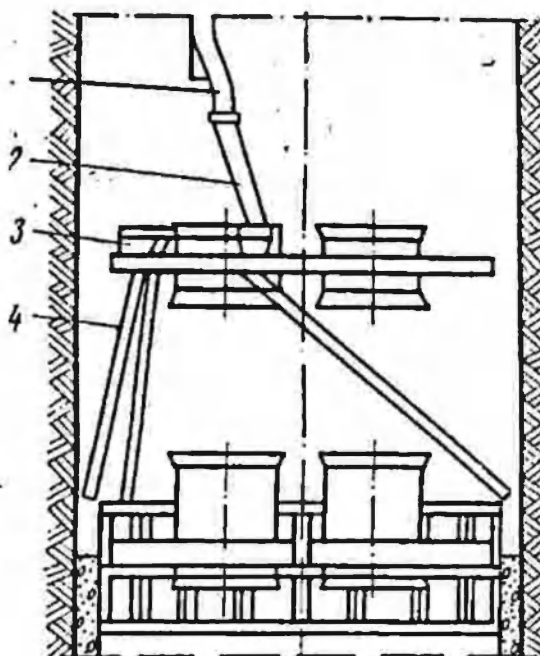


Рис. 30. Приспособление для укладки бетонной смеси за опалубку на подвесном полке

способления, по которой поступала за передвижную опалубку, прикрепленную к проходческому полку.

Большое распространение получила конструкция бетоноразводящего приспособления (рис. 32), применяемого при креплении стволов шахт «Южная-Вентиляционная» и «Восточная» (Кривбасс).

Бетонная смесь из бетонопровода поступала в приемную распределительную воронку, установленную в центре верхнего этажа подвесного полка. В воронку были вварены 3—4 патрубка, на которые надевались трубы, разводящие бетонную смесь за опалубку, прикрепленную к нижнему этажу подвесного полка. В приемную распределительную воронку вставлялся полый цилиндр с наклонным дном и вырезом в боковой стенке, открывающий

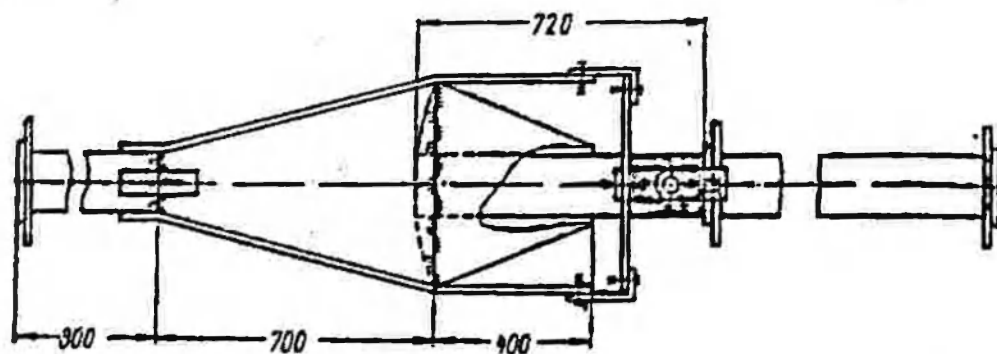


Рис. 31. Капающая воронка

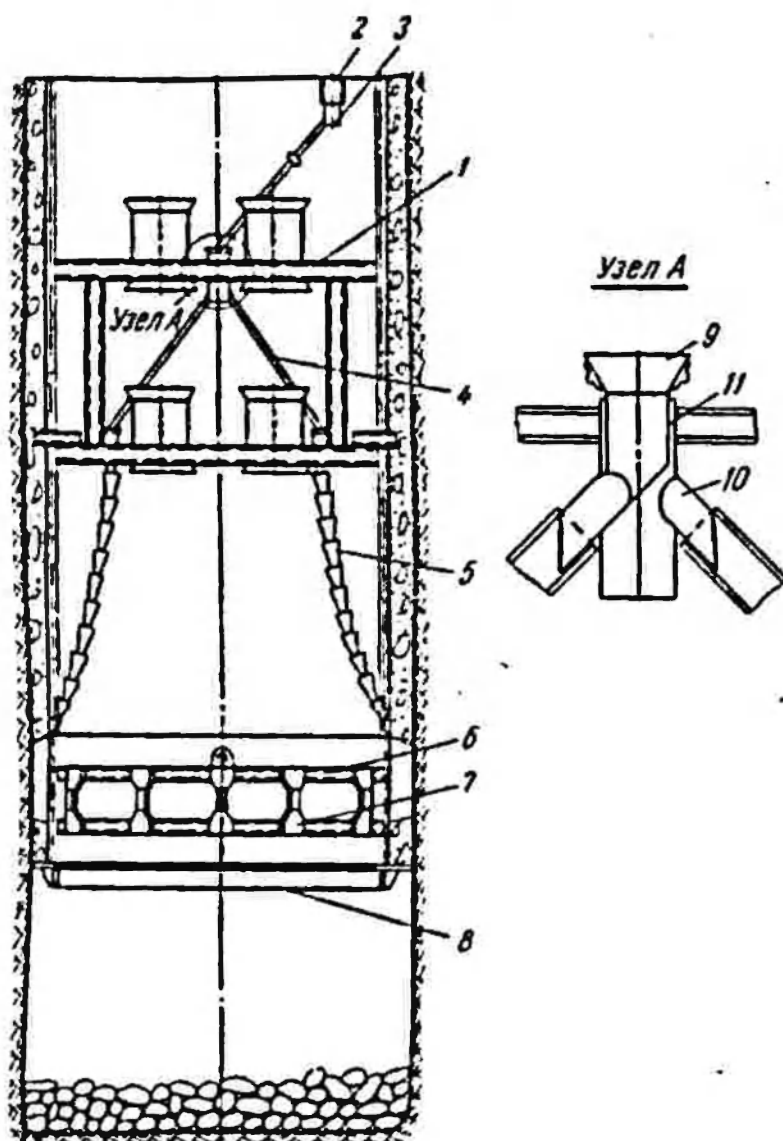


Рис. 32. Схема укладки бетонной смеси за передвижную опалубку:

1 — подвесной ползок; 2 — бетонопровод; 3 — гаситель скорости; 4 — система разводки бетонной смеси на подвесном ползке; 5 — гибкий шланг для подачи бетонной смеси за опалубку; 6 — опалубка; 7 — каркас жесткости опалубки; 8 — опорный поддон; 9 — поворотная воронка; 10 — патрубок; 11 — центральная воронка

доступ бетонной смеси к одной из труб и перекрывающий остальные. Поворачивая этот цилиндр и совмещая отверстие в нем с отверстием патрубка в приемной воронке, можно было регулировать поступление бетонной смеси в любую трубу бетоноразводящего устройства.

Бетоноразводящее устройство, показанное на рис. 32, может быть рекомендовано для стволов диаметром 4,5—7,5 м. Основным недостатком этого устройства является необходимость извлечения из приемной воронки цилиндра перед бурением для пропуска центрального отвеса.

Приемные воронки устройства для разводки бетонной смеси (см. рис. 31) загромождают верхний этаж подвешенного полка. Такие устройства рекомендуется применять в стволах диаметром не менее 6 м.

2. Приспособления для укладки бетонной смеси за призабойные опалубки

Приспособления для укладки бетонной смеси за призабойные передвижные опалубки подразделяются на центральные и периферийные.

Центральное бетоноразводящее устройство (рис. 33) состоит из двух телескопически выдвигаемых цельнотянутых труб длиной 12 м и диаметрами 150 и 200 мм. Труба меньшего диаметра закрепляется в центральной части подвешенного полка. Над ней устанавливается приемная воронка. Труба диаметром 200 мм по мере углубления забоя ствола выдвигается. К ней при помощи поворотного фланца крепится желоб, перемещаемый по контуру опалубки в требуемое место.

При полном выдвижении трубы диаметром 200 мм длина устройства составляет 23,5 м, в связи с чем перемещение подвешенного проходческого полка и наращивание всех выше расположенных трубопроводов (сжатого воздуха, воды, бетонной смеси, вентиляции) необходимо производить через каждые 10—12 м с учетом угла наклона поворотного желоба и двух-трехметрового незакрепленного участка, так как минимальное расстояние подвешенного оборудования от забоя ствола по условиям безопасности при ведении взрывных работ должно быть 12—15 м.

Поскольку эти операции весьма трудоемки и требуют прекращения работ по сооружению ствола, выдвижную трубу обычно наращивают до 24—36 м. Такое мероприятие позволяет перемещать полки и наращивать трубопроводы соответственно через 20—30 м.

Центральные бетоноразводящие устройства довольно просты в изготовлении и эксплуатации, не требуют дополнительных приспособлений на подвешенном полке. Однако они усложняют маневры подъемных сосудов от забоя ствола до подвешенного полка. При перемещении поворотного желоба возникает необходимость при-

останавливать уборку породы, так как при этом затруднительно производить прием и отправку бадей и работать пневмогрузчиками, особенно в стволах диаметров до 5,0—5,5 м.

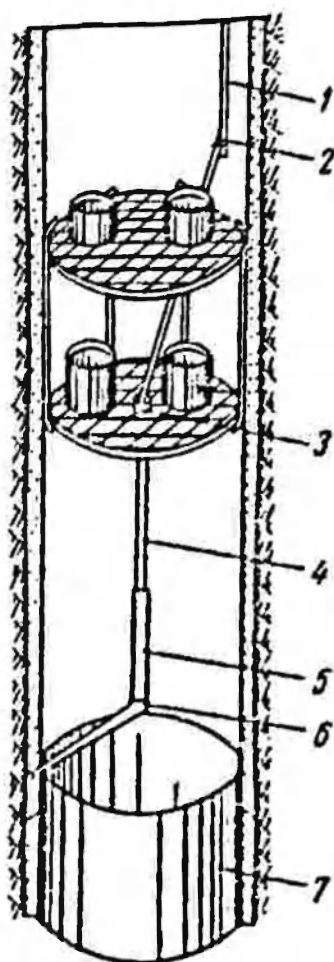


Рис. 33. Центральное бетоноразводящее устройство:

1 — бетонопровод; 2 — гаситель скорости; 3 — приемная воронка; 4 — труба диаметром 150 мм; 5 — труба диаметром 200 мм; 6 — поворотный рештак; 7 — призабойная опалубка

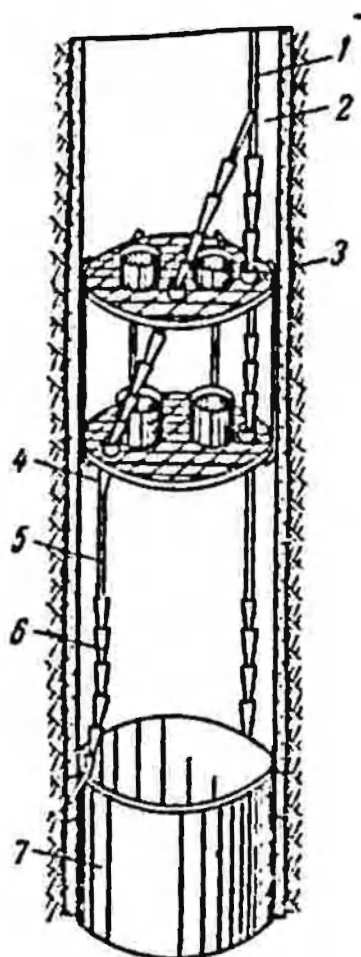


Рис. 34. Периферийное бетоноразводящее устройство:

1 — бетонопровод; 2 — разветвленный гаситель скорости; 3 — приемные воронки; 4 — качающаяся воронка; 5 — цельпотянутая труба диаметром 150 мм и длиной 12 м; 6 — гибкий став из усеченных конических труб; 7 — передвижная опалубка

Периферийные бетоноразводящие устройства (рис. 34) состоят из приспособлений для разводки бетонной смеси, монтируемых на подвесном полке, и гибких ставов, расположенных ниже полка.

Конструкция приспособления для разводки бетонной смеси на подвесном полке аналогична бетоноразводящему приспособлению, предназначенному для обслуживания полковой опалубки.

Бетонная смесь из наклонных желобов, расположенных между этажами подвесного полка, поступает в приемные воронки, находящиеся на нижнем этаже полка, откуда попадает в гибкие ставы.

Первоначально периферийное бетоноразводящее приспособление монтировали с тремя-четырьмя гибкими ставами. Однако проведенные наблюдения показали, что бетонную смесь можно уложить за опалубку в стволах диаметром до 8 м при помощи двух гибких ставов, так как даже при наличии большего их количества, основной объем бетонной смеси подается за опалубку только по двум ставам.

Результаты наблюдений за работой периферийных бетоноразводящих устройств приведены в табл. 29.

Таблица 29

Шахта	Диаметр ствола в свету, м	Количество гибких ставов	Объем бетонной смеси, м ³ (%), подаваемой по ставу			
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
«Вентиляционная» № 1, РУ им. Кирова	6,5	3	53 (48,6)	47 (43,1)	9 (8,3)	—
Им. Артема, РУ им Кирова	7,5	4	74 (39,8)	90 (48,4)	14 (7,5)	8 (4,3)

Использование в бетоноразводящем устройстве только двух гибких ставов существенно упрощает его конструкцию, снижает металлоемкость, улучшает условия эксплуатации. В этом случае отпадает необходимость монтировать специальное приспособление для разводки бетонной смеси на подвесном полке.

Смесь поступает в разветвленный тупиковый гаситель скорости, от которого отходят две наклонные трубы, расположенные в районе подвесного полка, и попадает в гибкие ставы, а из них — за опалубку.

Регулирование направления потока бетонной смеси в каждый из ставов производится с помощью поворотного клапана, вмонтированного в тупиковый гаситель скорости перед его разветвлением. Установка клапана в нужное положение производится дистанционно с подвесного полка при помощи рычажной системы.

Применяют различные конструкции гибких ставов. Широкое распространение получили гибкие ставы, монтируемые из усеченных конических труб.

Коническую трубу (рис. 35) изготавливают из листовой стали толщиной 3 мм. Диаметры оснований трубы 150 и 200 мм, а длина 1 м. При монтаже става конические трубы входят друг в друга на 200—250 мм и крепятся при помощи двух крючьев на одной трубе и соответственно двух проушин на другой.

Для предупреждения возможных обрывов при работе с гибким ставом конические трубы соединяют между собой предохранительным тросом, верхний конец которого укрепляют на подвесном полке. Такой став удобен в эксплуатации, имеет небольшой вес, легко монтируется и демонтируется.

При работе бетоноразводящих устройств с периферийными гибкими ставами, собранными из конических труб, было замечено, что участки ставов длиной 14—15 м, расположенные непосредственно под подвесным полком, целесообразно заменять цельнотянутой трубой соответствующей длины. Это объясняется тем, что

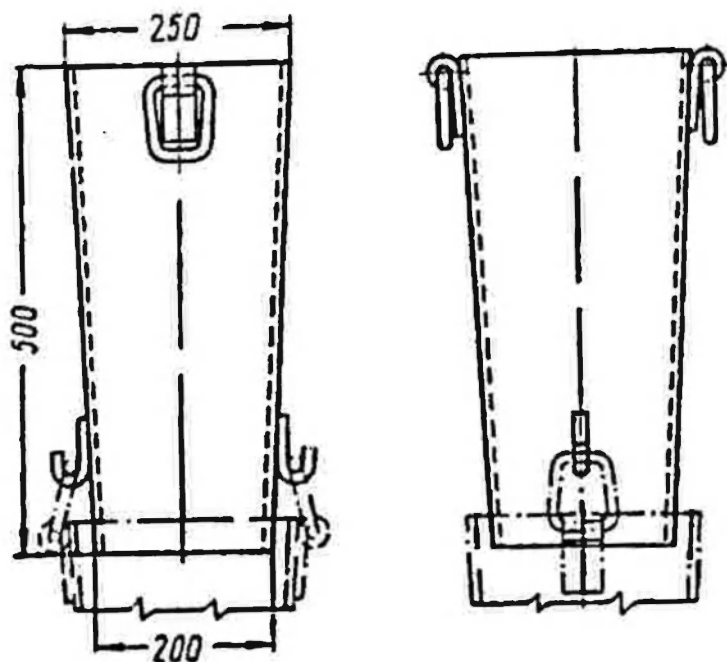


Рис. 35. Усеченная кошачья труба

при перемещении полка по величине новой заходки расположенные под ним гибкие ставы на участке длиной 14—15 м не демонтируют и длительное время не проверяют, в результате чего трубы на этих участках во время эксплуатации периодически выходят из строя.

В связи с этим стали применять ставы, выполняемые из цельнотянутой трубы длиной 12 м, к которой присоединяют участок конических труб необходимой длины.

Цельнотянутую трубу закрепляют на нижнем этаже подвесного полка с помощью качающейся воронки или специальной выпуклой опорной пяты, обеспечивающей возможность отклонять трубу от вертикального положения.

Такая конструкция става более надежна в эксплуатации и долговечна, однако ставы получаются более тяжелыми и менее гибкими.

Для равномерной укладки бетонной смеси за опалубку гибкие ставы необходимо отклонять от нормали. Установлено, что в стволах диаметром до 7,5 м в свету при наличии двух гибких ставов отклонение их в необходимое положение требует удлинения става до 50 см. В связи с этим в процессе работы гибкий став необходимо, по меньшей мере, два раза наращивать и укорачивать. Наличие в комплекте конических труб различной длины не-

желательно, кроме того, наращивание и снятие их во время укладки бетонной смеси приводит к непроизводительным затратам труда и времени. Практически гибкий став наращивают трубой стандартной длины, что влечет за собой искривление става, быстрый износ конических труб, увеличивает вероятность образования пробок.

Чаще подачу бетонной смеси производят не наращивая став, в результате чего имеют место потери бетонной смеси из-за неполного попадания ее за опалубку.

Эти недостатки можно устранить, применяя в качестве гибких ставов телескопические устройства, аналогичные центральным бетоноразводящим (рис. 36). Однако периферийные ставы такой конструкции весьма металлоемки и громоздки.

3. Трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящих устройств

Основным из факторов, определяющих рациональность применения бетоноразводящих устройств той или иной конструкции, являются затраты труда на их обслуживание. При обслуживании центральных бетоноразводящих устройств выполняют следующие операции: выдвижение телескопической трубы перед укладкой бетонной смеси, прикрепление поворотного желоба, перемещение желоба в нужные места во время укладки бетонной смеси, снятие желоба, подъем устройства перед взрывом. Кроме того, через каждые 9—12 м (3—4 перемещения опалубки) наращивают выдвижную трубу, а после проходки ствола на 30—35 м — демонтируют ее.

Результаты пооперационных хронометражных наблюдений, проведенных в стволах шахт «Южная-Вентиляционная» и им. Коминтерна (Кривбасс); приведены в табл. 30.

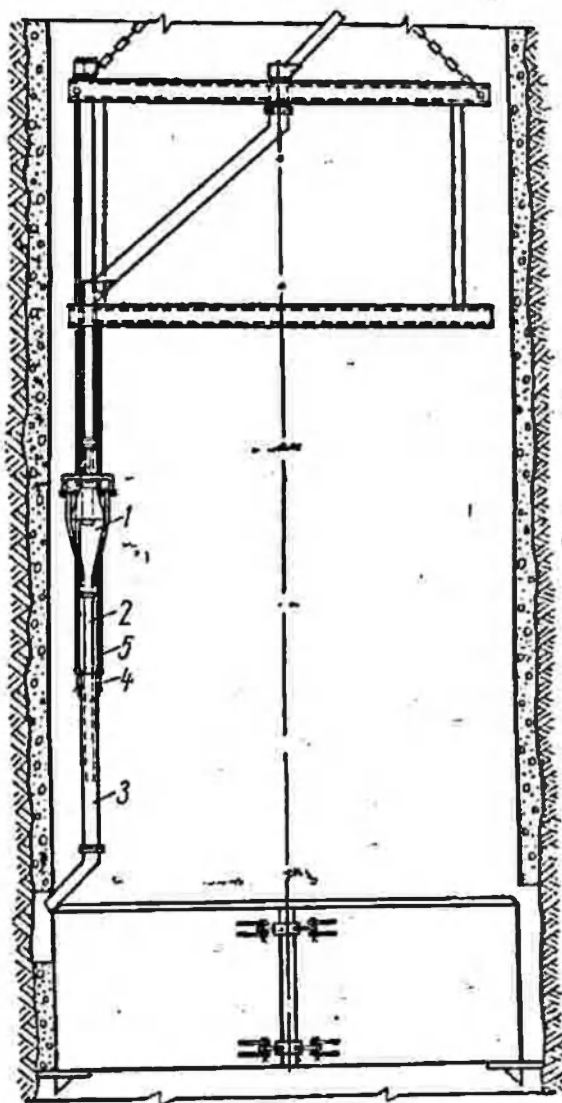


Рис. 36. Телескопическое устройство для разводки бетонной смеси:

1 — качающаяся воронка; 2 — труба диаметром 150 мм; 3 — труба диаметром 200 мм; 4 — хомут; 5 — канат

Таблица 30

Операция	Количество рабочих, занятых на выполнении операции	Общая продолжительность выполнения операции, мин	Фактические трудовые затраты на цикл бетонирования, чел-мин
Выдвижение телескопической трубы	2	48	6
Прикрепление поворотного желоба	2	96	12
Перемещение поворотного желоба	1	288	18
Снятие поворотного желоба	2	61	8
Подъем устройства	2	48	6
Нарращивание выдвижной трубы	2	125	17
Демонтаж выдвижной трубы	2	90	12

Указанные операции не совмещаются с проходческими работами и полностью влияют на продолжительность проходческого цикла.

При обслуживании периферийных бетоноразводящих устройств выполняют следующие операции: навеску конических труб, наращивание предохранительного троса, перемещение гибких ставов по контуру опалубки, демонтаж конических труб через каждые 25—30 м. Кроме того, в зависимости от вида приспособления для разбодки бетонной смеси на подвесном полке производят еще повороты специального цилиндра в приемной воронке для направления потока бетонной смеси в один из гибких ставов (при трех-четырех ставах) или поворот клапана в разветвленном тупиковом гасителе скорости (при двух ставах).

Хронометражные наблюдения, проведенные в стволе шахты «Вентиляционная» № 1 РУ им. Кирова, где были смонтированы три периферийных гибких става (высота опалубки 2,5 м), и в стволе шахты «Вентиляционная» № 3 с двумя периферийными ставами (высота опалубки 4 м) показали, что фактические трудовые затраты по обслуживанию бетоноразводящих устройств в цикле бетонирования составляют: в первом случае — 154 чел-мин и во втором — 146 чел-мин.

Таким образом, наименьшие трудовые затраты имеют место при обслуживании центрального бетоноразводящего устройства. При использовании такого устройства практически ни одна операция не совмещается с укладкой бетонной смеси.

При использовании периферийного бетоноразводящего устройства с тремя-четырьмя гибкими ставами перемещение последних по контуру опалубки совмещается с укладкой смеси, а при двух гибких ставах — совмещается и операция по регулированию направления потока бетонной смеси в один из ставов.

Хронометражные наблюдения, проведенные в Кривбассе, показали, что суммарная продолжительность операций, не совме-

шенных с укладкой бетонной смеси, составляет 71 мин при периферийном бетоноразводящем устройстве с двумя гибкими ставами, 41 мин — с тремя ставами и 48 мин — при центральном бетоноразводящем устройстве.

Определим затраты труда на обслуживание бетоноразводящих устройств, отнесенные к 1 м ствола.

Обозначим:

V — месячное подвигание забоя ствола, м;

h — высота передвижной опалубки, м;

n — количество перестановок опалубки в месяц:

$$n = \frac{V}{h}; \quad (31)$$

m_p — трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящего устройства за 1 цикл бетонирования;

M_p — трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящего устройства в течение месяца, чел-мин:

$$M_p = nm_p, \quad (32)$$

m'_p — трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящего устройства, отнесенные к 1 м ствола,

$$m'_p = \frac{nm_p}{V}. \quad (33)$$

Трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящих устройств различных конструкций в зависимости от высоты опалубки приведены в табл. 31.

Таблица 31

Бетоноразводящее устройство	Высота опалубки, м	Скорость сооружения ствола, м в месяц	Количество перестановок опалубки в месяц	Трудовые затраты, чел-мин
Центральное	1	40	40	51
	2		20	32
	3		13,3	25,6
	4		10	22,5
	5		8	20,6
Периферийное с тремя гибкими ставами	1	40	40	74
	2		20	59,6
	3		13,3	54,5
	4		10	52,3
	5		8	50,8
Периферийное с двумя гибкими ставами	1	40	40	42,5
	2		20	33,5
	3		13,3	30,4
	4		10	29
	5		8	28,1

Проанализируем зависимость несозмещенных операций от высоты опалубки.

Обозначим:

t_n — продолжительность несозмещенных операций за 1 цикл крепления, мин;

T_n — продолжительность несозмещенных операций в течение месяца, мин:

$$T_n = nt_n \quad \text{или} \quad T_n = \frac{t_n V}{n}. \quad (34)$$

Результаты расчета, произведенного по формуле (34) при $V = 40$ м, приведены в табл. 32.

Таблица 32

Бетоноразводящее устройство	Продолжительность несозмещенных операций (мин) при опалубке высотой, м				
	1	2	3	4	5
Центральное	1940	970	647	485	388
Периферийное с тремя гибкими ставками	3240	1620	1080	810	648
Периферийное с двумя гибкими ставками	2840	1420	947	710	568

Определим трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящих устройств в зависимости от диаметра ствола и толщины крепи.

Объем бетонной смеси S , уложенной в течение месяца в ствол диаметром в свету d (в проходке D) при толщине крепи δ и скорости проходки V , можно определить по формуле

$$S = \frac{k \pi (D + d) \delta V}{2}.$$

Поскольку

$$M_p = m_p \frac{V}{h},$$

то

$$m_p = \frac{2m_p}{k_n \pi (D + d) \delta h} \approx \frac{m_p}{2(D + d) \delta h}. \quad (35)$$

Трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящих устройств, отнесенные к 1 м³ бетона, в зависимости от диаметра ствола и толщины крепи при высоте опалубки 3 м приведены в табл. 33.

Толщина крепи в стволах диаметром 4,5—6 м принята 250 мм, а в стволах большого диаметра — 300 мм.

Таблица 33

Бетоноразводящее устройство	Трудовые затраты, отнесенные к 1 м ³ бетона (чел.-мин), на обслуживание бетоноразводящих устройств в стволах диаметром в свету, м					
	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Центральное	5,4	4,9	4,46	4,1	3,17	2,71
Периферийное с тремя гибкими ставками .	11,43	10,4	9,5	8,75	6,85	5,84
Периферийное с двумя гибкими ставками .	6,38	5,87	5,31	4,88	3,77	3,26

Таким образом, можно считать установленным, что по показателю трудовых затрат при эксплуатации наиболее эффективными являются центральные бетоноразводящие устройства.

4. Определение области рационального применения бетоноразводящих устройств

При определении области рационального применения бетоноразводящих устройств необходимо установить возможности совмещения таких процессов, как укладка бетонной смеси и уборка породы.

Исследования, проведенные в стволах шахт им. Артема и «Вентиляционная» № 3 (Кривбасс), позволили установить показатели совмещения этих операций, которые составляют 45,8% при центральном бетоноразводящем устройстве и 66,8% — при периферийном.

Установлено, что производительность труда проходчиков на уборке породы возрастает при использовании периферийного бетоноразводящего устройства и составляет 7,1 м³/чел.-смены (при использовании центрального бетоноразводящего устройства — 6,6 м³/чел.-смены).

В результате применения периферийных бетоноразводящих устройств увеличивается объем породы, убираемой одновременно с укладкой бетонной смеси. В то же время вследствие увеличения производительности труда проходчиков на уборке породы сокращается продолжительность совмещения процессов укладки бетонной смеси и уборки породы. В конечном счете это способствует увеличению скорости проходки ствола шахты.

Обозначим:

T_1 — продолжительность уборки породы в проходческом цикле без производства работ по возведению бетонной крепи, ч;

T_2 — продолжительность уборки породы в проходческом цикле с одновременным возведением бетонной крепи при использовании периферийного бетоноразводящего устройства, ч;

T_3 — продолжительность уборки породы в проходческом цикле с одновременным возведением бетонной крепи при использовании центрального бетоноразводящего устройства, ч;

q_1, q_2 и q_3 — производительность уборки породы соответственно T_1, T_2 и T_3 .

При этом $q_1 > q_2 > q_3$; $T_1 < T_2 < T_3$.

Увеличение продолжительности проходческого цикла вследствие одновременного производства работ по возведению крепи при использовании периферийного бетоноразводящего устройства составит

$$\Delta T_1 = T_2 - T_1, \text{ из } T_2 = \frac{c_1}{q_2} T_1.$$

Подставив в первое выражение значение T_2 , получим

$$\Delta T_1 = T_1 \left(\frac{c_1}{q_2} - 1 \right). \quad (36)$$

Увеличение продолжительности проходческого цикла вследствие одновременного производства работ по возведению крепи при использовании центрального бетоноразводящего устройства составит

$$\Delta T_2 = T_3 - T_1.$$

Так как

$$T_3 = \frac{c_1 T_1}{q_3},$$

то

$$\Delta T_2 = T_1 \left(\frac{q_1}{q_3} - 1 \right).$$

Увеличение продолжительности проходческого цикла при использовании центрального бетоноразводящего устройства по сравнению с продолжительностью цикла при использовании периферийного бетоноразводящего устройства составит

$$\Delta T = \Delta T_2 - \Delta T_1 = T_1 q_1 \left(\frac{q_2 - q_3}{q_2 q_3} \right). \quad (37)$$

Следовательно, на возведение бетонной крепи при использовании центрального бетоноразводящего устройства в течение месяца будет затрачено больше времени, чем при использовании периферийного бетоноразводящего устройства, на ΔT часов:

$$\Delta T = n \Delta T, \quad (38)$$

где n — количество проходческих циклов с одновременным возведением бетонной крепи.

Таким образом, для сооружения V метров ствола потребуется затратить не T_p часов (время на проходку и возведение бетонной крепи при центральном бетоноразводящем устройстве), а

$$T'_p = T_p - \Delta T \text{ или } T'_p = T_p - \Delta t \frac{V}{h}.$$

Среднечасовое подвигание забоя ствола в готовых единицах составит:

$$l_{cp} = \frac{V}{T'_p} = \frac{V}{T_p - \Delta t \frac{V}{h}}. \quad (39)$$

За время Δt можно дополнительно соорудить ΔV метров ствола:

$$\Delta V = l_{cp} \Delta T. \quad (40)$$

Подставляя значения ΔT и l_{cp} в формулу (40), получим

$$\Delta V = \Delta t \frac{V}{h} \cdot \frac{V}{T_p - \Delta t \frac{V}{h}} = \frac{V^2 \Delta t}{h T_p - V \Delta t}, \text{ м.} \quad (41)$$

Продолжительность операций, не совмещаемых с укладкой бетонной смеси и требующих остановки работ по уборке породы, при использовании центрального бетоноразводящего устройства меньше, чем при периферийном. Следовательно, возможное сокращение продолжительности проходческого цикла будет определяться как разность между экономией времени, полученной в результате применения периферийного бетоноразводящего устройства, с одной стороны, и меньшей продолжительностью несовмещенных операций при использовании центрального бетоноразводящего устройства — с другой.

На основании полученных выражений определены значения возможного сокращения продолжительности проходческого цикла Δt и соответствующие им приращения скорости сооружения ствола диаметром в свету 6,5 м ΔV при высоте опалубки 3 м (табл. 34).

Графики зависимости возможных приращений скорости сооружения ствола от их принятых значений при использовании периферийных бетоноразводящих устройств показаны на рис. 37.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности применения таких устройств при скорости сооружения ствола до 110 м в месяц.

Сокращение продолжительности несовмещенных операций при использовании периферийных бетоноразводящих устройств возможно на навеске и демонтаже конических труб, так как эти операции во времени составляют 90—92% общей продолжительности несовмещенных операций.

Таблица 34

Скорость строже- ния ствола V , м в месяц	Продол- жительность уборки породы в цикле без креп- ления T , ч	Произво- димость уборки породы в цикле без креп- ления q_1 , м ³ /ч	Произво- димость уборки породы в цикле с крепле- нием при использо- вании перифе- рийного устройства q_2 , м ³ /ч	Произво- димость уборки породы в цикле с крепле- нием при использо- вании центрального уст- ройства q_3 , м ³ /ч	Увеличе- ние про- должи- тельности цикла за счет одовре- менного возмещения крепя при использо- вании центрального уст- ройства Δt , ч	Возмож- ное сокращение продолжи- тельности цикла за счет применения перифе- рийного устройства вместо центрального $\Delta t_{\text{общ}}$, ч	Возможные прираще- ния скорости строже- ния ствола при использо- вании перифе- рийного устройства ΔV , м в месяц
40	13,25	8,45	7,24	6,44	1,92	1,51	1,37
60	8,85	12,60	11,19	10,17	0,92	0,54	1,06
80	6,63	16,90	15,29	14,06	0,62	0,24	0,86
100	5,30	20,90	19,09	17,69	0,46	0,08	0,43
120	4,42	25,40	23,36	21,70	0,35	-0,03	-0,23
140	3,79	29,50	27,23	25,49	0,29	-0,09	-0,95

В большинстве случаев навеску и демонтаж каждой конической трубы производят отдельно. Целесообразно производить эти операции с заготовленными «плетями» труб, равными рабочей высоте опалубки, что позволяет, по данным хронометражных наблюдений, сократить продолжительность указанных операций в 3—3,5 раза (с 38—40 мин до 10—12 мин). В этом случае область применения периферийных устройств практически не ограничивается скоростью сооружения ствола.

Эффективность и область применения бетоноразводящих устройств различных видов определяется также их производительностью. При использовании периферийных бетоноразводящих устройств подающие гибкие ставы, как указывалось выше, необходимо отклонять от нормали для равномерной укладки бетонной смеси. При подаче бетонной смеси по отклоненному ставу без наращивания его происходит отскок смеси от стенок ствола, составляющий до 4% объема бетона, пропущенного по ставу. При укладке бетонной смеси за опалубку 60—65% общего объема бетонной смеси подается по гибким ставам, отклоненным от вертикального положения. Таким образом, на каждые 100 м³ уложенной бетонной смеси потери в результате отскока составляют до 4 м³, что, естественно, ведет к снижению производительности бетоноразводящего устройства.

Производительность периферийных бетоноразводящих устройств с двумя гибкими ставами на 25—28% выше, чем с тремя-четырьмя, так как в последнем случае при повороте цилиндра в приемной воронке на подвешенном полке прекращается подача бетонной смеси (на повороты воронки затрачивается 15—25 мин за один цикл бетонирования).

Наблюдения, проведенные в стволах шахт «Южная-Вентиляционная» РУ им. Коминтерна, «Южная» РУ им. Розы Люксембург (Кривбасс), показали, что при центральном бетоноразводящем устройстве отскок бетонной смеси от стен ствола составляет 6—8%. Кроме того, при подаче с поверхности значительных порций бетонной смеси происходит образование пробок в месте выхода ее из поворотного желоба и переливание через борта желоба, а это приводит к значительным потерям бетонной смеси и снижению производительности бетоноразводящего устройства. Значительное влияние на производительность центрального бетоноразводящего устройства оказывают также угол наклона поворотного желоба и вспомогательные операции по его перемещению. В большинстве случаев угол наклона поворотного желоба к опалубке принимают 40—45°, а глубину загрузочного окна — до 150 мм.

Естественно, что при большой подвижности бетонной смеси (14—16 см) этот угол может быть уменьшен. Размеры загрузочных окон определяются интенсивностью подачи и показателем подвижности бетонной смеси.

Результаты исследований оптимальных углов наклона поворотного желоба и размеров загрузочных окон, проведенных в лабораторных и производственных условиях, приведены в табл. 35 и 36.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что наиболее производительными являются периферийные бетоноразводящие устройства с двумя гибкими ставками. Центральные бетоноразводящие устройства и периферийные с тремя-четырьмя гибкими ставками по производительности примерно равноценны. Их производительность на 25—28% ниже, чем периферийного с двумя гибкими ставками.

Анализ состояния вопроса позволяет рекомендовать следующее:

1. Центральные бетоноразводящие устройства целесообразно применять при несовмещенной работе по уборке породы и укладке бетонной смеси, т. е. при использовании передвижных опалубки

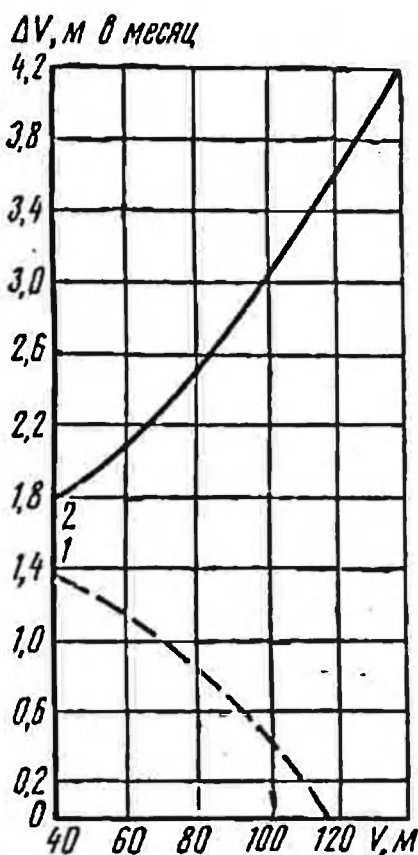


Рис. 37. Графики зависимости возможных приращений скорости сооружения ствола от их принятых значений:

1 — при наращивании периферийных гибких ставов отдельными коническими трубами; 2 — при наращивании периферийных гибких ставов заготовленными «плетями» конических труб, равными высоте передвижной опалубки

Таблица 35

Подвижность бетонной смеси, см	Крупность гранитного щебня, мм	Оптимальный угол наклона желоба, град	Минимальный допустимый угол наклона желоба, град
11	} 5—10	38—40	31
13		35—36	28
15		31—33	27

Примечание. При увеличении угла наклона поворотного желоба наблюдаются закупорки в приемных оклах.

Таблица 36

Подвижность бетонной смеси, см	Угол наклона желоба, град	Заполнение сечения желоба (интенсивность подачи бетонной смеси), см ³	Оптимальная глубина загрузочного окла, мм
11	40	} 200	150
13	35		200
15	33		200
17	30		230

бок, устанавливаемых непосредственно на выровненную породу в стволах диаметром от 4,5 до 7,5 м.

2. Применение периферийных бетоноразводящих устройств рационально при использовании передвижных опалубок, устанавливаемых на некотором удалении от забоя ствола и позволяющих совмещать процессы уборки породы и укладки бетонной смеси.

Конструктивно периферийные устройства следует решать с двумя гибкими ставами и разветвленным тупиковым гасителем скорости.

При наращивании гибких ставов изготовленными «плетями» конических труб область применения периферийных бетоноразводящих устройств практически не ограничивается ни диаметром ствола, ни скоростью сооружения.

ГЛАВА VII

ПЕРЕДВИЖНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ОПАЛУБКИ

1. Систематизация передвижных опалубок

Постоянную крепь из монолитного бетона в вертикальных стволах шахт возводят с применением опалубки, которая обеспечивает придание выработке правильной формы.

В отечественной практике до 1956—1958 гг. с этой целью использовали деревянную опалубку. Применяли также и инвентарную металлическую опалубку, которая по сравнению с деревянной имела ряд преимуществ. Однако применение указанных видов опалубок связано с большими затратами труда из-за отсутствия практически механизации процесса крепления, низкой производительности труда проходчиков, занятых на выполнении этих работ, которая составляла 0,6—1,4 м³ бетона в смену.

Важным этапом в механизации процесса возведения монолитной бетонной крепи является создание передвижных металлических опалубок, получивших широкое распространение во всех горнодобывающих бассейнах страны.

При сооружении вертикальных стволов шахт в СССР за последние 10 лет было испытано около 20 видов различных конструкций передвижных опалубок, которые можно систематизировать по следующим признакам: по конструкции, по способу устройства пикотажной перемычки и по способу подвески (рис. 38).

По конструкции передвижные опалубки разделяются на створчатые и секционные; по способу устройства пикотажной перемычки — на опалубки без опорного поддона (устанавливаемые непосредственно на выровненную породу либо прикрепляемые к проходческому полку) и опалубки с опорным поддоном, причем поддон может быть жестко прикреплен к опалубке, иметь возможность некоторого перемещения и снабжен независимой подвеской; по способу подвески различают опалубки, подвешенные на канатах самостоятельных лебедок, к проходческому полку и шагающие (без подвески).

В настоящее время применяются два вида передвижных опалубок — створчатые и секционные, которые обладают относительно невысокой металлоемкостью, просты конструктивно и удобны в эксплуатации. При использовании этих опалубок были

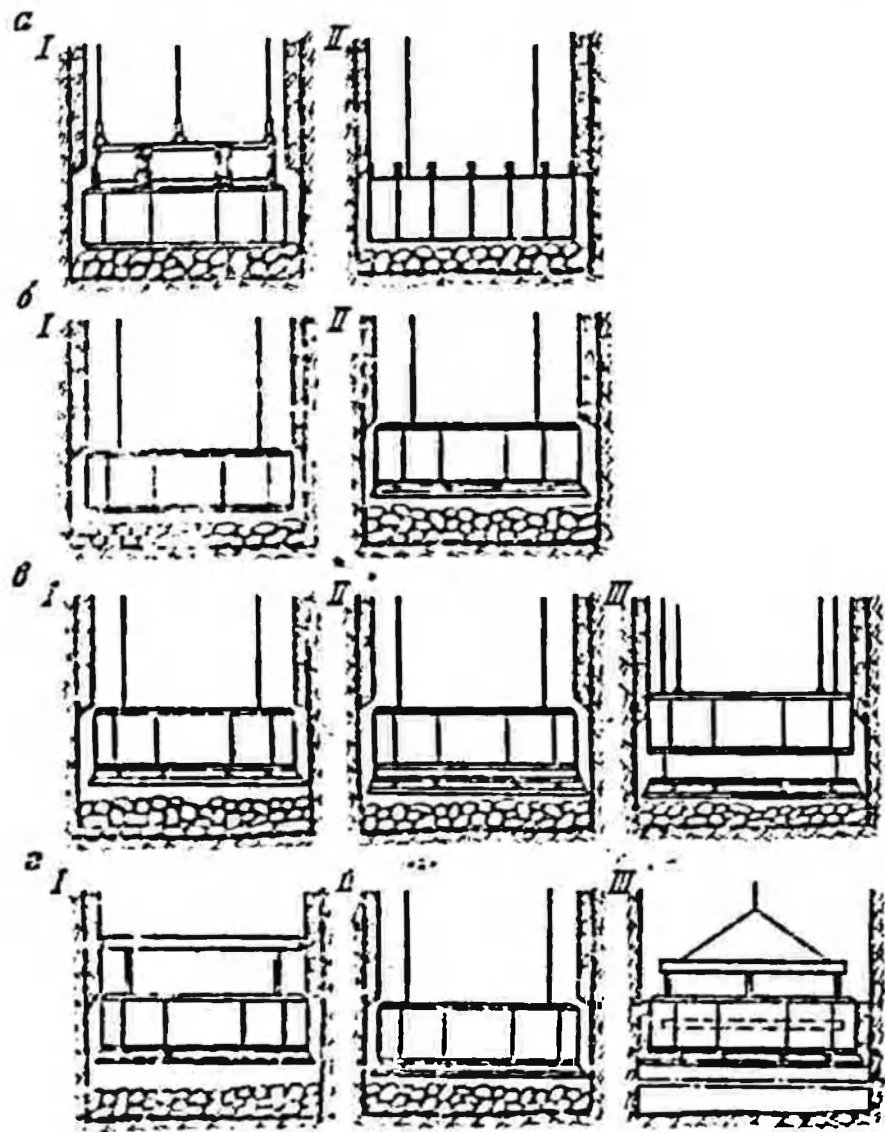


Рис. 38. Систематизация передвижных опалубок:

а — по конструкции: I — створчатая; II — секционная; б — по способу устройства пятконой перемычки: I — без опорного поддона; II — с опорным поддоном; в — по способу прикрепления опорного поддона: I — жестко прикреплен к опалубке; II — прикреплен к опалубке, но имеет возможность перемещения; III — подвешен на канатах отдельных лебедок; г — по способу подъема опалубки: I — шагающая без подвески; II — на канатах лебедок; III — к подвесному проходческому полку

достигнуты самые высокие скорости сооружения вертикальных стволов. Створчатые опалубки конструкции ЦНИИПодземмаша конструктивно сложнее секционных, обладают более высокой металлоемкостью, а обслуживание их требует больших затрат труда и связано с дополнительными простоями ствола. Однако они позволяют точнее выдерживать сечение ствола в свету на протяжении

всего периода его сооружения. Секционные опалубки, разработанные трестом Кривбассшахтопроходка и Криворожским филиалом ВНИИОМШСа, после определенного периода эксплуатации могут приобрести эллипсность. Это обусловлено наличием остаточных деформаций вследствие многократного сжатия и разжатия. Однако ввиду своих конструктивных особенностей они менее подвержены воздействию взрывных нагрузок, что особенно важно при проходке в скальных породах. В связи с этим секционные опалубки получили широкое распространение в Кривбассе, Рудном Алтае, в то время как створчатые нашли применение в Донецком и Карагандинском бассейнах, где породы более слабые. В настоящее время секционные опалубки успешно применяют в ВНР, НРБ и в других странах.

2. Створчатая опалубка

Передвижная металлическая створчатая опалубка конструкции ЦНИИПодземмаша (рис. 39) состоит из жесткого каркаса, пред-

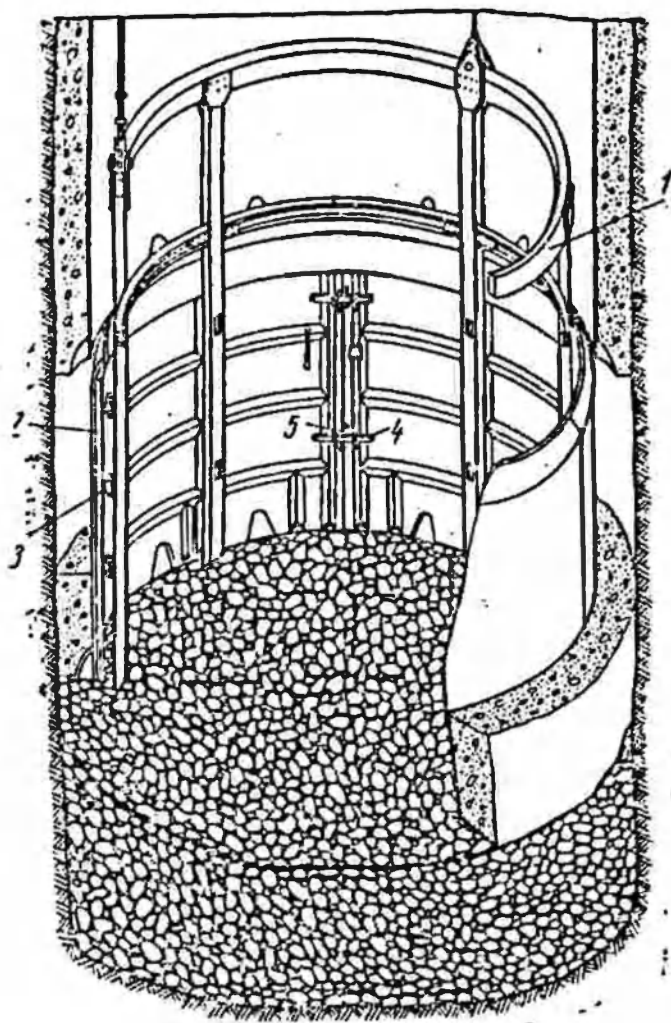


Рис. 39. Створчатая опалубка конструкции ЦНИИПодземмаша

1 — жесткий каркас; 2 — створки; 3 — шарнир; 4 — защелка; 5 — клин

ставляющего собой два кольца, соединенных стойками, 12—18 створок, изготовленных из листовой стали толщиной 8 мм, которые образуют цилиндрическую поверхность опалубки, и поддонов. Кольца каркаса опалубки состоят из 6—9 сегментов, соединяемых друг с другом болтами. Створки опалубки крепятся к стойкам каркаса с помощью шарниров.

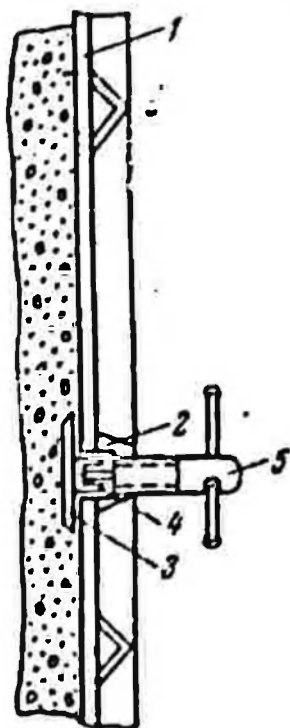


Рис. 40. Приспособление для отрыва створок от бетона

На каждую стойку навешивают две створки. Высота цилиндрической части опалубки равна 1,9—2,1 м. В нижней части створок имеются вырезы, которые служат для установки поддонов. Поддоны имеют коническую форму. Они служат для образования при

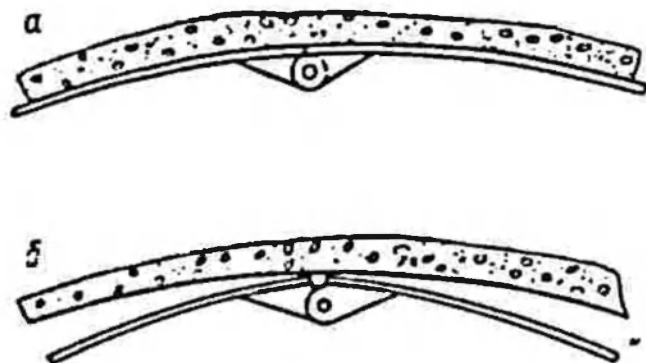


Рис. 41. Положение створок: а — до отрыва; б — после отрыва

твердении бетона скошенных лунок, через которые за опалубку пропускают трубу или желоб бетоноразводящего устройства.

Створки в рабочем положении запирают с помощью защелки и клина. При отрыве опалубки от бетона створки вручную открывают внутрь ствола, что обеспечивает уменьшение наружного диаметра опалубки на 100—120 мм, благодаря чему опалубку можно свободно перемещать в закрепленной части ствола. Операция по открыванию створок вручную весьма трудоемка и продолжительна.

Г. И. Вагин и Г. С. Пиньковский предложили приспособление для отрыва створок от бетона, позволяющее механизировать и значительно облегчить выполнение этой операции (рис. 40).

В каждой створке опалубки 1 просверливают два отверстия и в этих местах приваривают специальные гайки 2. Центры отверстий в створке и гайках должны совпадать. Перед закрыванием створки в отверстия вставляют опорные сферические пяты 3 диаметром 150 мм, к которым приварены цилиндрические гайки 4. Гайка пяты заходит с внешней стороны створки в отверстие и частично в гайку, приваренную к створке. Специальным винтом 5 опорная пята прижимается к створке.

После закрепления опорных пят створки закрывают (рис. 41, а), опалубку центрируют и расклинивают. Отрыв створ-

рок от бетона производится только перед спуском опалубки на новую заходку. Перед взрыванием открывание створок не производят, поскольку они могут быть деформированы и приведены в негодное состояние.

Для отрыва створок от бетона вывешивают винты, прижимающие опорные пяты к створкам, и вместо них завешивают отжимные винты, которые, упираясь концом в гайку пяты, отрывают створку от бетона (рис. 41, б).

Створчатая опалубка подвешивается в стволе на канатах трех лебедок, устанавливаемых на поверхности под углом 120° относительно друг друга.

ЦНИИПодземмашем разработаны створчатые опалубки высотой 2,1 м для стволов диаметром от 4,5 до 7,5 м (табл. 37). При использовании таких опалубок бетонирование ствола производят в направлении сверху вниз.

Таблица 37

Тип опалубки	Диаметр опалубки, м	Количество створок	Вес, кг	Тип опалубки	Диаметр опалубки, м	Количество створок	Вес, кг
ОС-4,5	4,5	12	7 430	ОС-6,5	6,5	16	14 430
ОС-5	5,0	12	9 300	ОС-7	7,0	18	21 000
ОС-5,5	5,5	12	10 100	ОС-7,5	7,5	18	22 700
ОС-6	6,0	14	13 250				

Впервые створчатую передвижную опалубку применили на вентиляционном стволе шахты «Чайкино-Глубокая» № 1, где в 1956 г. была достигнута скорость сооружения ствола свыше 100 м в месяц.

Применение створчатой опалубки позволило принять совместную схему производства работ по выемке породы и возведению бетонной крепи и исключить такую трудоемкую и дорогостоящую операцию, как возведение временной крепи.

Организация работ при этом следующая. После взрывания шпуровых зарядов, проветривания и приведения забоя в безопасное состояние взорванную породу разравнивают и на нее опускают створчатую опалубку. После центрирования створки опалубки приводят в рабочее положение и закрывают защелками и клиньями. Затем устанавливают и укрепляют поддоны. После этого производят укладку бетонной смеси.

Створчатую опалубку применяют также в комплексе оборудования КС-1М, с помощью которого достигнуты рекордные скорости сооружения стволов.

Оборудование комплекса для возведения монолитной бетонной крепи (рис. 42) состоит из створчатой опалубки, опорного кольца и двух ставов труб для транспортирования бетонной смеси.

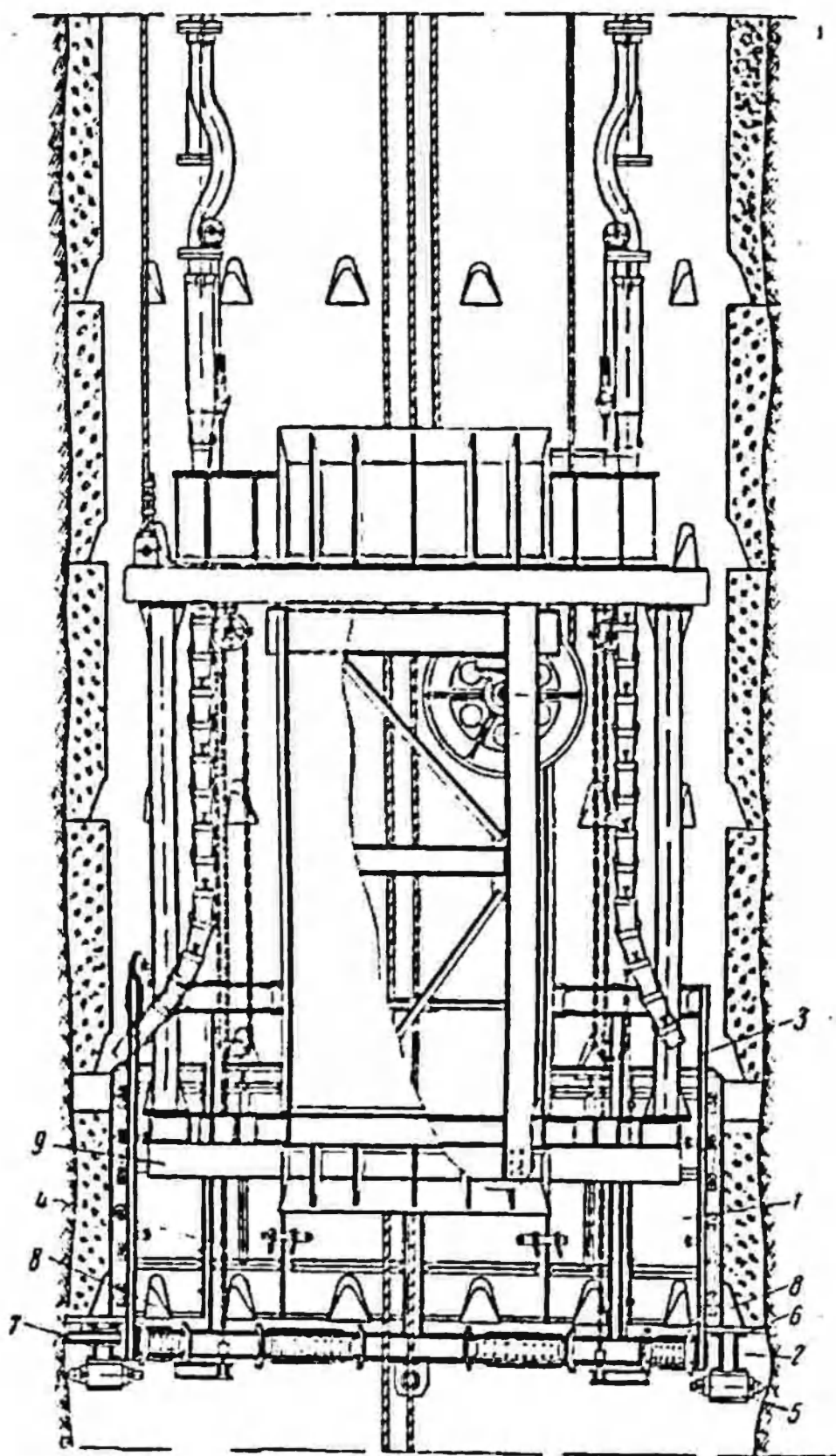


Рис. 42. Оборудование для возведения монолитной бетонной крепи в комплексе КС-1М

Рабочая высота створчатой опалубки на шахте «Ново-Бутовская», где в 1959 г. было сооружено за месяц 264,6 м ствола, составляла 3,2 м, а на шахте «Пролетарская-Глубокая» — 5 м. На этой шахте в июле 1964 г. был установлен мировой рекорд скорости сооружения вертикального ствола — 390,5 м.

Опалубка 1 состоит из створок, которые шарнирно соединены со стойками каркаса жесткости 3, и балкона 9.

В нижней части створок имеются криволинейные вырезы 8, в которые вставляются металлические короба для образования в бетонной крепи лупок. В эти лунки вставляют гибкие ставы конических труб для укладки бетонной смеси за опалубку при бетонировании нижележащей заходки ствола. В некоторых створках имеются окна, через которые проходчики уплотняют деревянный настил 6 в поддоне 7.

Опалубку подвешивают на канатах, прикрепляемых к верхней части каркаса жесткости.

Опалубку опускают и поднимают с помощью четырех лебедок ЛП-5/500. С целью улучшения синхронной работы лебедок и удобства их обслуживания управление лебедками централизовано.

Балкон крепится к каркасу жесткости опалубки и предназначен для размещения проходчиков, работающих на возведении бетонной крепи.

Для создания пикотажной перемычки опорное кольцо 2 подвешивают на канатах трех лебедок ПРЛ-15, установленных на поверхности. Управление лебедками также централизовано.

Для центрирования опалубки в соответствии с опорным кольцом служат направляющие втулки, которые прикреплены к верхней и нижней части каркаса жесткости; через втулки пропускают канаты подвески опорного кольца.

Опорное кольцо центрируется с помощью винтовых домкратов 5. Для установки опорного кольца на строго заданные расстояния по высоте ствола предназначены мерные цепи 4, которые равны высоте опалубки. Мерные цепи крепят к каркасу жесткости опалубки и к опорному кольцу. Опорное кольцо имеет площадку овальной формы, служащую для размещения проходчиков.

Для настила дощатой перемычки на опорном кольце крепят откидные кронштейны (рис. 43). В рабочем положении, т. е. при укладке бетонной смеси за опалубку, перемычка соединяется с опорным кольцом с помощью специальных замков.

Бетонную смесь в стволе доставляют по двум бетонопроводам, разводку смеси за опалубку производят с помощью труб-хоботов.

Постоянную крепь возводят сверху вниз.

Когда бетон достигнет распалубочной прочности, оборудование для возведения постоянной крепи перемещают на следующую заходку. Проходчики, находящиеся на балконе опалубки и площадке опорного кольца, открывают створки. Затем вывинчивают винтовые домкраты, служащие для раскрепления опорного кольца, и опускают опорное кольцо на 30—40 см.

Доски перемычки и металлические короба отрывают от бетона; пригодные к последующему использованию складывают на площадке опорного кольца. Откидные кронштейны, изготовленные из отрезков швеллерных балок, прижимают к внешней обечайке опорного кольца, которое также изготовляют из швеллерной балки большего профиля, чем кронштейны. Откидные кронштейны, плотно прижатые к обечайке опорного кольца, при его перемещении не деформируются.

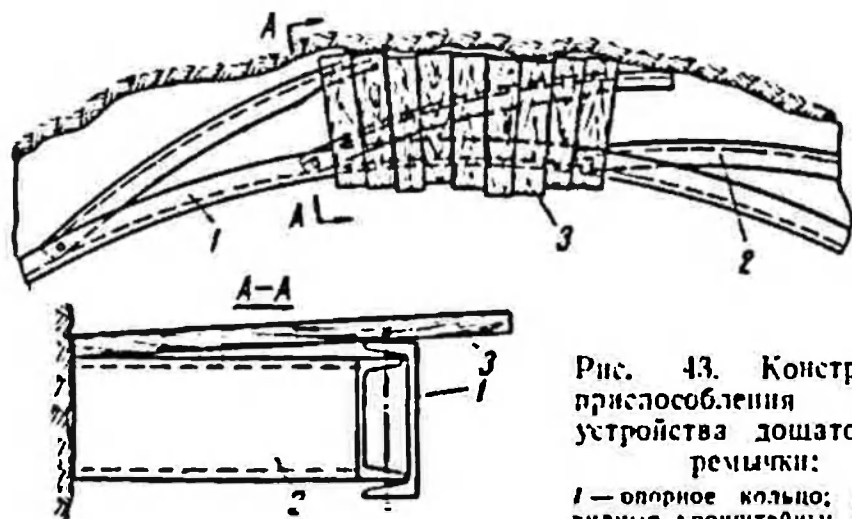


Рис. 43. Конструкция приспособления для устройства дощатой перемычки:

1 — опорное кольцо; 2 — откидные кронштейны; 3 — дощатая перемычка

После этого опорное кольцо с помощью лебедок опускают на длину мерных цепей, на которых оно свободно повисает.

Кольцо центрируют в горизонтальной плоскости и раскрепляют в породных стенках ствола с помощью домкратов, затем выводят из обечайки кольца откидные кронштейны до упора их свободных концов в стенки ствола и производят настилку дощатой перемычки.

После установки и тщательного раскрепления опорного кольца натягивают канаты его подвески на лебедках и опускают створчатую опалубку. Когда между опалубкой и дощатой перемычкой опорного кольца остается зазор примерно 50 см, закрывают створки опалубки.

Опалубка своими вырезами в нижней части створок садится на металлические короба, заранее установленные на дощатой перемычке. Так как канаты опорного кольца пропущены через направляющие втулки опалубки, положение ее в стволе строго фиксировано и центрирования производить не нужно, т. е. опалубка является самоцентрирующейся.

После установки опалубки на опорное кольцо и соединения с ним замками производят укладку бетонной смеси.

Значительный интерес представляет опыт чехословацких шахтостроителей, которым в 1962 г. удалось за месяц соорудить 284,02 м вертикального ствола на шахте «Пасков» Остравско-Карвинского бассейна.

Возведение монолитной бетонной крепи в стволе производили с применением створчатой опалубки общей высотой 7 м, весом 35 т. Опалубка была выполнена конической формы: верхний диаметр конуса составлял 7,5 м, а нижний — 7,6 м. Опалубка состояла из двух колец, на каждое из которых было навешено по 18 створок. Высота створок составляла 2 м, а рабочая высота опалубки 4 м. Бетонную смесь транспортировали по трубопроводу, на конце которого был установлен гаситель скорости и специальная воронка, откуда смесь поступала в гибкий металлический рукав, выполненный из конических патрубков, а по нему — за опалубку. Рукав на двух цепях подвешивался к проходческому полку.

Створчатую опалубку устанавливали на выровненную взорванную породу и центрировали. После раскрепления отцентрированной опалубки производили укладку бетонной смеси с повышенным содержанием добавки хлористого кальция (5% от веса цемента) на высоту 1 м по всему периметру ствола.

После схватывания бетона (через 45 мин после укладки) начинали погрузку породы из центральной части забоя и одновременно производили укладку бетонной смеси с добавкой хлористого кальция в количестве 2% от веса цемента. Бетонирование на всю высоту опалубки выполняли параллельно с погрузкой породы.

Чистое время укладки бетона на высоту 4 м (60 м³) составляло в среднем 1,5 ч. Отрыв опалубки производили после достижения бетоном прочности 3—4 кг/см².

3. Секционная опалубка

Возведение бетонной крепи с помощью передвижных металлических секционных опалубок можно производить в направлении сверху вниз и снизу вверх.

В первом случае, как правило, применяют опалубки, устанавливаемые непосредственно на предварительно выровненную взорванную породу, или с различными конструкциями опорных поддонов (пикотажных колец), позволяющих производить укладку бетонной смеси на некотором (2—4 м) удалении от забоя ствола. Опалубку подвешивают на канатах лебедок, монтируемых на поверхности.

При возведении бетонной крепи снизу вверх применяют секционные опалубки, которые подвешивают к проходческому полку. При этом проходку ствола ведут по последовательной или по параллельной технологической схеме.

В первом случае после проходки ствола на некоторое расстояние (20—40 м) полук вместе с опалубкой опускают на забой. Опалубку устанавливают на выровненную взорванную породу и производят бетонирование опорного венца. Затем поднимают полук вместе с приведенной в транспортабельное состояние опалубкой до тех пор, пока нижняя часть обечайки опалубки не будет отстоять от верхнего торца закрепленной части ствола на 20—30 см.

Верхний торец опалубки центрируют по вертикальному отвесу и уровню, а затем раскрепляют. Центрирование по уровню производят с помощью фаркопов, установленных на тягах или канатах подвески опалубки. Перед центрированием опалубку разжимают, доводя ее наружный диаметр до проектного размера диаметра ствола в свету.

После раскрепления опалубки в стенке ствола производят укладку бетонной смеси.

При параллельной схеме работ полук с опалубкой опускают на натяжную раму-полук, которая должна отстоять от забоя ствола на расстоянии, обеспечивающем безопасность проходческого оборудования при ведении взрывных работ (12—15 м). Расстояние между натяжным полком и нижним торцом закрепленной части ствола в зависимости от физико-механических свойств пересекаемых пород составляет 20—40 м.

Секционную опалубку устанавливают на дощатый настил, уложенный на натяжной раме-полке и перекрывающий зазор между обечайкой рамы-полка и стенками ствола. На деревянный настил укладывают листы толя для предотвращения вытекания цементно-песчаного раствора. Затем опалубку центрируют и производят укладку бетонной смеси.

Последующее бетонирование ствола аналогично описанному при последовательной технологической схеме.

Секционные опалубки, подвешенные к проходческому полку, а также призабойные секционные опалубки для стволов диаметром в свету до 4 м изготовляют без каркаса жесткости, все остальные виды секционных опалубок, с помощью которых крепь возводят сверху вниз, конструируют с несущим каркасом жесткости.

Секционная опалубка без каркаса жесткости (рис. 44) состоит из набора сегментов, изготовленных из листовой стали толщиной 4—6 мм и скрепленных в два полуцилиндра 1. Полуцилиндры скреплены между собой с помощью фаркопов 2, которыми производится сжатие опалубки. Между полуцилиндрами имеется зазор, перекрываемый стыковой планкой 4. Сегменты опалубки усиливаются горизонтальными ребрами жесткости 3, выполненными из швеллерных балок № 10 или уголка 60×60 (70×70), и вертикальными ребрами жесткости 5, выполненными из уголка 60×60 (70×70).

Отрыв опалубки от бетона осуществляется с помощью фаркопов и стыковой планки, которая приваривается к полуцилиндру внахлестку.

При сжатии верхнего и нижнего фаркопов стыковая планка свободным концом упирается в бетон, а полуцилиндр без стыковой планки скользит в направлении к другому полуцилиндру. Благодаря такой конструкции при полном сжатии фаркопов опалубка полностью отрывается от бетона.

Подвеска опалубки осуществляется с помощью канатов или жестких тяг (при подвеске к полку), прикрепляемых к коушам 6

в верхней части опалубки. Фаркопы 7 служат для центрирования опалубки в горизонтальной плоскости.

Секционная призабойная опалубка диаметром 3—4 м хорошо сохраняет свою геометрическую форму, в связи с чем отпадает

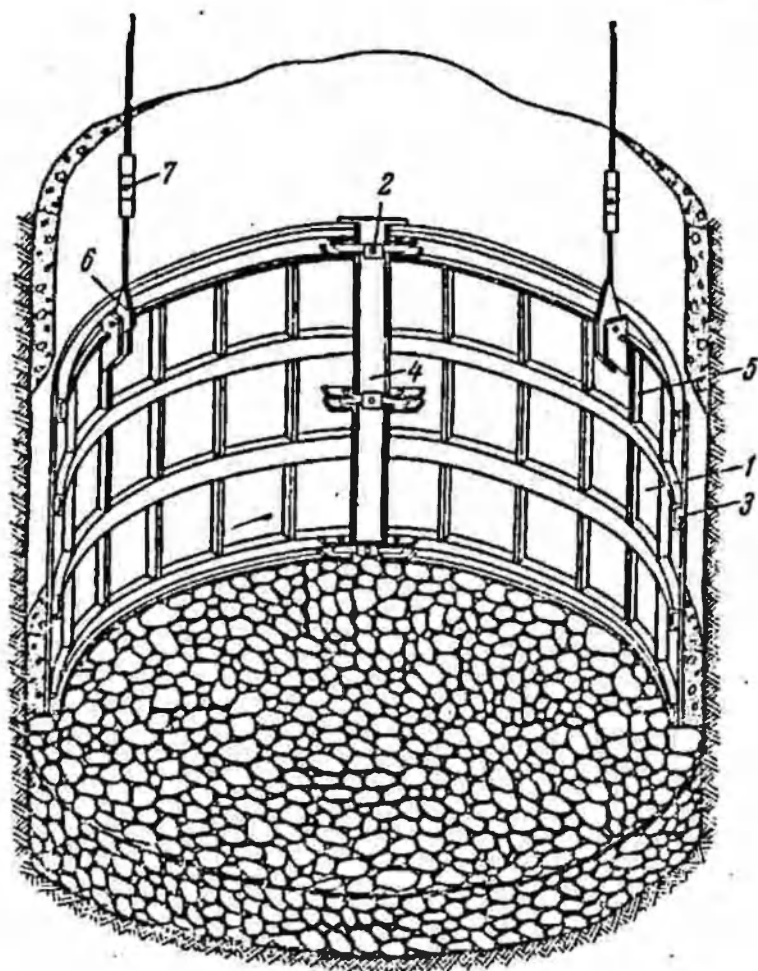


Рис. 44. Секционная опалубка без каркаса жесткости

необходимость в каркасе жесткости и обеспечивается максимальной полезной площадью забоя.

При подвеске секционной опалубки к проходческому полку она защищена от воздействия взрывных нагрузок и каркас жесткости нецелесообразно применять в стволах диаметром до 8 м.

Характеристика секционных опалубок без каркаса жесткости приведена в табл. 38.

Секционные опалубки без каркаса жесткости, подвешенные к проходческому полку, применяли при сооружении стволов шахт «Южная-Вентиляционная» РУ им. Кирова и «Новая» РУ им. Ильича по последовательной технологической схеме, ствола шахты «Гигант-Глубокая» (Кривбасс) и других — по параллельной схеме.

Таблица 38

Опалубка диамет- ром, м	Количество по сегментам	Количество пар франкоп- фов	Вес, кг	Опалубка диамет- ром, м	Количество по сегментам	Количество по франкоп- фов	Вес, кг
3,0	8	1	2900	6,0	16	2	4500
4,0	10	1	3200	6,5	18	2	4800
4,5	12	1	3500	7,0	19	2	5200
5,0	14	1	3580	7,5	20	2	5700
5,5	15	2	4100	8,0	20	2	6300

Примечание. Рабочая высота опалубки 2 м.

Секционная опалубка с каркасом жесткости (рис. 45) состоит из двух полуцилиндров, собранных из отдельных сегментов. Сег-

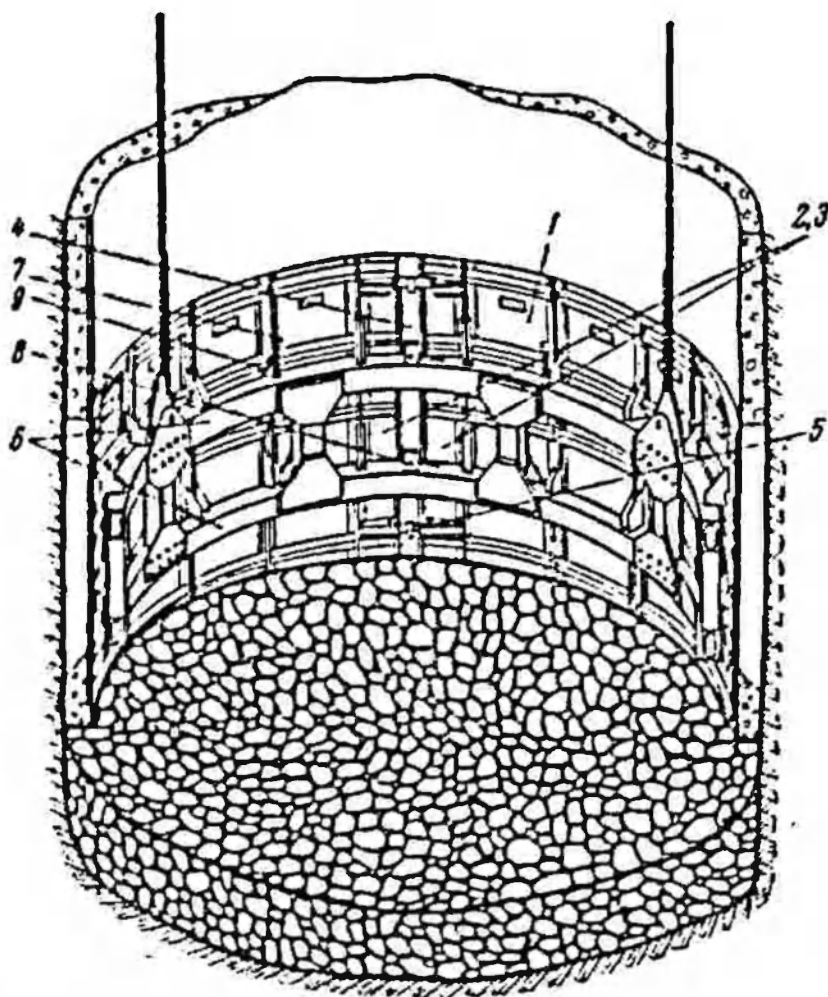


Рис. 45. Секционная опалубка с каркасом жесткости

менты изготовляют из листовой стали толщиной 7—8 мм и соединяют между собой с помощью болтов. Каждый сегмент усиливают горизонтальными и вертикальными ребрами жесткости.

Кроме обычных глухих сегментов 1 (их количество определяется диаметром ствола) в полуцилиндрах имеются фаркопные деления винтовых фаркопов 5. Между полуцилиндрами имеются зазоры, необходимые для изменения диаметра секционной опалубки при переводе ее из рабочего (разжатого) состояния в транспортбельное и наоборот. Зазоры перекрываются вставками 4.

Каркас жесткости секционной опалубки выполнен из двух колец 6, которые изготовляют из швеллерных балок № 20—30. Для удобства монтажа кольца каркаса жесткости выполняют из трех-четырех сегментов, которые соединяют между собой с помощью накладок и болтов. Кольца соединяют стойками. К верхнему кольцу каркаса жесткости крепят проушины для коушей подвески опалубки.

Сжатие и разжатие опалубки производится с помощью винтовых фаркопов, прикрепленных к полуцилиндрам. Величина уменьшения диаметра опалубки при сжатии полуцилиндров зависит от высоты опалубки и составляет 50—70 мм. Чем больше высота опалубки, тем больше должен быть зазор между стенкой ствола и сжатой опалубкой.

Организация работ по возведению бетонной крепи с помощью секционной передвижной опалубки с каркасом жесткости следующая. После углубления забоя ствола от нижнего торца опалубки на высоту опалубки последнюю на канатах лебедок, установленных на поверхности, опускают на выровненную взорванную породу. Перед спуском опалубки отжимным винтом 8 из зацепления с полуцилиндрами выводится вставка 4. С помощью винтовых фаркопов полуцилиндры сжимаются и опалубка принимает транспортбельное положение для перемещения на нижележащую заходку.

При установке опалубки на выровненную породу необходимо между ее верхним торцом и крепью оставлять зазор 200—250 мм. Для обеспечения качественной стыковки бетонируемого участка ствола с вышерасположенной постоянной крепью к верхнему торцу обечайки опалубки под углом 45° приваривают специальный козырек.

При возведении крепи бетонную смесь укладывают за козырек, перекрывающий зазор между опалубкой и ранее возведенной крепью, в результате чего образуется кольцевой конический выступ. После перемещения опалубки на новую заходку этот выступ сбивают отбойными молотками.

Установленную опалубку разжимают и центрируют. При этом выбивают шарнирно установленные распорные рычаги 7, которые в рабочем положении упираются в стальные накладки 9. Таким образом, обечайка опалубки получает некоторую свободу перемещения относительно каркаса жесткости, что облегчает центрирование опалубки.

После центрирования опалубки распорные рычаги переводят в

рабочее положение для обеспечения жесткой связи обечайки опалубки с каркасом жесткости. Отцентрированную опалубку расклинивают и производят укладку бетонной смеси.

Использование секционных опалубок с каркасом жесткости позволяет вести сооружение ствола по совместной технологической схеме с последовательным выполнением операций по возведению постоянной крепи и выемке породы.

Характеристика секционных опалубок с каркасом жесткости приведена в табл. 39.

Таблица 39

Опалубка диамет- ром, м	Количество в сегментов	Количество глухих сегментов без креп- штейна	Вес, кг	Опалубка диамет- ром, м	Количество в сегментов	Количество глухих сегментов без креп- штейна	Вес, кг
3,5	5	4	5198	6,0	16	—	9 220
4,0	6	5	5465	6,5	16	—	9 626
4,5	6	5	6215	7,0	18	—	10 279
5,0	7	6	6797	7,5	20	—	10 967
5,5	8	6	7053	8,0	22	—	11 724

Примечание. Рабочая высота опалубки 2,8 м.

Секционные опалубки аналогичной конструкции с успехом применяли при сооружении стволов шахт Кривбасса и Рудного Алтая (шахты «Родина», «Южная-Вентиляционная», им. Фрунзе, им. Ленина, «Новая-бис», «Тишинская» и др.).

4. Секционные опалубки с опорными поддонами

Передвижные секционные опалубки с каркасом жесткости довольно часто выполняют с различными конструкциями опорных поддонов. Это делается для того, чтобы при возведении постоянной крепи сверху вниз вслед за подвиганием забоя ствола можно было совмещать такие основные операции, как погрузка породы и укладка бетонной смеси за опалубку. Бетонирование ствола в этом случае производят на некотором удалении от забоя (2—4 м) «на весу».

Применение секционной опалубки с опорным поддоном позволяет сооружать ствол по совместной технологической схеме с параллельным выполнением операций по возведению постоянной крепи и погрузке породы.

Секционные опалубки с жестко прикрепленным опорным поддоном (рис. 46) подвешивают на канатах трех лебедок, устанавливаемых на поверхности. Опалубка состоит из двух полуцилиндров, скрепленных двумя парами винтовых фаркопов 3. Между полуцилиндрами устанавливается вставка 1. К полуцилиндрам крепят упорные косынки 7, которыми обечайка опалубки опи-

рается на каркас жесткости 2. К верхнему кольцу каркаса жесткости прикреплены прицепные устройства 5 для подвески опалубки.

К удлиненным стойкам 8 каркаса жесткости крепится опорный поддон 4 с таким расчетом, чтобы между нижним торцом

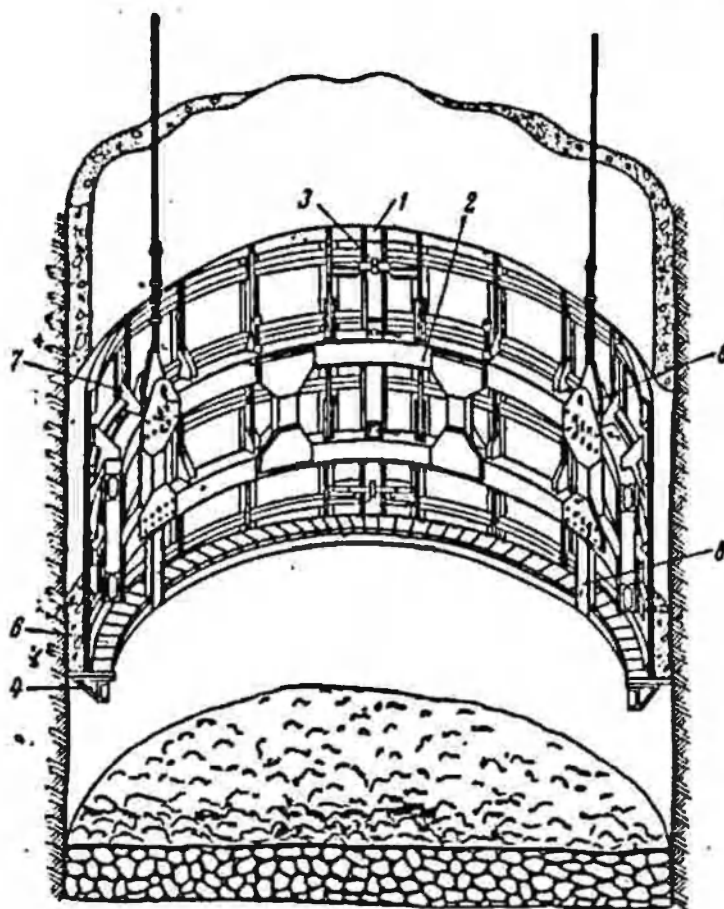


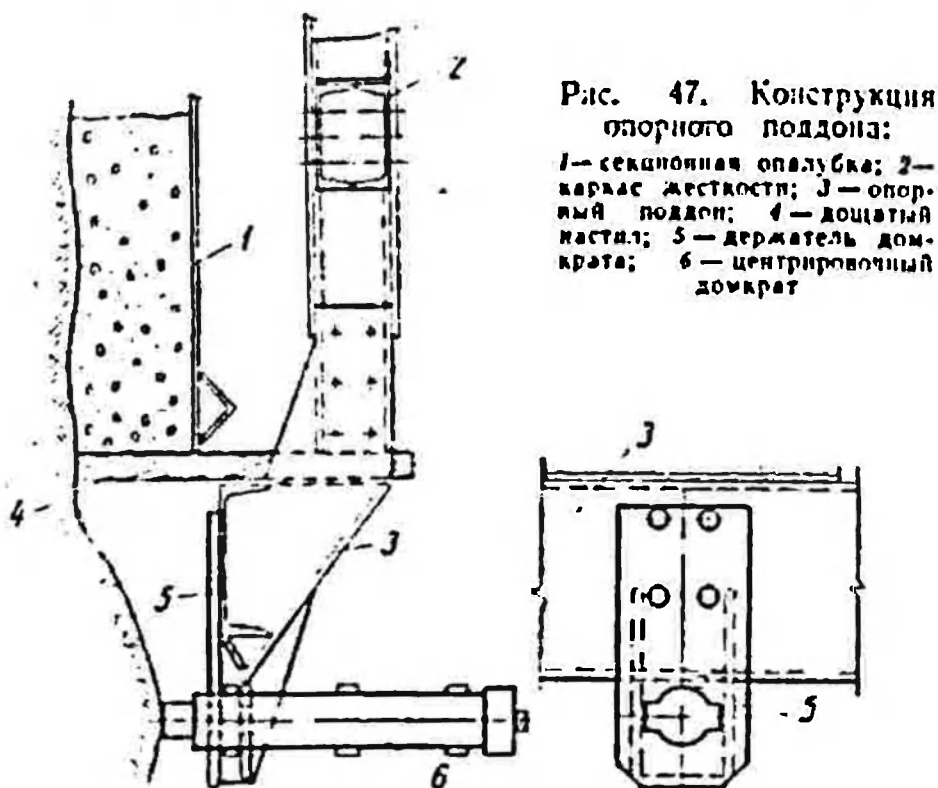
Рис. 46. Секционная опалубка с жестко прикрепленным опорным поддоном.

опалубки и кольцевой площадкой опорного поддона оставалась щель высотой 50—60 мм для устройства дощатой перемычки 6. Опорный поддон (рис. 47) изготовляют из двутавровой или швеллерной балки № 27—30 и усиливают снизу уголком 120×120 (100×100). Внешней части поддона придается форма конуса. Конусную поверхность поддона выполняют из листовой стали толщиной 10 мм.

Опорный поддон состоит из нескольких сегментов (4—6). Это облегчает транспортирование его в ствол и монтаж. При сборке сегменты соединяют между собой болтами или сваривают. Внешний диаметр металлического опорного поддона принимают больше диаметра ствола в свету на 150—200 мм при толщине крепи 250—300 мм. В ряде случаев, когда технологией сооружения ствола предусматривается необходимость подъема опалубки в закрепленном участке ствола, внешний диаметр опорного поддона выпол-

на 2—4 см меньше диаметра ствола в свету. В опорный поддон монтируют три-четыре съемных винтовых домкрата, предназначенных для центрирования и распора поддона. Общая высота опорного поддона составляет примерно 400 мм.

Работы по возведению бетонной крепи при помощи секционной опалубки с жестко прикрепленным опорным поддоном организуют



следующим образом. После удаления забоя от закрепленного участка на высоту, равную высоте опалубки плюс 1,2—1,5 м (расстояние, удобное для устройства на поддоне дощатого настила), опалубку перемещают на новую заходку. Перед опусканием опалубки винтовыми фаркопфами производят сжатие полуцилиндров и вывинчивают домкраты, служащие для распора опорного поддона.

Проходчики, выполняющие эти операции, должны работать в предохранительных поясах.

Опалубку опускают таким образом, чтобы верхний торец козырька для заделки стыка находился в одной плоскости с нижним торцом закрепленного участка ствола или на 3—5 см выше. Затем опалубку разжимают, центрируют и раскрепляют в породных стенках ствола домкратами поддона. После этого настилают дощатую перемычку. Каждую доску необходимо плотно подбить к породной стенке и тщательно расклинить.

Во время устройства дощатой перемычки производят погрузку взорванной породы в центре забоя ствола, а при укладке бетонной смеси за опалубку — по всей площади забоя.

Проходчики, которые следят за равномерной укладкой бетонной смеси по периметру ствола и перемещают в требуемые места

трубы бетоноразводящего приспособления, находятся либо на откидных площадках, шарнирно прикрепленных к верхнему кольцу каркаса жесткости, либо непосредственно на верхнем кольце. И в том, и в другом случае они должны работать в предохранительных поясах.

Основным недостатком секционной опалубки с жестко прикрепленным опорным поддоном является то, что малый зазор между опалубкой и опорным поддоном значительно усложняет устройство дощатой перемычки.

Опалубки такой конструкции применяли при сооружении стволов шахт им. Артема РУ им. Кирова, «Восточная» РУ им. Ильича и других (Кривбасс).

Продолжительность полного цикла бетонирования на шахте им. Артема при высоте опалубки 3 м составляла в среднем 12—15 ч.

Секционная опалубка с регулируемым опорным поддоном (рис. 48), так же как и рассмотренная выше, подвешивается на канатах трех лебедок. Опалубка состоит из двух полуцилиндров, собранных из глухих 2 и фаркопфных 3 сегментов, каркаса жесткости 1 и опорного поддона. Опорный поддон крепится к каркасу жесткости с помощью стоек.

Основной особенностью такой опалубки является то, что с помощью реечных или винтовых домкратов, вмонтированных в каркас жесткости, между опалубкой и опорным поддоном обеспечивается создание зазора высотой 250—300 мм. Это значительно упрощает производство работ по настилу дощатой пикетажной перемычки, позволяет сократить продолжительность и трудоемкость этой операции.

Закрепленные на нижнем кольце каркаса жесткости домкраты закрыты защитными кожухами во избежание повреждения их при ведении взрывных работ. В стойках каркаса жесткости, где установлены домкраты, имеются специальные отверстия для их приводов. Схема установки домкрата в каркасе жесткости опалубки показана на рис. 49.

При перемещении опалубки первоначально опускают каркас жесткости с опорным поддоном. Так как полуцилиндры опалубки разжаты в бетоне, каркас жесткости с опорным поддоном опускают до упоров опалубки, при этом между нижним торцом опалубки и поддоном образуется зазор размером 250—300 мм. Выдвижение реек домкратов, вмонтированных в стойки каркаса, до упора дает возможность переместить опалубку с сохранением указанного зазора на нижерасположенную заходку.

После перемещения опалубки ее центрируют и расклинивают. Затем настилают дощатую перемычку.

Продолжительность последней операции и затраты труда на ее проведение ниже, чем при использовании опалубки с жестко прикрепленным опорным поддоном.

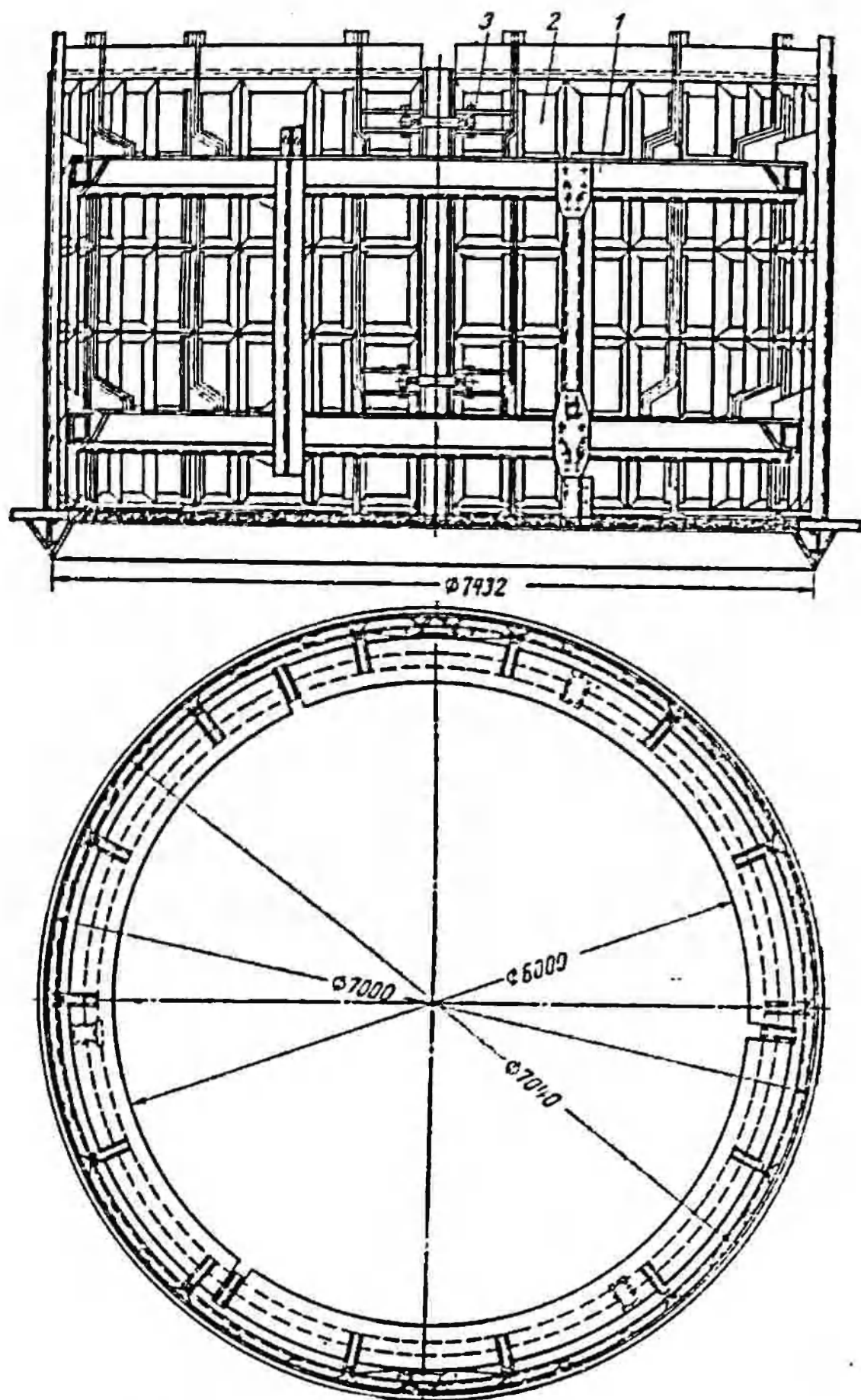


Рис. 48. Секционная опалубка с регулируемым опорным поддоном

По окончании настилки дощатой перемычки на раскрепленный опорный поддон опускают разжатые полуцилиндры опалубки, которые плотно прижимают доски к площадке поддона. Затем приступают к укладке бетонной смеси и погрузке породы.

Секционные опалубки с регулируемым опорным поддоном получили довольно широкое распространение (шахты «Вентиляционная» № 3 и № 4, «Дренажная» и др.).

Средняя продолжительность цикла крепления с помощью опалубки высотой 3 м в стволах указанных шахт составляла 8—11 ч.

Секционная опалубка с отъемным опорным поддоном-опалубкой (рис. 50) состоит из собственно опалубки 4 с каркасом жесткости 3, отъемного опорного поддона 1 с короткой опалубкой 2.

Опалубка 4 навешивается на каркас жесткости с помощью упорных косынок 5. Конструктивно опалубка 4 и каркас жесткости 3 решены так же, как и описанные выше секционные опалубки.

Опалубка с каркасом жесткости подвешивается на канатах трех лебедок. Для подвески отъемного поддона-опалубки на поверхности устанавливают дополнительно еще три лебедки.

Приспособление 6 для подвески отъемного поддона крепится к его верхней обечайке.

Отъемный опорный поддон-опалубка (рис. 51) состоит из защитного цилиндра 1, к которому приварено опорное кольцо 2. Конструкция опорного кольца аналогична ранее описанному опорному поддону. В верхней части защитного цилиндра через 0,8 м по периметру приваривают направляющие косынки 3, которые служат для центрирования короткой опалубки 4. Нижняя

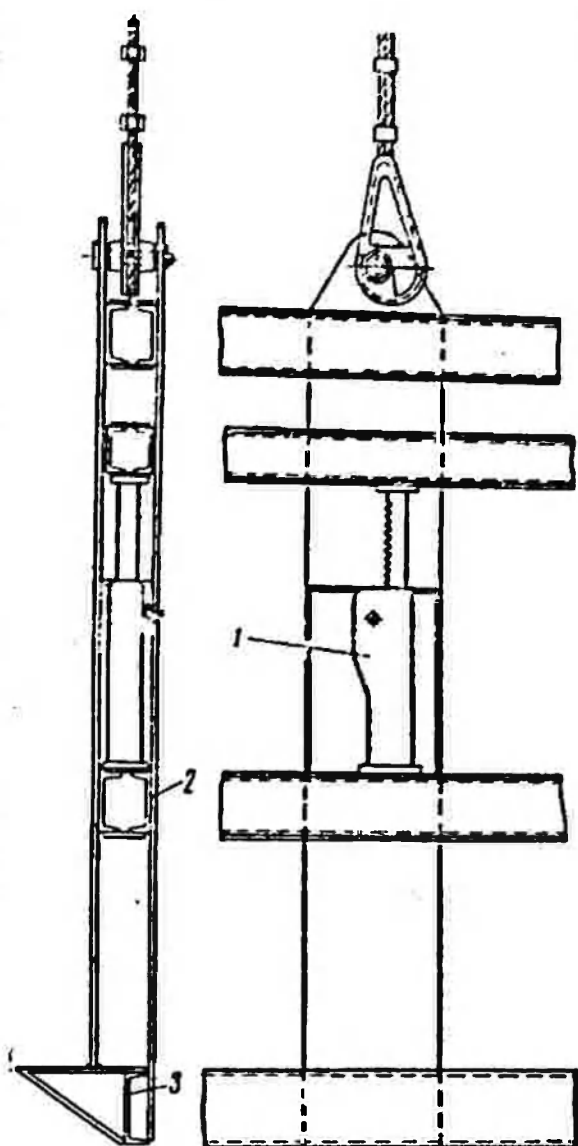


Рис. 49. Схема установки домкрата в каркасе жесткости опалубки:

1 — домкрат; 2 — каркас жесткости; 3 — опорный поддон

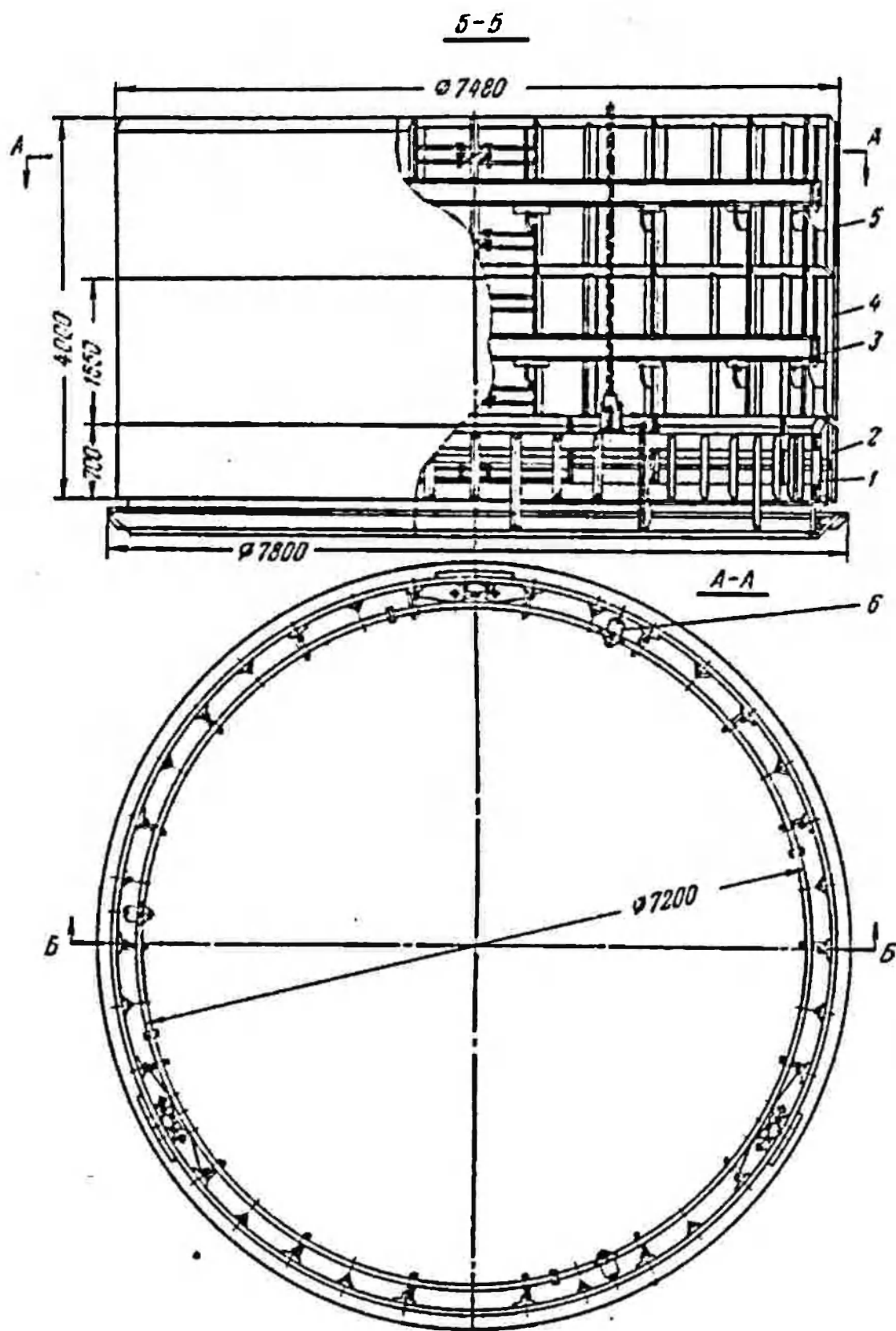


Рис. 50. Секционная опалубка с отъемным опорным поддоном-опалубкой

часть короткой опалубки самоцентрируется по косынкам 5. В защитном цилиндре вырезаны щели 7 для закладывания опорных досок 8 пикотажной перемычки.

В диаметрально противоположных точках защитного цилиндра имеются окна 9 высотой 300 мм и шириной 150—200 мм, через которые с помощью винтовых фаркопов 10 производят сжатие и разжатие полуцилиндров короткой опалубки.

Крепь возводят в такой последовательности. При достаточном удалении нижней кромки опорного поддона от забоя ствола

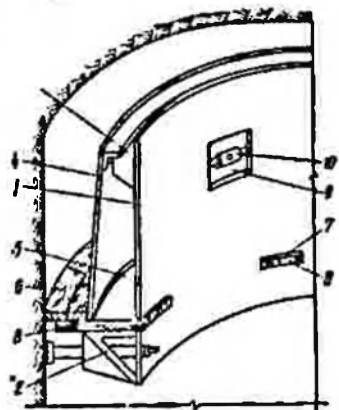


Рис. 51. Конструкция опорного поддона-опалубки

поддон опускают на 10—15 см, отрывают от бетона короткую опалубку и поддон вместе с ней опускают на канатах лебедок до тех пор, пока он не повиснет на мерных цепях, служащих для скрепления между собой отъемного опорного поддона и каркаса жесткости основной опалубки. Затем опорный поддон центрируют и настилают дощатый настил 6.

После этого на тщательно расклиненный опорный поддон опускают короткую опалубку. Опалубка в разжатом положении перемещается по верхним и нижним косынкам защитного цилиндра и самоцентрируется. Когда низ опалубки сядет на дощатый настил опорного поддона, можно приступать к укладке бетонной смеси.

Одновременно с укладкой бетонной смеси за короткую опалубку производят уборку взорванной породы. Через 2—3 ч после окончания укладки бетонной смеси за короткую опалубку опускают основную опалубку, которая своим нижним торцом входит в верхнюю конусообразную часть, образованную защитным цилиндром и короткой опалубкой, и садится на последнюю.

Затем производят укладку бетонной смеси за основную опалубку и одновременно убирают породу.

Опалубку с отъемным опорным поддоном-опалубкой применяли при сооружении ствола шахты «Новая-Южная» РУ им. Коминтерна (Кривбасс), скорость сооружения которого составляла свыше 60 м в месяц.

Однако широкого распространения такая опалубка не получила в связи с тем, что конструкция отъемного поддона-опалубки сложна, необходимы дополнительные лебедки на поверхности для его подвески, кроме того обслуживание опалубки требует значительных затрат труда.

Секционная опалубка с опережающим опорным поддоном (рис. 52) была применена при сооружении ствола шахты «Вентиляционная» № 4 РУ им. Дзержинского (Кривбасс).

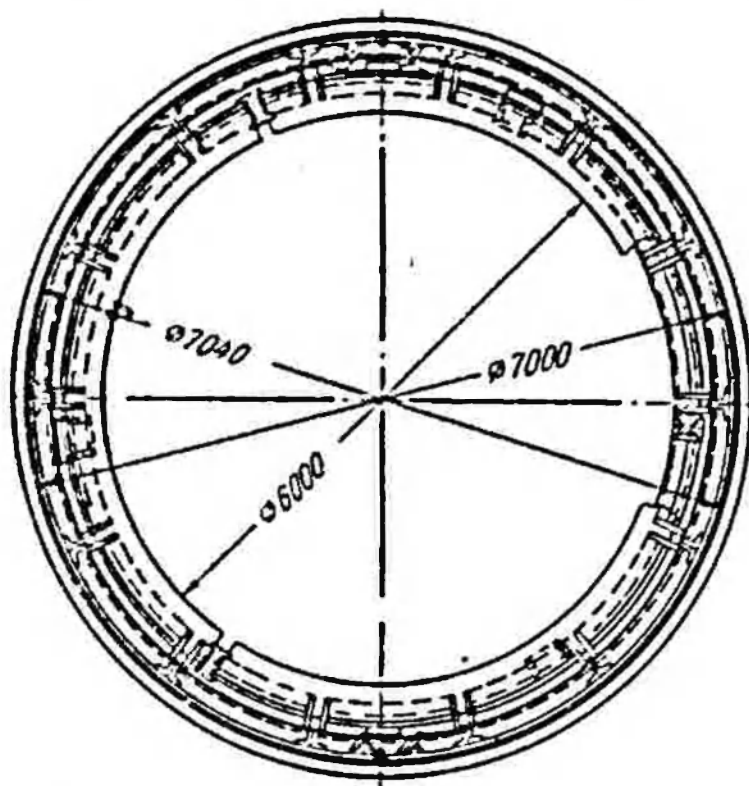
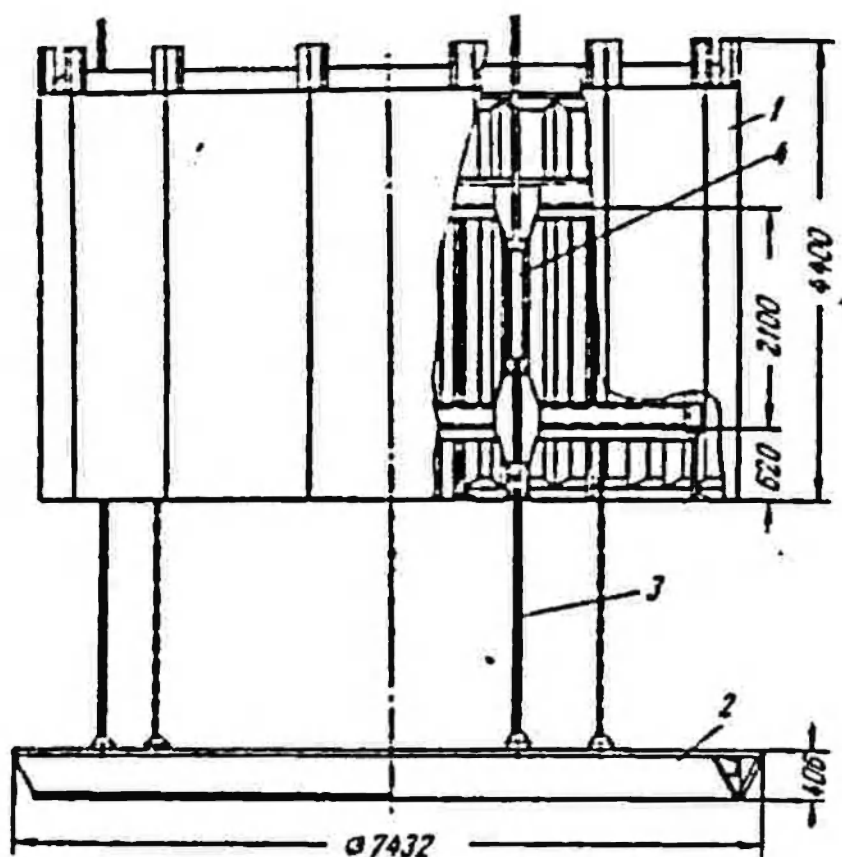


Рис. 52. Секционная опалубка с опережающим опорным поддоном

Опалубка состоит из собственно секционной опалубки 1 с каркасом жесткости и опережающего опорного поддона 2. Конструктивно опалубка и каркас жесткости аналогичны описанным выше.

Отличительной особенностью этой опалубки служит то, что опорный поддон представляет собой обособленную конструкцию и подвешивается отдельно на канатах трех лебедок, установленных на поверхности.

Канаты 3 подвески поддона пропускают через трубы 4 диаметром 38—40 мм, которые приваривают к соответствующим стойкам каркаса жесткости. В рабочем положении опорный поддон жестко соединяется с опалубкой клиновыми замками.

Опорный опережающий поддон конструктивно исполняют так же, как и жестко соединяемый с опалубкой или регулируемый поддон.

Для обеспечения точного шага перемещения поддона и опалубки их соединяют мерными цепями. Благодаря наличию мерных цепей отпадает необходимость производить регулирование поддона в горизонтальной плоскости после его очередного перемещения. Опущенный на канатах опорный поддон висит на мерных цепях, а так как в это время ранее отцентрированная опалубка раскреплена в бегоне, то положение поддона практически определено.

В опорном поддоне вмонтированы клиновые устройства с регулировочными винтами для зачалки подвесных канатов. С помощью регулировочных винтов опорное кольцо можно выровнять в горизонтальной плоскости с точностью ± 80 мм.

Возведение бетонной крепи с помощью передвижной опалубки с отъемным опорным поддоном производится в такой последовательности.

Если после взрыва шпуровых зарядов расстояние от взорванной породы до опорного поддона равно или несколько превышает высоту опалубки с поддоном, то опорный поддон перемещают на новую заходку. Поддон опускают с помощью канатов лебедок на длину мерных цепей. Затем его центрируют по центральному ответсу и раскрепляют винтовыми домкратами. После этого сжимают опалубку и перемещают ее на такое расстояние, чтобы между нижним торцом опалубки и верхней площадкой поддона оставался зазор 400—500 мм. Затем настилают дощатую перемышку, опускают на поддон опалубку, прижимая доски перемышки, и прикрепляют поддон к опалубке с помощью замочных упоров и клиньев.

В связи с тем что опалубка перемещается по канатам подвески поддона, пропущенным через направляющие трубы, центрирование ее не производят, так как опалубку устанавливают на заранее отцентрированный и раскрепленный опорный поддон. Центрирование поддона, свободно висящего на мерных цепях, выполняется значительно легче, чем всей опалубки.

При такой конструкции поддона упрощается устройство дощатой пикотажной перемышки, сокращаются затраты труда и продолжительность выполнения этой операции.

Существенным недостатком опалубки с опережающим опорным поддоном является необходимость установки на поверхности дополнительных трех лебедок для подвески поддона.

5. Секционная шагающая опалубка

Основной особенностью шагающей опалубки (рис. 53) является отсутствие канатной подвески, в связи с чем отпадает необходимость использования проходческих лебедок.

Шагающая забойная опалубка состоит из двух основных узлов, соединенных между собой демпферными устройствами: собственно опалубки и несущего кольца.

Секционная опалубка состоит из двух полуцилиндров, соединенных двумя парами винтовых фаркопов. Каждый полуцилиндр собран из нескольких глухих сегментов 1 (их количество зависит от диаметра ствола), двух сегментов 2 и 3 с шарнирными выступами, которые предназначены для образования лунок в бетоне, и одного фаркопного сегмента 4. Опалубка имеет каркас жесткости 5.

Несущее кольцо состоит из восьми секций 6, которые при монтаже в стволе соединяют между собой болтами или сваривают. В четырех секциях установлены выдвижные ригели для раскрепления несущего кольца в лунках, образованных в бетоне шарнирными выступами, а на остальных расположены четыре пневматалы 11. Узел подвижных блоков 9 полиспастной подвески крепится к верхнему кольцу каркаса жесткости опалубки. Демпферное устройство 10 представляет собой цилиндр, наполненный консистентной смазкой, с двумя поршнями и штоками. В поршнях просверлены отверстия для перетекания смазки из одной полости цилиндра в другую при спуске опалубки или несущего кольца.

Демпферное устройство во избежание повреждения его при взрывных работах закрыто защитным кожухом 7. Нижняя часть демпферного устройства крепится к опалубке с помощью глухого фланца 8.

На рис. 54 показана схема перемещения шагающей опалубки. Несущее кольцо 2 и опалубка 1 перемещаются в стволе поочередно так, что при перемещении одного из шагающих узлов второй остается неподвижным и обеспечивает передвижение первого узла.

При перемещении опалубки на следующую заходку несущее кольцо занимает соответствующее положение в предыдущей заходке и с помощью ригелей 4, передвигаемых пневмоцилиндрами, удерживается в лунках бетонной крепи, образуемых при помощи шарнирных выступов на наружной стороне опалубки.

Во время опускания опорного кольца опалубка удерживается в крепи ствола силами сцепления опалубки с бетоном, а также шарнирными выступами, входящими в лунки. Спуск опалубки и несущего кольца производится с помощью демпферного устройства.

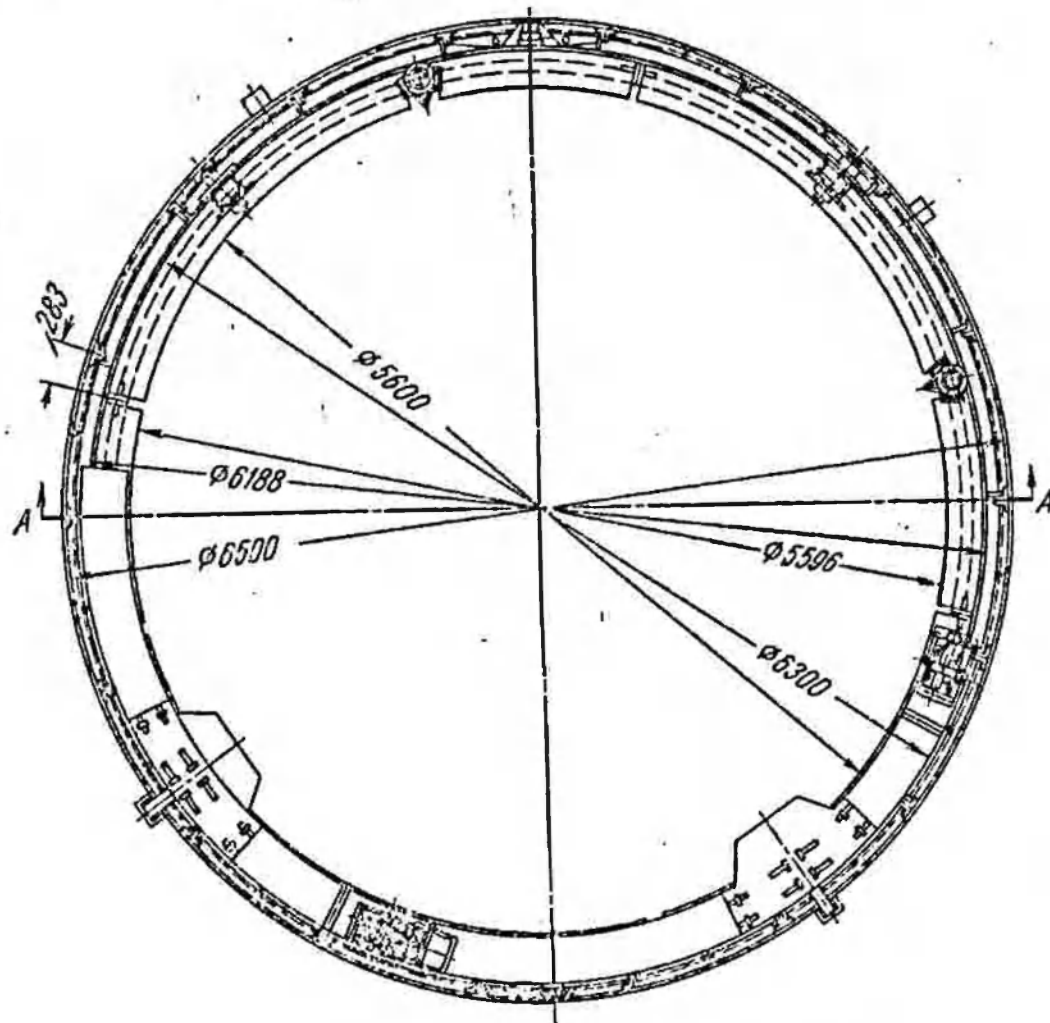
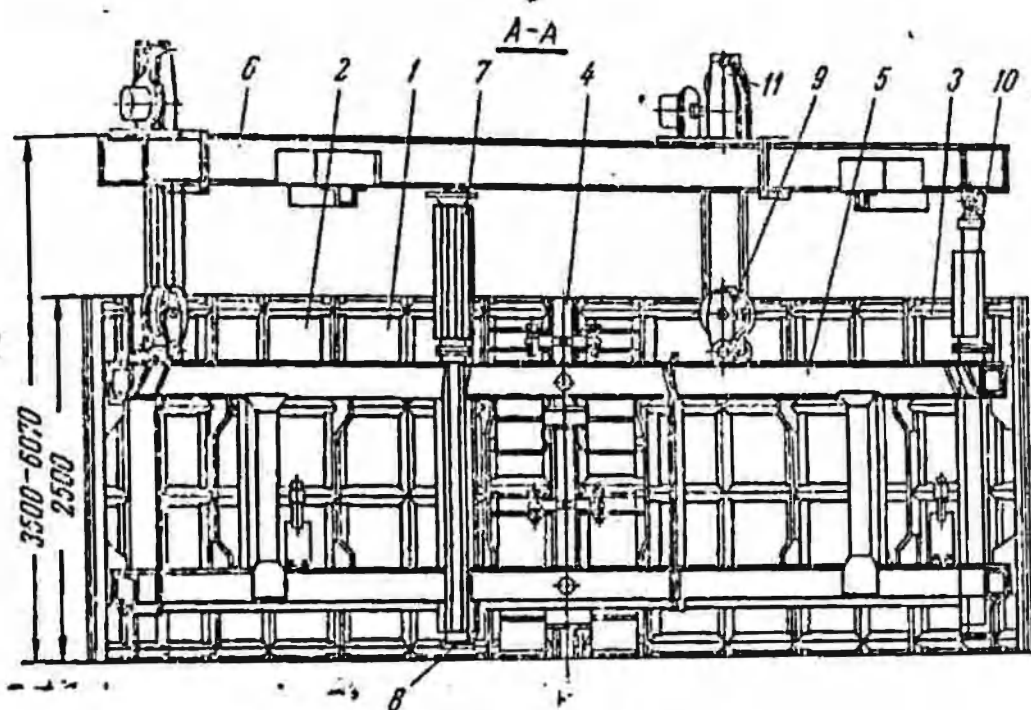


Рис. 53. Секционная шагающая опалубка

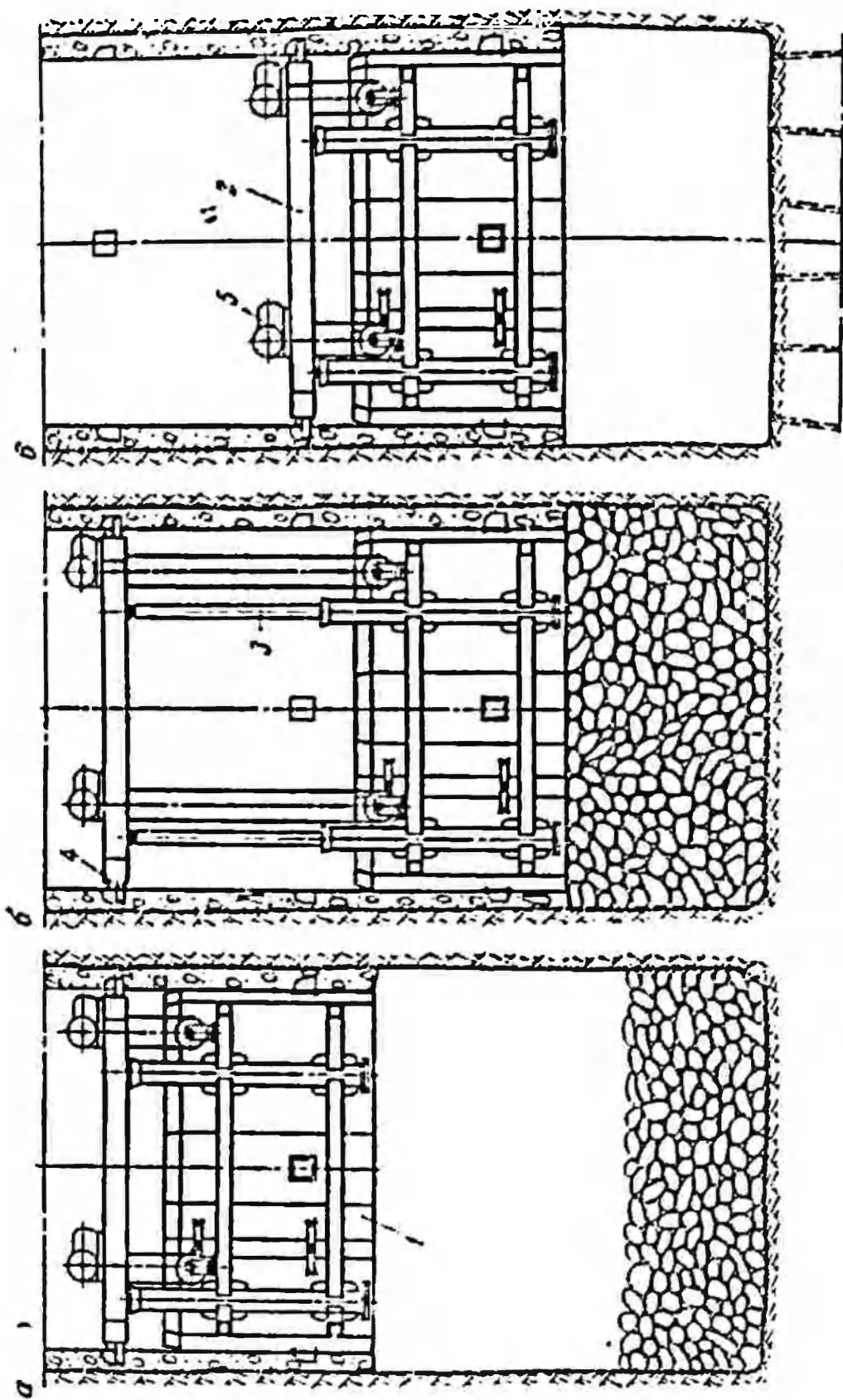


Рис. 54. Схема перемещения шагающей опалубки

С помощью пневматалей осуществляется центрирование и спуск опалубки. Управление шагающей опалубкой — дистанционное.

Шагающая опалубка была применена при углубке ствола одного из северных рудников Кривбасса. Бетонную крепь возводили следующим образом.

При достаточном удалении нижнего торца опалубки от забоя ствола производили отрыв ее от бетона путем извлечения шарнирных выступов из лунок и сжатия винтовых фаркопов (рис. 54, а). Опалубку опускали с помощью демпферных устройств 3 и пневматалей 5. Несущее кольцо в этот момент выдвигали ригелями удерживалось в лунках вышерасположенной заходки. Посадив опалубку на взорванную породу, ее центрировали и раскрепляли в стенках ствола. Затем устанавливали шарнирные выступы и производили укладку бетонной смеси (рис. 54, б).

Перед заряданием и взрыванием шпуровых зарядов ригели, поддерживающие опорное кольцо, выдвигали из лунок, после чего под действием собственного веса кольцо опускалось. Затем ригели выдвигали в лунки вышележащей заходки и раскрепляли опорное кольцо (рис. 54, в).

Данные хронометражных наблюдений за операциями в цикле перемещения шагающей опалубки приведены в табл. 40.

Таблица 40

Операция	Продолжительность, мин	Численность рабочих	Затраты труда, чел.-мин
Подготовка опалубки к отрыву от бетона	9	2	18
Сжатие полуцилиндров опалубки	14	2	28
Спуск опалубки	30	2	60
Центрирование опалубки	28	2	56
Подготовка несущего кольца к спуску	75	2	150
Спуск и распор несущего кольца	10	2	20

Следует отметить, что продолжительность цикла перестановки шагающей опалубки и затраты труда на его выполнение могут быть значительно сокращены в результате усовершенствования конструкции разводки пневмокоммуникаций, улучшения работы выдвигных ригелей и др.

Криворожским филиалом ВНИИОМШСа разработаны конструкции шагающей опалубки для всех типоразмеров вертикальных стволов шахт.

Характеристика шагающих опалубок высотой 2,5 м приведена в табл. 41.

Таблица 41

Диаметр стволов в см., м	Диаметр опалубки, мм		Вес опалубки, кг	Количество пневмо- тачек	Грузоподъемность пневмотали, т	Диаметр каната по- лиэстера, мм	Количество гирелей	Количество гидро- демферов
	верхний	нижний						
4,5	4180	4520	13 000	3	7	12,5	3	3
5,0	4380	5020	13 900	3	7	12,5	3	3
5,5	5180	5520	14 700	3	7	12,5	3	3
6,0	5980	6020	15 790	3	7	12,5	3	3
6,5	6180	6520	16 900	4	10	15,5	4	4
7,0	6980	7020	17 400	4	10	15,5	4	4
7,5	7180	7520	18 100	4	10	15,5	4	4
8,0	7980	8020	18 600	4	10	15,5	4	4

6. Способы подвески опалубок

Передвижные металлические опалубки (за исключением шагающей), в зависимости от принятой технологии возведения бетонной крепи, подвешивают либо на канатах лебедок, специально устанавливаемых на поверхности, либо к проходческому полку. В первом случае работы ведут по совместной технологической схеме при последовательном (в случае установки передвижной опалубки непосредственно на выровненную породу) и параллельном (при использовании передвижной опалубки с опорным поддоном) выполнении операций. Во втором случае сооружение ствола производят по параллельной или последовательной технологическим схемам.

Подвеска передвижной призабойной опалубки на канатах специальных лебедок выполняется следующим образом. К верхнему кольцу каркаса жесткости (рис. 55) крепят специальные косынки, с помощью которых осуществляется подвеска опалубки. Косынки, изготавливаемые из стального листа толщиной 20—30 мм, приваривают в месте расположения стоек каркаса жесткости. В них просверливают отверстия под палец диаметром 70—100 мм, на который надевают коуш. Диаметр пальца и толщину стальных листов косынок определяют в зависимости от диаметра каната, который рассчитывают с учетом веса уложенной бетонной смеси, вводя коэффициент на применение быстротвердеющих бетонов.

По методике, разработанной в тресте Кривбассшахтопроходка, при использовании передвижных опалубок с опорным поддоном, т. е. когда крепь возводят «на весу», в расчет принимают вес опалубки канатов с прицепными устройствами и половины объема укладываемой за опалубку бетонной смеси.

В случае применения опалубки, устанавливаемой на взорван-

ную породу, учитывают вес слоя бетонной смеси толщиной 60—100 см (в зависимости от диаметра ствола).

Подвеска секционной опалубки к проходческому полку производится на канатах диаметром 18—20 мм или жестких тягах в

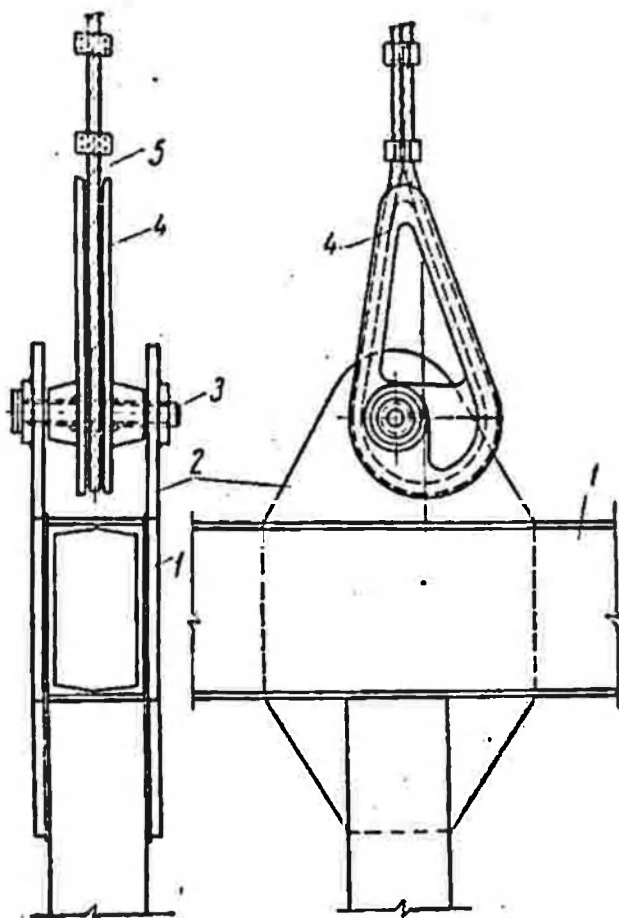


Рис. 55. Конструкция узла подвески передвижной опалубки:

1 — верхнее кольцо каркаса жесткости; 2 — стальные косынки толщиной 20—30 мм; 3 — палец; 4 — коуш; 5 — канат

трех или четырех точках. К верхнему горизонтальному ребру жесткости опалубки крепят косынки, изготовленные из листовой стали толщиной 15—18 мм, в которых просверливают отверстия под палец для крепления коуша. К обечайке верхнего этажа проходческого полка с помощью проушины также крепят коуш. Канат или жесткая тяга для подвески опалубки состоят из двух отрезков, соединяемых винтовым фаркопом.

Канаты крепят к коушам опалубки и полка с помощью жимков, а жесткую тягу к проушинам — крючьями.

Наличие в канатах (тягах) подвески винтовых фаркопов облегчает центрирование опалубки. Опалубку подвешивают к полку таким образом, чтобы верхний ее торец возвышался над нижним этажом полка на 30—40 см.

Для обслуживания фаркопов опалубки под нижним этажом полка подвешивают люльки. Кроме подвески опалубки непосредственно к элементам проходческого полка, известна подвеска

передвижной опалубки на канатах лебедок, установленных на одном из этажей полка. Так, при сооружении стволов с помощью комплекса оборудования КС-2м передвижная секционная опалубка располагается между первым и вторым этажами трехэтажного подвесного полка. Опалубку подвешивают на канатах четырех пневматических лебедок ЛКС-3, установленных на верхнем этаже полка.

С помощью канатов трех лебедок Ч-2, устанавливаемых на верхнем этаже проходческого полка, производили подвеску передвижной опалубки, смонтированной в комплексе с коротким шпигтом-полком (шахта «Вентиляционная» № 1 РУ им. Кирова). Прицепные устройства на опалубках в этих случаях такие же, как и при подвеске опалубки непосредственно к элементам полка. Однако винтовые фаркопы при подвеске не используют, так как регулирование положения опалубки по высоте производят с помощью лебедок. Лебедки для подвески опалубки рекомендуется устанавливать на проходческом полке таким образом, чтобы канат с барабана лебедки сходил без отклонений, в противном случае необходимо устанавливать отклоняющие блочки.

Анализ конструкций передвижных опалубок и опыт их эксплуатации при сооружении стволов шахт позволяют сделать следующие выводы:

1) секционная опалубка с каркасом жесткости конструктивно проще, чем створчатая;

2) на изготовление секционной опалубки с каркасом жесткости расходуется в среднем на 38—42% металла меньше, чем на створчатую;

3) секционные опалубки менее подвержены деформациям от взрывных нагрузок, чем створчатые;

4) створчатые опалубки позволяют лучше выдерживать геометрические размеры ствола, так как секционные опалубки в результате их многократного сжатия и разжатия могут приобрести эллипсность;

5) из секционных опалубок наибольшее распространение получили два вида: секционная опалубка, устанавливаемая непосредственно на взорванную породу, и секционная опалубка с регулируемым опорным поддоном;

6) секционные опалубки с отъемным поддоном-опалубкой и опережающим опорным поддоном широкого распространения не получили, поскольку для их подвески необходимо устанавливать на поверхности три дополнительные лебедки, а также из-за более сложной конструкции опорных поддонов;

7) весьма перспективной является шагающая секционная опалубка, область применения которой значительно расширится при решении вопроса о возможности использования лунок, оставаемых опалубкой в бетоне, для армировки.

ГЛАВА VIII

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВОЗВЕДЕНИЯ БЕТОННОЙ КРЕПИ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕДВИЖНЫХ ОПАЛУБОК

1. Общие сведения

Принятая организация работ по возведению монолитной бетонной крепи предопределяет местоположение в стволе передвижной опалубки, а также способ устройства пикотажной перемычки. В случае сооружения ствола с последовательным выполнением операций по выемке породы и возведению постоянной крепи применяют передвижную секционную опалубку, прикрепляемую к подвесному проходческому полку (рис. 56). Пикотажную перемычку при этом устраивают один раз при креплении участка ствола высотой до 40 м в зависимости от устойчивости пересекаемых пород. Передвижную опалубку устанавливают на предварительно выровненную взорванную породу и производят бетонирование опорного венца, а затем опалубку вместе с проходческим полком перемещают вверх. Верхний торец закрепленной части ствола является пикотажной перемычкой для вышележащей незакрепленной заходки. Нижняя часть передвижной опалубки на 20—30 см перекрывает уже возведенную бетонную крепь, вследствие чего стыки бетониремых заходов получаются качественными. Во время возведения крепи на всем участке незакрепленного ствола выемку породы не производят.

Описанную организацию работ в 1958—1960 гг. применяли при сооружении ряда стволов шахт в Кривбассе и Рудном Алтае.

Высота передвижной секционной опалубки вначале составляла 1—1,5 м, а затем была увеличена до 3—4 м. Скорость возведения бетонной крепи достигала 12 м в сутки.

Последовательная схема организации работ при возведении крепи с помощью секционной передвижной опалубки не получила широкого распространения и в настоящее время практически не применяется. Ее основными недостатками являются: необходимость возведения временной крепи или оставления (при пересече-

лии стволом крепких и устойчивых пород) незакрепленного участка ствола; невысокие скорости сооружения ствола, так как отсутствует совмещенность работ по выемке породы и возведению постоянной крепи; значительные затраты времени и труда на очистку нижней части ствола и откачку загрязненной воды после окончания возведения крепи на участке ствола высотой 20—40 м.

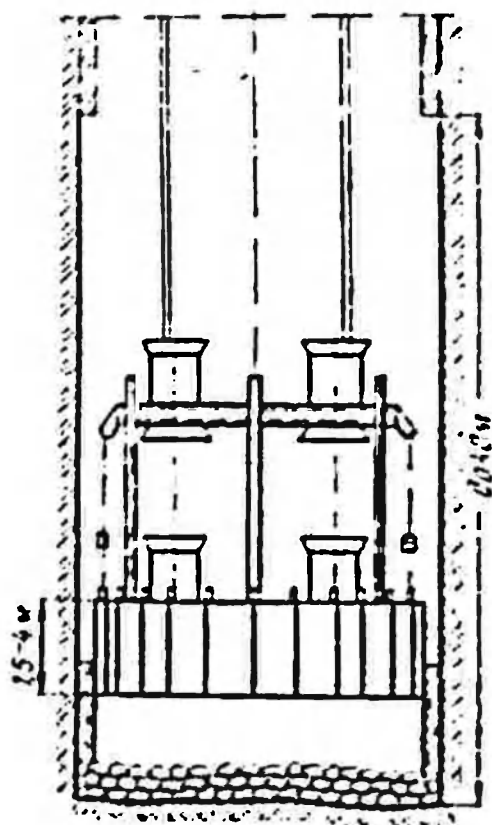


Рис. 56. Последовательная технологическая схема сооружения ствола

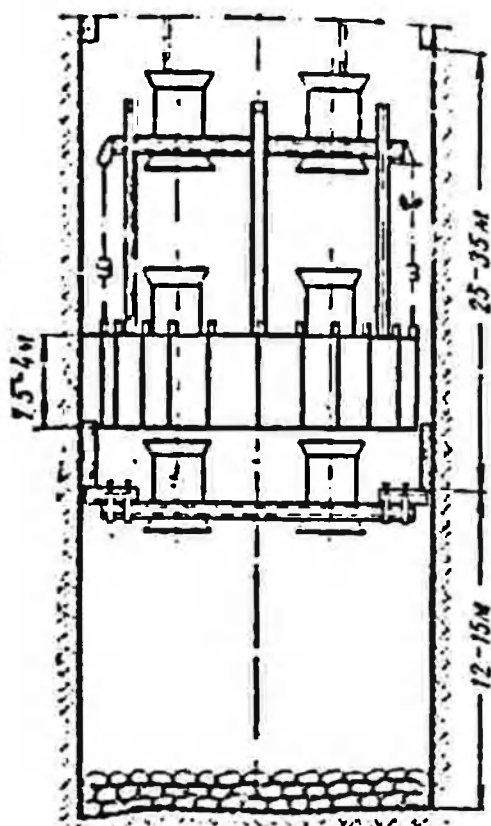


Рис. 57. Параллельная технологическая схема сооружения ствола

При параллельной технологической схеме возведение бетонной крепи производится также с помощью секционной передвижной опалубки, прикрепленной к подвесному проходческому полку. При такой организации работ возведение постоянной бетонной крепи ведут одновременно с выемкой породы (рис. 57). Передвижную секционную опалубку устанавливают на дощатый настил, уложенный на натяжном полке, и бетонруют опорный венец. Последующее бетонирование незакрепленного участка ствола производят так же, как и при последовательной технологической схеме. Работы по выемке породы в забое ствола прекращаются только во время взрывания шпуровых зарядов и подъема подвесного полка вместе с секционной опалубкой на следующую заходку. При параллельной технологической схеме возрастают скорости сооружения ствола, не требуется устройства пикотажных перемычек перед

креплением каждой новой заходки на высоту опалубки, стыки между заходками получаются качественными.

Параллельная схема организации работ имеет ряд существенных недостатков: необходимо, так же как и при последовательной схеме, возводить временную крепь или оставлять незакрепленным значительной высоты (до 40 м) участок ствола; усложняется оснащение ствола (две подъемные машины и соответственно большее количество проходческих лебедок) и др.

По параллельной технологической схеме с применением секционной опалубки, прикрепляемой к проходческому полку, соорудили стволы шахт «Гигант-Глубокая» РУ им. Дзержинского, «Новая» РУ им. Ильича, им. Фрунзе РУ им. Фрунзе (Кривбасс) и другие. Скорость сооружения стволов достигала свыше 70 м в месяц; скорость возведения бетонной крепи составляла 6—9 м в сутки. Высота секционной опалубки была 2—4 м. В настоящее время описанную схему организации работ не применяют.

Возведение бетонной крепи с помощью секционных или створчатых передвижных опалубок вслед за продвижением забоя в направлении сверху вниз производят по совместной технологической схеме.

В зависимости от местоположения передвижной опалубки в стволе и способа устройства пикотажной перемычки различают три разновидности этой технологической схемы: совместная с последовательным выполнением операций по возведению постоянной крепи и выемке породы; совместная с параллельным выполнением операций по возведению постоянной крепи и выемке породы и совместная с параллельным выполнением операций по укладке бетонной смеси за опалубку и погрузке породы.

Совместная технологическая схема с последовательным выполнением операций по возведению постоянной крепи и выемке породы (рис. 58) предусматривает применение секционной или створчатой опалубки, устанавливаемой непосредственно на выровненную взорванную породу. Пикотажной перемычкой в этом случае служит взорванная порода. При укладке бетонной смеси за опалубку погрузку породы в большинстве случаев не производят. Однако в стволах диаметром в свету более 6 м при высоте передвижной опалубки 3—4 м возможно некоторое совмещение операций по укладке бетонной смеси и погрузке породы. После укладки по всему периметру ствола быстросхватывающейся бетонной смеси на высоту примерно 1 м производят погрузку породы из центральной части забоя во избежание вытекания бетонной смеси из-за опалубки в ствол. После набора бетоном распалубочной прочности (по данным филиала ВНИИОМШС — 3—5 кг/см²) можно производить погрузку породы по всей площади забоя ствола.

При такой схеме не требуется возведения временной крепи, оснащение ствола простое, обеспечивается безопасность ведения работ и сравнительно невысокие трудовые и капитальные затраты.

Скорость сооружения ствола достаточно высокая — свыше 100 м в месяц (Криворожские шахты «Родина», «Новая-Южная» и др.). Рассмотренная схема получила широкое распространение во всех горнодобывающих бассейнах страны. Например, в Кривбассе и Рудном Алтае более 90% всех стволов сооружается по совместной схеме с последовательным выполнением операций.

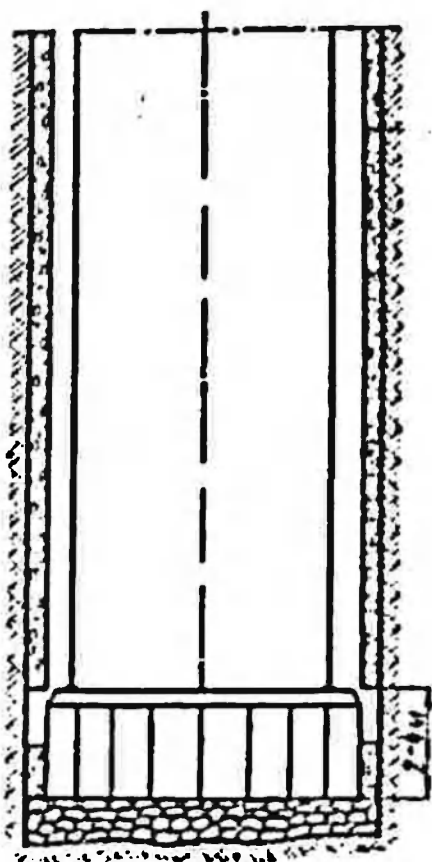


Рис. 58. Совместная технологическая схема с последовательным выполнением операций по выемке породы и возведению постоянной крепи

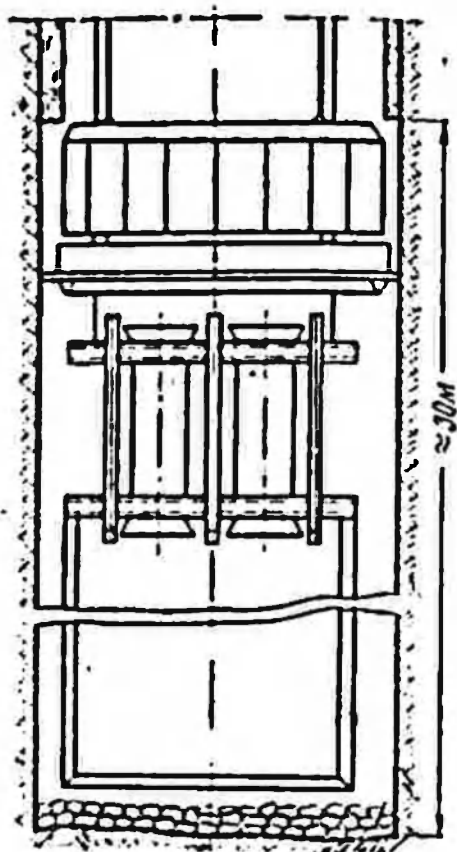


Рис. 59. Совместная технологическая схема с параллельным выполнением операций по выемке породы и возведению постоянной крепи

Следует, однако, отметить, что при такой организации работ неизбежны простои проходчиков, так как на укладке бетонной смеси задерживается не более двух рабочих. Кроме того, отсутствие параллельности при выполнении работ по креплению и выемке породы не позволяет значительно увеличить скорость сооружения ствола (более 150—200 м).

При совместной схеме с параллельным выполнением операций по выемке породы и возведению постоянной крепи бетонирование ствола ведут на расстоянии от забоя примерно 30 м (рис. 59) в направлении сверху вниз с применением передвижной опалубки и опорного поддона. В незакрепленном участке ствола размещают металлический щит-оболочку, выполняющий функции временной крепи.

Операции по выемке породы прекращают при взрывании шпуровых зарядов, перемещении проходческого оборудования и устройстве пикетажной перемычки, после чего в одном звене ствола одновременно ведут бетонирование и выемку породы.

При такой технологической схеме на шахте «Пролетарская-Глубокая» в 1964 г. были достигнуты рекордные скорости сооружения ствола (390,5 м в месяц).

Поскольку описанная организация работ требует больших капитальных затрат на оснащение ствола, усложняет оснащение как поверхности, так и ствола, ее целесообразно применять только при необходимости соорудить ствол с очень высокой скоростью. Кроме того, область применения этой технологической схемы ограничивается условием, чтобы сооружаемые стволы пересекали породы слабые и средней крепости.

Опыт применения длинного щита-оболочки в условиях крепких пород Кривбасса (шахта «Гвардейская») показал его непригодность. После сооружения 250—300 м ствола щит был настолько деформирован, что его пришлось удалить.

Для одновременного выполнения таких операций, как укладка бетонной смеси и погрузка взорванной породы применяют секционную опалубку с опорным поддоном. Возведение бетонной крепи в этом случае ведут на некотором расстоянии от забоя ствола в направлении сверху вниз (рис. 60).

Применение опорного поддона позволяет устраивать пикетажную перемычку на расстоянии 1,5—2 м от забоя и создает возможность вести работы по сооружению ствола на двух отметках: в забое и на опалубке.

Работы в забое прекращают во время взрывания шпуровых зарядов, перемещения проходческого оборудования и устройства перемычки. В остальное время укладку бетонной смеси за опалубку и погрузку породы ведут одновременно.

По совместной технологии с параллельной укладкой бетонной смеси и погрузкой породы сооружали ряд стволов в Кривбассе (шахты «Артем», «Вентиляционная» № 3 и др.). Скорости возведения крепи достигали 8 м в сутки.

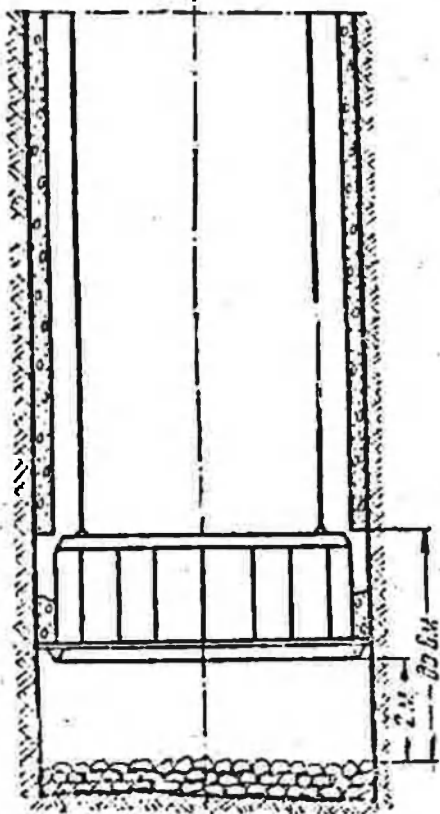


Рис. 60. Совместная технологическая схема с параллельным выполнением операций по укладке бетонной смеси за опалубку и погрузке породы

Основными достоинствами рассмотренной схемы (кроме параллельности выполнения работ по креплению и погрузке породы) являются: сравнительно несложное оснащение ствола, небольшая численность проходческой бригады (по сравнению с параллельным выполнением операций по выемке породы и возведению крепи), отсутствие временной крепи и др.; недостатками — дополнительные затраты труда и времени на устройство и разборку пикетажной перемычки, более сложная конструкция секционной опалубки, менее безопасные условия работы проходчиков, занимающихся возведением бетонной крепи, чем при остальных рассмотренных схемах, и др.

Совместная технологическая схема производства работ получила повсеместное распространение при сооружении стволов шахт как в СССР, так и за рубежом.

В настоящее время наибольшее применение имеет совместная технологическая схема производства работ с последовательным выполнением операций по выемке породы и возведению постоянной крепи.

2. Трудовые затраты при бетонировании ствола

В основу анализа вариантов совместной технологической схемы при последовательном и параллельном выполнении операций по выемке породы и возведению бетонной крепи положены показатели трудовых и капитальных затрат. Как указывалось выше, скорость возведения крепи при любом варианте может быть достаточно высокой, поэтому она не предопределяет в окончательной мере эффективность той или иной технологии. В сооружаемых стволах, где применяли передвижные опалубки различных конструкций и, следовательно, различные технологические схемы, были проведены необходимые хронометражные наблюдения. Результаты этих наблюдений — хронометражные данные о средних затратах труда и времени за один цикл бетонирования приведены в табл. 42.

Приведенные данные показывают, что часть подготовительно-вспомогательных операций является необходимой для передвижных опалубок всех рассмотренных конструкций. При равных параметрах передвижных опалубок (рабочая высота, внешний диаметр) эти операции совпадают по продолжительности и трудовым затратам. Поэтому преимущества или недостатки каждого типа передвижной опалубки зависят от продолжительности и трудоемкости тех операций, которые являются характерными лишь для их конструкции (табл. 43).

Суммарные трудовые затраты состоят из затрат труда на основные и вспомогательные операции. Трудовые затраты на основ-

Таблица 42

Таблица 42

Операции	Затраты на один цикл бетонирования							
	время, мин	трудо-, чел.-мин	время, мин	трудо-, чел.-мин	время, мин	трудо-, чел.-мин	время, мин	трудо-, чел.-мин
Опалубка без поддона	Опалубка с опорным поддоном			отъемным	регулируемым			
	жестким							
<i>Подготовительно-вспомогательные</i>								
Планирование взорванной породы	35	140	—	—	—	—	—	—
Сжатие опалубки и освобождение стыковой планки . .	17	68	17	68	17	68	17	68
Обивка уступов на стыке . .	9	36	9	36	9	36	9	36
Опускание опалубки	7	14	7	14	7	14	7	14
Центрирование опалубки . .	16	48	16	48	16	48	16	48
Разжатие опалубки и расклинивание стыковой планки	18	72	18	72	18	72	18	72
Подсыпка породы	12	48	—	—	—	—	—	—
Разбор пикетажной перемычки	—	—	29	116	25	100	29	116
Укладка дощатого веера в опорный поддон	—	—	84	336	44	176	64	256
Расклинивание опалубки с помощью домкратов . .	—	—	5	20	—	—	10	20
Сжатие опережающей опалубки-поддона	—	—	—	—	22	88	—	—
Спуск опережающей опалубки-поддона и центрирование	—	—	—	—	11	44	—	—
Наращивание бетоноразводящего устройства	—	—	—	—	32	64	—	—
Снятие части бетоноразводящего устройства	—	—	—	—	27	54	—	—
Поднятие кожуха опалубки .	—	—	—	—	—	—	4	16
Опускание опалубки	—	—	—	—	—	—	10	20
Итого	114	426	185	710	228	764	174	666
<i>Основные</i>								
Укладка бетонной смеси за опалубку-поддон . . .	—	—	—	—	17	68	—	—
Укладка бетонной смеси за опалубку	67	134	67	134	60	120	67	134
Заделка стыка	30	120	30	120	30	120	30	120
Итого	97	254	97	254	107	308	97	257
Всего	211	680	282	964	335	1072	271	920

Таблица 43

Опалубка	Операции	Средние затраты на один цикл бетонирования		Доля затрат времени и общей продолжительности операций, %	Доля затрат труда в общей трудоемкости, %	
		времени, мин	труда, чел.-мин			
Для передвижных опалубок всех конструкций						
	Подготовительно-вспомогательные					
	Сжатие опалубки	17	68	8,06	10,00	
	Обивка уступов на стыках	9	36	4,27	5,28	
	Опускание опалубки	7	14	3,32	2,06	
	Центрирование опалубки	16	48	7,58	7,06	
	Разжатие опалубки	18	72	8,53	10,61	
	Итого	67	238	—	—	
Для опалубки определенной конструкции						
Без опорного поддона	Подготовительно-вспомогательные					
	Цилиндрование в жарванной горюди	35	140	16,59	20,59	
	Подсыпка горюди	12	48	5,69	7,06	
	Итого	47	188	—	—	
	Основные					
	Укладка бетонной смеси за опалубку	67	131	31,71	19,70	
	Заделка стыка	30	120	14,22	17,65	
	Итого	97	254	—	—	
	С жестким поддоном	Подготовительно-вспомогательные				
		Разбор пикетажной перемычки	29	116	10,29	12,03
Укладка дощатого верха в опорный поддон		81	336	29,80	34,88	
Расклипывание опалубки с помощью домкратов		5	20	1,77	2,07	
Итого		118	472	—	—	
Основные						
Укладка бетонной смеси за опалубку		67	131	23,76	13,89	
Заделка стыка		30	120	10,61	12,45	
Итого		97	254	—	—	

Продолжение табл. 43

Опалубка	Операция	Средние затраты на один цикл бетонирования		Доля затрат времени в общей продолжительности операции, %	Доля затрат труда в общей трудоемкости, %
		временн., мин	труда, чел-мин		
С отъемным поддоном-опалубкой	<i>Подготовительно-вспомогательные</i>				
	Сжатие опалубки-поддона	22	88	6,77	8,37
	Спуск и центрирование опалубки-поддона	11	44	3,38	4,19
	Разбор пикетажной перемычки	25	100	7,69	9,50
	Укладка дощатого всеера в поддон	44	176	13,54	16,73
	Наращивание бетоноразводящего устройства	32	64	9,84	6,08
	Снятие части бетоноразводящего устройства	27	54	8,31	5,14
	Итого	161	526	—	—
	<i>Основные</i>				
	Укладка бетонной смеси за опалубку-поддон	17	68	5,23	6,27
	Укладка бетонной смеси за опалубку	50	100	15,39	9,50
	Заделка стыка	30	120	9,23	11,40
	Итого	97	288	—	—
С опережающим поддоном	<i>Подготовительно-вспомогательные</i>				
	Разбор пикетажной перемычки	29	116	10,71	12,61
	Поднятие кожуха опалубки	4	16	1,47	1,74
	Укладка дощатого всеера	64	256	23,61	27,82
	Опускание кожуха опалубки	10	20	3,69	2,18
	Расклинивание опалубки	10	20	3,69	2,18
	Итого	107	428	—	—
	<i>Основные</i>				
	Укладка бетонной смеси за опалубку	67	134	24,70	17,58
	Заделка стыка	30	120	11,10	13,04
	Итого	97	254	—	—

Примечание. Рабочая высота опалубки 3 м.

ные операции за один цикл бетонирования определяют по формуле

$$T_1 = \frac{S_0 h n}{q}, \text{ чел-ч}, \quad (42)$$

где S_0 — расход бетонной смеси на 1 м ствола, м^3 ;
 h — рабочая высота опалубки, м;
 n — количество рабочих, занятых на укладке бетонной смеси;
 q — производительность укладки бетонной смеси, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$S_0 = \frac{k_n \pi (D + d) \delta}{2},$$

где k_n — коэффициент перебора породы;
 D — диаметр ствола в проходке, м;
 d — диаметр ствола в свету, м;
 δ — толщина крепи, м.

Трудовые затраты на выполнение вспомогательных операций за один цикл бетонирования определяют по формуле

$$T_2 = \sum t_i n_i, \quad (43)$$

где t_i — продолжительность i -той вспомогательной операции, мин;
 n_i — количество рабочих, занятых на выполнении i -той вспомогательной операции.

Суммарные трудовые затраты за весь цикл крепления составят

$$T = T_1 + T_2 = \frac{S_0 h n}{q} + \sum t_i n_i. \quad (44)$$

Зная объем бетонной смеси, который необходимо уложить за опалубку, можно определить удельные трудовые затраты на 1 м^3 бетона:

$$0 = \frac{\frac{S_0 h n}{q} + \sum t_i n_i}{S_0 h} = \frac{n}{q} + \frac{\sum t_i n_i}{S_0 h}$$

или, заменив S_0 ,

$$0 = \frac{n}{q} + \frac{2 \sum t_i n_i}{k_n \pi (D + d) \delta h}. \quad (45)$$

Эта формула показывает зависимость удельных трудовых затрат при различных технологических схемах возведения крепи от основных параметров сооружаемого ствола и опалубки (диаметр ствола в свету и в проходке, толщина крепи, рабочая высота опалубки), количества занятых на креплении рабочих и производительности укладки бетонной смеси.

3. Трудоемкость подготовительно-вспомогательных операций

Проанализируем данные табл. 43, составленной на основании хронометражных наблюдений, проведенных в сооружаемых стволах диаметром в свету 6,5 м при толщине крепи 0,25 м. Бетонную смесь доставляли в ствол по трубам, производительность укладки бетонной смеси 25 м³/ч.

Операции, общие для передвижных секционных опалубок всех конструкций. *Сжатие опалубки.* Трудовые затраты на эту операцию зависят от количества пар фаркопов в опалубке, что, в свою очередь, определяется диаметром ствола в свету:

Диаметр ствола в свету, м	3,5—5,0	5,0—6,5	6,5—7,5	7,5
Количество пар фаркопов	1	2	3	4

Затраты труда на освобождение стыковой планки и сжатие одной пары фаркопов, по данным хронометражных наблюдений, составляют 34 чел-мин.

В зависимости от количества пар фаркопов (1, 2, 3 и 4) суммарные трудовые затраты на один цикл бетонирования составят соответственно 34, 68, 102 и 136 чел-мин.

Удельные затраты труда на 1 м³ бетонной смеси зависят от толщины крепи и рабочей высоты передвижной опалубки. Данные об удельных затратах труда на названную операцию при суммарных трудовых затратах на один цикл бетонирования 68 чел-мин приведены в табл. 44.

Т а б л и ц а 44

Рабочая высота опалубки, м	Объем бетонной смеси, уложенной за один цикл бетонирования, м ³	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел-мин
1	6,9	9,85
2	13,8	4,92
3	20,7	3,28
4	27,6	2,46
5	34,5	1,97
6	41,4	1,64

Разжатие опалубки. Трудовые затраты на эту операцию также зависят от диаметра ствола, т. е. от количества пар фаркопов. Данные об удельных затратах труда на эту операцию при суммарных трудовых затратах на один цикл бетонирования 72 чел-мин приведены в табл. 45.

Опускание опалубки. Затраты труда на опускание опалубки зависят от ее рабочей высоты, поскольку она влияет на продолжительность выполнения этой операции. Диаметр ствола на продолжительность опускания опалубки не влияет, однако при увеличении диаметра ствола трудоемкость операции возрастает в

Таблица 45

Рабочая высота опалубки, м	Объем бетонной смеси, уложенной за один цикл бетонирования, м ³	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетон- ной смеси, чел.-мин
1	6,9	10,40
2	13,8	5,22
3	20,7	3,48
4	27,6	2,61
5	34,5	2,09
6	41,4	1,74

связи с увеличением численности рабочих, занятых на ее выпол-
нении.

Удельные трудовые затраты на опускание опалубки в зависи-
мости от ее высоты приведены в табл. 46.

Таблица 46

Рабочая высота опалубки, м	Суммарные за- траты труда на один цикл бето- нирования, чел.-мин	Объем бетонной смеси, уложенной за один цикл бетонирования, м ³	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел.-мин
1	8	6,9	1,16
2	10	13,8	0,72
3	12	20,7	0,58
4	14	27,6	0,41
5	16	34,5	0,46
6	18	41,4	0,43

Обивка уступов на стыках бетонруемых заходок характерна для секционных передвижных опалубок, верхняя кромка которых оканчивается скошенной частью (козырьком), отклоненной внутрь ствола. При такой конструкции обечайки опалубки стыки бетонруемых заходок получают более качественные и обеспечивается монолитность крепи.

Трудовые затраты на обивку уступов на стыках зависят от диаметра ствола и рабочей высоты опалубки. Данные об удельных затратах труда на выполнение этой операции в стволе диаметром 6,5 м при суммарных трудовых затратах на один цикл бетонирования 36 чел.-мин приведены в табл. 47.

Удельные затраты труда на обивку уступов в зависимости от диаметра ствола при рабочей высоте опалубки 3 м приведены в табл. 48.

Удельные трудовые затраты на обивку уступов, отнесенные на 1 м³ бетонной смеси, как видно по данным табл. 48, практически не зависят от диаметра ствола, изменяясь всего лишь на 0,04 чел.-мин при изменении диаметра ствола от 4 до 8 м.

Таблица 47

Рабочая высота опалубки, м	Объем бетонной смеси, уложенной за одни цикл бетонирования, м ³	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел.-мин
1	6,9	5,20
2	13,8	2,60
3	20,7	1,74
4	27,6	1,30
5	34,5	1,04
6	41,4	0,87

Таблица 48

Диаметр ствола в свету, м	Суммарные затраты труда на один цикл бетонирования, чел.-мин	Объем бетонной смеси, уложенной за один цикл бетонирования, м ³	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел.-мин
4,0	22,2	17,35	1,28
5,0	27,6	21,44	1,29
6,0	33,4	25,5	1,30
6,5	36,0	27,6	1,305
7,0	38,9	29,6	1,31
8,0	44,3	33,7	1,32

Центрирование опалубки. Продолжительность центрирования опалубки и затраты труда на эту операцию незначительно возрастают с увеличением диаметра ствола и рабочей высоты опалубки. Удельные затраты труда на 1 м³ бетонной смеси практически не изменяются в зависимости от этих показателей. Трудовые затраты на центрирование опалубки зависят в основном от конструкции опалубки. Для опалубок без приспособления для самоцентрирования, с направляющими лыжами и с опережающим опорным поддоном и приспособлением для самоцентрирования на один цикл бетонирования они составляют соответственно 105, 46 и 86 чел.-мин.

Операции, характерные для секционной опалубки определенной конструкции. Продолжительность разравнивания взорванной породы и трудовые затраты на эту операцию зависят от площади поперечного сечения ствола. При увеличении диаметра ствола абсолютная величина трудовых затрат возрастает.

С увеличением высоты передвижной опалубки уменьшаются удельные затраты труда на разравнивание породы, отнесенные на 1 м³ бетонной смеси, поскольку при этом увеличивается объем уложенного бетона. Данные о трудовых затратах на выравнивание взорванной породы при рабочей высоте опалубки 4 м приведены в табл. 49.

Таблица 49

Диаметр ствола в свету, м	Суммарные затраты труда на один цикл бетонирования, чел-мин	Объем бетонной смеси, уложен- ной за один цикл бетониро- вания, м ³	Удельные затра- ты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел-мин
4,0	112	17,35	6,45
5,0	140	21,41	6,52
6,0	160	25,50	6,58
6,5	182	27,60	6,62
7,0	196	29,60	6,65
8,0	221	33,70	6,69

Как показывают данные таблицы, удельные затраты труда на выравнивание взорванной породы практически не зависят от диаметра ствола, так как при изменении диаметра от 4 до 8 м они возрастают всего на 0,24 чел-мин/м³. Изменение удельных затрат труда в зависимости от высоты опалубки при суммарных трудовых затратах на один цикл бетонирования 182 чел-мин показано в табл. 50.

Таблица 50

Рабочая высота опалубки, м	Объем бетонной сме- си, уложенной за один цикл бетони- рования, м ³	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетон- ной смеси, чел-мин
1	6,9	23,68
2	13,8	13,16
3	20,7	8,78
4	27,6	6,58
5	34,5	5,27
6	41,4	4,39

Подсыпка породы представляет собой аналогичную операцию, поэтому зависимость трудовых затрат на ее выполнение от диаметра ствола и высоты опалубки такая же, как и при разравнивании породы.

Устройство дощатой пикетажной перемычки в опорном поддоне является самой продолжительной и трудоемкой вспомогательной операцией. Данные о затратах труда на выполнение этой операции при высоте передвижной опалубки 3 м приведены в табл. 51. Хронометражные наблюдения были проведены при использовании передвижной секционной опалубки с жестко присоединенным опорным поддоном. Трудовые затраты на устройство пикетажной дощатой перемычки, по данным хронометражных наблюдений, составили 4,12 чел-мин на 1 м периметра ствола.

Как показывают данные табл. 51, удельные затраты труда на устройство дощатой перемычки, отнесенные на 1 м³ бетонной

Таблица 51

Диаметр ствола в сечу, м	Суммарные затраты труда на один цикл бетонирования, чел.-мин	Объем бетонной смеси, уложенной за один цикл бетонирования, м ³	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел.-мин
4,0	51,75	17,35	2,98
5,0	64,75	21,44	3,02
6,0	77,60	25,50	3,04
6,5	81,00	27,60	3,05
7,0	90,60	29,60	3,06
8,0	103,40	33,70	3,07

смеси, практически не зависят от диаметра ствола, так как при увеличении диаметра от 4 до 8 м возрастают всего лишь на 0,09 чел.-мин.

Толщина крепи также не оказывает существенного влияния на удельные затраты труда по устройству дощатой пикетажной перемычки. Данные об удельных затратах труда на эту операцию при использовании опалубок разной высоты и с различной конструкцией поддонов приведены в табл. 52.

Таблица 52

Рабочая высота опалубки, м	Суммарные затраты труда на один цикл бетонирования (чел.-мин) при использовании опалубки			Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси (чел.-мин) при использовании опалубки		
	с жестким поддоном	с регулируемым поддоном	с отъемным поддоном	с жестким поддоном	с регулируемым поддоном	с отъемным поддоном
1				48,70	37,10	25,50
2				24,30	18,51	12,75
3	336	256	176	16,20	12,36	8,50
4				12,20	9,28	6,47
5				8,73	7,42	5,10
6				8,12	6,18	4,25

Разбор пикетажной перемычки при перемещении опалубки на нижележащую заходку является операцией, обратной устройству перемычки в опорном поддоне. По данным хронометражных наблюдений, при использовании опалубки с жестко соединенным опорным поддоном трудовые затраты по разборке пикетажной перемычки на 1 м периметра ствола составляют 5,68 чел.-мин. Удельные затраты труда на эту операцию, так же как и при устройстве дощатой перемычки, практически не зависят от диаметра ствола и при изменении его от 4 до 8 м увеличиваются всего на 0,12 чел.-мин (табл. 53).

Таблица 53

Диаметр ствола в свету, м	Суммарные затраты труда на один цикл бетонирования, чел.-мин	Удельные затраты труда на 1 м ³ бетон- ной смеси, чел.-мин
4,0	71,4	4,12
5,0	89,3	4,17
6,0	107,2	4,20
6,5	116,0	4,21
7,0	125,0	4,22
8,0	143,0	4,21

В зависимости от высоты опалубки удельные затраты труда по разбору пикетажной перемычки при суммарных трудовых затратах на один цикл бетонирования 116 чел.-мин изменяются следующим образом:

Рабочая высота опалубки, м . .	1	2	3	4	5	6
Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел.-мин	16,8	8,1	5,6	4,2	3,36	2,8

Расклинивание передвижной опалубки с помощью домкратов вызвано проседанием ее под действием давления бетонной смеси и связанного с этим вытягивания канатов. Проседание опалубки становится заметным с увеличением глубины стволов свыше 500 м. Проседание опалубки вызывает нарушение пикетажной перемычки, сопровождается значительными потерями бетонной смеси и нарушением монолитности крепи. Для надежной фиксации опалубки используют домкраты, с помощью которых производят ее расклинивание. Количество домкратов от диаметра опалубки не зависит, обычно устанавливают четыре домкрата. Трудовые затраты на расклинивание опалубки практически не изменяются с увеличением диаметра ствола и высоты опалубки. Удельные затраты труда на выполнение этой операции при суммарных трудовых затратах на один цикл бетонирования 20 чел.-мин зависят от высоты опалубки следующим образом:

Рабочая высота опалубки, м . .	1	2	3	4	5	6
Удельные затраты на 1 м ³ бе- тонной смеси, чел.-мин . . .	2,9	1,45	0,97	0,72	0,58	0,48

Поднятие и опускание полуцилиндров в секционной опалубке производят с помощью домкратов, смонтированных в каркас жесткости. Трудоемкость выполнения этих операций, как и расклинивание опалубки, не зависит ни от диаметра ствола, ни от рабочей высоты опалубки. Удельные затраты труда при суммарных трудовых затратах на один цикл бетонирования 16 чел.-мин зависят от высоты опалубки следующим образом:

Рабочая высота опалубки, м . .	1	2	3	4	5	6
Удельные затраты труда на 1 м ³ бетонной смеси, чел.-мин . .	2,32	1,16	0,77	0,58	0,46	0,39

4. Анализ эффективности применения секционных опалубок

Прежде чем приступить к определению эффективности применения той или иной передвижной секционной опалубки, необходимо рассмотреть вопрос об эффективности передвижной опалубки с опорным поддоном и без него.

Секционные опалубки с опорными поддонами, как указывалось выше, отличаются различными конструктивными решениями последних.

Устройство пикетажной перемычки является наиболее трудоемкой и продолжительной вспомогательной операцией. Затраты времени и труда на ее выполнение определяются конструкцией опорного поддона. В связи с этим устройство перемычки в значительной мере определяет эффективность применения опалубки с той или иной конструкцией опорного поддона. Данные о продолжительности затрат труда по устройству дощатой пикетажной перемычки в зависимости от конструкции применяемого опорного поддона приведены в табл. 54.

Таблица 54

Секционная опалубка с опорным поддоном	Средние затраты на один цикл		Доля затрат времени в об- щей продол- жительности операций, %	Доля за- трат труда в общей трудоем- кости, %
	времени, мин	труда чел.-мин		
Жестко прикрепленным	81	336	29,8	31,88
Регулируемым	61	256	23,6	27,82
Отъемным	44	176	13,51	16,73

На основании данных, приведенных в табл. 54, можно установить, что по затратам времени и труда на устройство дощатой пикетажной перемычки наиболее рациональным является использование отъемного опорного поддона. Однако вывод о преимуществе передвижной опалубки с отъемным поддоном был бы преждевременным, так как в данном случае необходимо проанализировать все операции, связанные с устройством пикетажной перемычки.

Устройство перемычки при использовании опалубок с отъемным и регулируемым поддонами связано с необходимостью выполнения ряда дополнительных операций, которые отсутствуют при использовании опалубки с жестко прикрепленным опорным поддоном.

Данные о затратах труда и времени на устройство пикетажной перемычки с учетом всех вспомогательных операций в зависимости от конструкции поддонов приведены в табл. 55.

Таким образом, по минимальным затратам труда наиболее эффективной является передвижная опалубка с регулируемым поддоном. Следует отметить, что для нее не требуется дополни-

Таблица 55

Секционная опалубка с опорным поддоном	Операция	Средние затраты на один цикл		Отношение (%) к общей	
		время, мин	труда, чел.-мин	продолжительности операции	трудоемкости
Жестко прикрепленным Регулируемым	Устройство дощатой перемычки	81	336	29,8	31,88
	Поднятие полуцилиндров опалубки	4	16	1,47	1,74
	Устройство дощатой перемычки	61	256	23,61	27,82
	Опускание полуцилиндров опалубки	10	20	3,69	2,18
	Итого . . .	78	292	28,77	31,74
Отъемным	Сжатие опалубки-поддона и отрыв от бетона	22	88	6,77	8,37
	Спуск опалубки-поддона и центрирование	11	44	3,38	4,19
	Устройство дощатой перемычки	44	176	13,51	16,73
	Наращивание бетоноразводящего приспособления	32	64	9,84	6,08
	Снятие бетоноразводящего приспособления до верха опалубки	27	51	8,31	5,14
	Итого . . .	136	426	41,81	40,51

тельных лебедок на поверхности, необходимых для подвески отъемного поддона. Это является важным преимуществом, так как сокращаются капитальные затраты на оснащение ствола.

Секционная опалубка без опорного поддона, устанавливаемая непосредственно на выровненную взорванную породу, характеризуется тем, что ее применение в отличие от использования опалубки с опорным поддоном требует практически полного прекращения работ по проходке ствола в период укладки за опалубку бетонной смеси.

Сравним применение опалубок без опорного поддона и с регулируемым поддоном. В последнем случае укладка бетонной смеси во времени совмещается с погрузкой породы. Следовательно, при использовании опалубки с опорным поддоном продолжительность несовмещенных операций не зависит от продолжительности укладки бетонной смеси, что является важным преимуществом такой конструкции. Однако затраты труда на обслуживание опалубки, устанавливаемой на выровненную породу, меньше, чем на обслуживание опалубки с опорным поддоном (табл. 56).

Опалубка	Операции	Средние затраты времени и труда при укладке бетонной смеси, м³/ч									
		5		10		15		20		25	
		м/ч	чел.-м/ч	м/ч	чел.-м/ч	м/ч	чел.-м/ч	м/ч	чел.-м/ч	м/ч	чел.-м/ч
С опорным регулируемым поддоном	Подготовительно-вспомогательные	174	666	174	666	174	666	174	666	174	666
	Основные	336	672	168	336	112	224	84	168	67	134
	Укладка бетонной смеси за опалубку Заделка стыка	30	120	30	120	30	120	30	120	30	120
Без поддона	Итого	366	792	198	456	142	314	114	288	97	254
	Всего	540	1458	372	1122	316	1010	288	954	271	920
	Подготовительно-вспомогательные	114	426	114	426	114	426	114	426	114	426
	Основные	336	672	168	336	112	224	84	168	67	134
	Укладка бетонной смеси за опалубку Заделка стыка	30	120	30	120	30	120	30	120	30	120
	Итого	366	792	198	456	142	314	114	288	97	254
	Всего	480	1218	312	882	256	770	228	714	211	680

На основании данных, приведенных в табл. 56, построены графики зависимости продолжительности несомкнутых операций от производительности укладки бетонной смеси (рис. 61).

Эти графики показывают, что до производительности укладки бетонной смеси $28 \text{ м}^3/\text{ч}$ продолжительность несомкнутых опе-

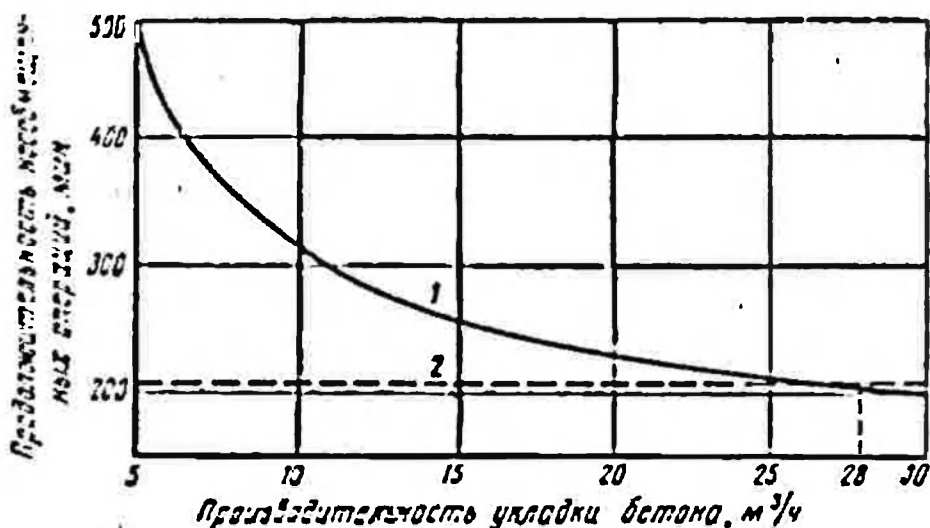


Рис. 61. Графики зависимости продолжительности несомкнутых операций от производительности укладки бетонной смеси:

1 — опалубка без поддона; 2 — опалубка с регулируемым поддоном

раций при использовании опалубки с регулируемым опорным поддоном ниже, чем при использовании опалубки без поддона. Если учесть то, что производительность укладки бетонной смеси выше $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ практически обеспечить очень трудно, то ясно, что продолжительность несомкнутых операций при использовании опалубки с регулируемым поддоном всегда будет ниже. Эта разность особенно сильно возрастает со снижением производительности укладки бетонной смеси. Трудовые затраты на возведение бетонной крепи при использовании опалубки без опорного поддона будут ниже, чем при опалубке с регулируемым поддоном для любой производительности укладки бетонной смеси (рис. 62). При различных темпах укладки бетонной смеси разность между трудовыми затратами остается постоянной.

Таким образом, применение опалубки с регулируемым поддоном позволяет сократить затраты времени на возведение постоянной крепи, но при этом увеличиваются трудовые затраты. Следовательно, если экономический эффект от сокращения времени возведения крепи превысит затраты, связанные с увеличением трудоемкости, то применение этой опалубки будет целесообразно.

Для определения эффективности применения того или иного вида передвижной опалубки с учетом разности трудовых затрат,

получаемой за счет подготовительно-вспомогательных операций, можно пользоваться неравенством

$$\Delta C \geq \left(\sum_{i=1}^k t_i n_i - \sum_{i=1}^m t'_i n'_i \right) \frac{H_r \gamma}{60 \cdot h}, \quad (46)$$

где ΔC — годовая экономия общешахтных расходов при использовании опалубки с регулируемым опорным поддоном, руб.;

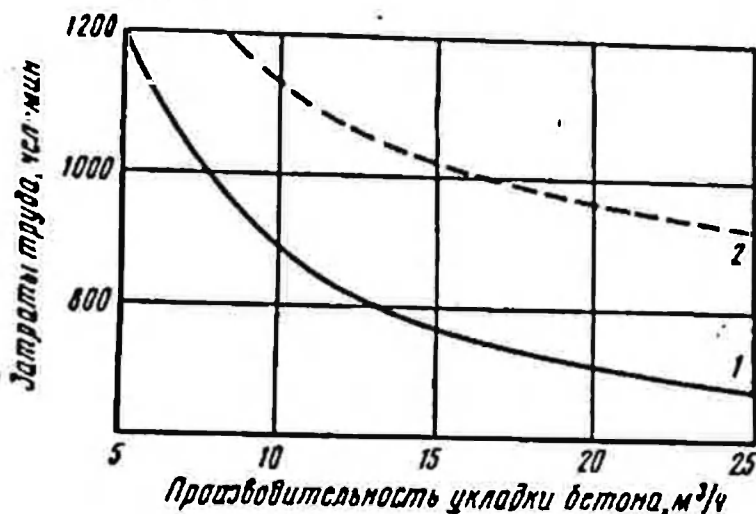


Рис. 62. Графики зависимости затрат труда на возведение бетонной крепи от производительности укладки бетонной смеси:

1 — опалубка без поддона; 2 — опалубка с регулируемым поддоном

h — количество подготовительно-вспомогательных операций при использовании опалубки с регулируемым поддоном;

m — количество подготовительно-вспомогательных операций при использовании опалубки без поддона;

t_i — продолжительность i -той вспомогательной операции при использовании опалубки с регулируемым поддоном, мин;

n_i — количество рабочих, занятых на выполнении i -той вспомогательной операции;

t'_i — продолжительность i -той вспомогательной операции при использовании опалубки без поддона, мин;

n'_i — количество рабочих, занятых на выполнении i -той вспомогательной операции;

H_r — годовое подвигание ствола, м;

γ — стоимость 1 чел-ч ($\gamma = 1,28$ руб.);

$\frac{H_r}{h}$ — количество циклов по возведению крепи в год.

Сокращение затрат времени представляет собой разность между продолжительностью полного цикла крепления при использовании опалубки, устанавливаемой на выровненную породу, и

при использовании опалубки с регулируемым поддоном за вычетом времени, затрачиваемого на укладку бетонной смеси, так как эта операция совмещается с проходческими работами при использовании опалубки с поддоном.

Таким образом, можно записать

$$\Delta t = \frac{1}{60} \left[\frac{\frac{S_n h}{q} + \sum_{i=1}^m t_i}{h} - \frac{\sum_{i=1}^k t'_i}{h} \right] =$$

$$= \left[\frac{k_n \pi (D+d) \delta}{120q} + \frac{\sum_{i=1}^m t_i - \sum_{i=1}^k t'_i}{60 \cdot h} \right]. \quad (47)$$

Первая часть выражения показывает затраты времени, связанные с более высокими затратами труда при использовании передвижной опалубки с регулируемым опорным поддоном. До тех пор пока соблюдается неравенство, экономически более эффективной является опалубка с регулируемым опорным поддоном.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что, если производительность укладки бетонной смеси q составляет примерно $15 \text{ м}^3/\text{ч}$, рационально применять опалубку с регулируемым опорным поддоном; при $q=25-28 \text{ м}^3/\text{ч}$ и более несомненное преимущество имеет передвижная опалубка, устанавливаемая на выровненную взорванную породу. Если же производительность укладки бетонной смеси составляет от 15 до $25 \text{ м}^3/\text{ч}$, то рациональность применения рассмотренных видов опалубки определяется с помощью предлагаемой выше методики.

5. Определение оптимальной рабочей высоты опалубки

Рабочая высота передвижных металлических опалубок, применяемых в настоящее время при сооружении вертикальных стволов шахт в отечественной практике, составляет от 1,5 до 5 м. Опыт зарубежных шахтостроителей показывает, что этот основной технологический параметр передвижной опалубки изменяется также довольно широко. Так, например, при сооружении ствола № 1 рудника «Либапон» (ЮАР) возведение монолитной бетонной крепи производили с помощью переставной металлической опалубки высотой 0,76 м. На стволе № 2 рудника «Влакфонтейн» использовали передвижную металлическую опалубку с рабочей высотой 3,35 м. Этот ствол сооружали по совместной технологической схеме с параллельным выполнением операций по выемке породы и возведению постоянной бетонной крепи.

Возведение монолитной бетонной крепи при сооружении ствола № 2 рудника «Фри Стейт Саайплаас» (ЮАР) производили также параллельно с выемкой породы в направлении сверху вниз в одном звене ствола с помощью передвижной металлической опалубки высотой 4,5 м.

В комплекс оборудования для возведения бетонной крепи, разработанной голландской фирмой «Лэвен», входит скользящая опалубка высотой 1 м.

В США при проходке ствола шахты «Инднан-Крик» применяли передвижную опалубку высотой 6 м, которую обслуживали с клетки-полка, а на шахте «Маклин» в Ньюфаундленде бетонную крепь возводили с помощью передвижной опалубки высотой 12 м, которую устанавливали на взорванную породу.

В ЧССР в стволе шахты «Пасков» применяли передвижную опалубку общей высотой 7 м и рабочей высотой 4 м.

При сооружении ствола на шахте «Синхейдр» (Англия) бесто- ширование производили, используя передвижную секционную опалубку высотой 3,5 м.

Мнения специалистов по вопросу о рациональной рабочей высоте передвижной опалубки различны. Однако следует полагать, что должна быть оптимальная величина этого параметра.

В ряде горнодобывающих бассейнов страны (Криворожский, Рудный Алтай) вертикальные стволы шахт перескают весьма устойчивые породы с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протоdjяконова $f=8-18$. В связи с этим по фактору устойчивости обнаженных участков ствола рабочая высота опалубки может быть увеличена до 8—10 м. Конструктивно выполнение передвижной опалубки с такой рабочей высотой вполне осуществимо. Естественно, что с увеличением рабочей высоты опалубки сокращается продолжительность и трудоемкость производственных подготовительно-вспомогательных операций, что способствует увеличению скорости сооружения ствола.

Основной операцией при возведении монолитной бетонной крепи является укладка бетонной смеси за опалубку. Все остальные процессы — вспомогательные, мало зависящие от диаметра ствола и высоты передвижной опалубки.

Докт. техн. наук Ю. З. Заславский провел исследования по определению влияния высоты передвижной опалубки на затраты труда при возведении крепи.

Затраты труда, необходимые для возведения постоянной крепи, определяются выражением

$$T = \frac{\pi D_{cp} \delta}{N_1} h + \frac{\pi D_{cp} \delta'}{N_2} + \frac{\pi D_{cp} \delta'}{N_3}, \text{ чел-смены,} \quad (48)$$

где D_{cp} — средний диаметр ствола, равный полусумме диаметров ствола в свету и в проходке, м;

δ — толщина крепи, м;

h — рабочая высота опалубки, м;

δ' — ширина дощатой пикотажной перемычки, м;

N_1 — норма выработки на укладку бетонной смеси в опалубку, м³/чел-смену;

N_2 — норма выработки на устройство дощатой перемычки, м²/чел-смену ($N_2=19,5$);

N_3 — норма выработки на разбор дощатой перемычки, $\text{м}^2/\text{чел.-смену}$ ($N_3=25$).

Удельные затраты труда на 1 м^3 бетонной смеси будут

$$T' = \frac{T}{V} = \frac{1}{N_1} + \left(\frac{2}{N_2} + \frac{2}{N_3} \right) \frac{1}{h},$$

где $V = \pi D_{\text{пр}} \delta h$ — объем укладываемой бетонной смеси, м^3 .

Учитывая, что $\frac{2}{N_2} + \frac{2}{N_3} = c = 0.1825$ (постоянная величина),

$$T' = \frac{1}{N_1} + \frac{c}{h}. \quad (49)$$

Переменной величиной в этом выражении является рабочая высота опалубки, в зависимости от которой и от диаметра ствола изменяется норма выработки на укладку бетонной смеси.

Норму выработки на укладку бетонной смеси определяют по формуле

$$N_1 = \frac{360}{\Pi_{\text{нр}}},$$

где $\Pi_{\text{нр}}$ — нормативное время на укладку 1 м^3 бетонной смеси (табл. 57).

Таблица 57

Диаметр ствола в свету, м	Высота опалубки, м	Объем армир. м^3	Затраты времени, чел.-мин		Нормативное время на укладку 1 м^3 бетонной смеси, чел.-мин	Норма вы- работки на укладку 1 м^3 бетонной смеси, чел.-смен
			на весь объем бетонно-арми- ровки	на 1 м^3 бетонной смеси		
1,5	1	4,7	466	99	134,0	2,7
	2	9,4	611	65	88,0	4,1
	3	14,1	747	53	71,6	5,0
	4	18,8	881	46,8	63,3	5,7
5,5	1	6,0	501	81,0	114,0	3,16
	2	12,0	670	56,8	76,8	4,7
	3	18,0	856	47,6	64,3	5,6
	4	24,0	1012	43,5	58,7	6,14
6,5	1	8,4	621	74,3	100	3,6
	2	16,8	823	49,0	66,2	5,41
	3	25,2	1028	40,8	55,2	6,53
	4	33,6	1215	36,2	49,0	7,35
7,5	1	10,0	676	67,6	91,3	3,9
	2	20,0	911	45,6	61,6	5,9
	3	30,0	1173	39,3	53,1	6,8
	4	40,0	1431	35,9	48,5	7,4

Для определения удельных затрат труда воспользуемся формулой

$$T' = \frac{360}{N} + \frac{65,7}{h}. \quad (50)$$

По формуле (50) определены удельные затраты времени на возведение 1 м³ бетонной крепи в стволах разного диаметра при использовании передвижной опалубки с опорным поддоном рабочей высотой от 1 до 4 м.

Данные этих определений приведены в табл. 58.

Таблица 58

Диаметр ствола в свету, м	Высота опалубки, м	Удельные затраты времени	
		чел.-мин	%
4,5	1	199,1	100,0
	2	120,6	60,0
	3	93,9	47,2
	4	79,7	40,0
5,5	1	180,0	100,0
	2	109,4	60,8
	3	86,2	48,0
	4	75,1	41,6
6,5	1	165,7	100,0
	2	99,1	60,0
	3	77,0	46,5
	4	65,4	39,5
7,5	1	158,0	100,0
	2	93,8	59,4
	3	74,9	47,4
	4	65,1	41,0

Зависимость между рабочей высотой опалубки и затратами труда на укладку бетонной смеси, выраженная на рис. 63 графически, может иметь математическое выражение. Для установления характера этой зависимости по полученным данным построен график логарифмической кривой. Поскольку последняя имеет вид прямой, можно предполагать гиперболический характер выражения уравнения искомой зависимости, т. е.

$$T\% = Ah^n, \quad (51)$$

где A и n — постоянные параметры.

Параметры A и n можно определить, решая логарифмическое уравнение

$$\lg T\% = \lg A + n \lg h.$$

Подставляя в уравнение (51) значения $\lg T\%$ и $\lg h$, получим:

$$\left. \begin{aligned} \lg 100 &= \lg A + n \lg 1 \\ \lg 40,5 &= \lg A + n \lg 4 \end{aligned} \right\}$$

Решая эту систему уравнений, найдем, что

$$A = 100 \quad \text{и} \quad n = -\frac{2}{3}.$$

Таким образом, зависимость между затратами труда на бетонирование ствола, выраженными в процентах, и рабочей высотой опалубки можно представить выражением

$$T = \frac{100}{\frac{3}{h^2}}. \quad (52)$$

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что с увеличением рабочей высоты передвижной

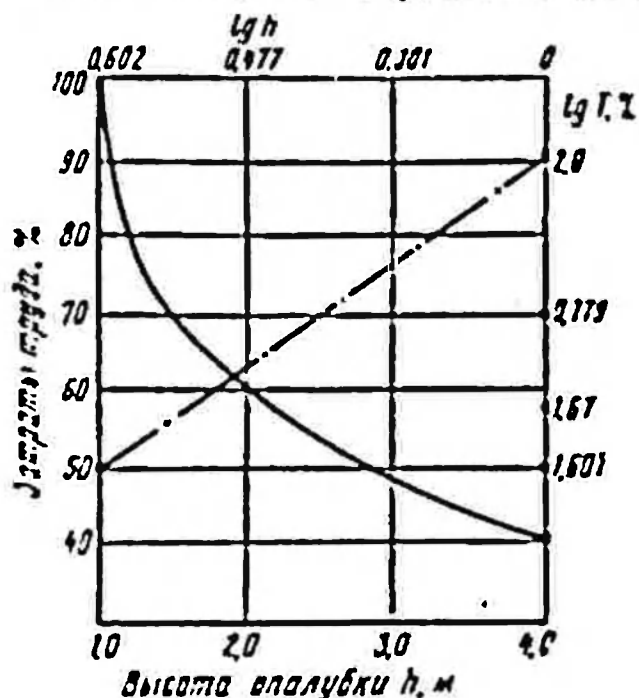


Рис. 63. Графики зависимости между рабочей высотой опалубки и затратами труда на укладку бетонной смеси

опалубки снижаются затраты труда проходчиков, занятых на возведении постоянной крепи, т. е. увеличение рабочей высоты передвижной опалубки рационально и должно ограничиваться только конструктивными соображениями.

Это положение вполне справедливо, однако не учтены еще некоторые факторы, влияющие на рабочую высоту передвижной опалубки, а именно скорость вооружения ствола и капитальные затраты, связанные с эксплуатацией опалубки. Рассмотрим зависимость рабочей высоты передвижной опалубки от указанных факторов.

В зависимости от рабочей высоты опалубки изменяется количество перестановок ее на участке ствола определенной протяженности, что, в свою очередь, приводит к изменениям затрат труда на выполнение связанных с этим процессом операций и продолжительности последних в течение определенного отрезка времени.

В табл. 59 приведены данные об удельных затратах труда на выполнение подготовительно-вспомогательных операций при возведении монолитной бетонной крепи с помощью опалубки с регулируемым опорным поддоном (как наиболее эффективной).

Удельные расходы на выполнение этих операций, отнесенные на 1 м³ бетонной смеси, в зависимости от рабочей высоты опалубки составляли:

Рабочая высота опалубки, м . . .	1	2	3	4	5	6
Удельные расходы, руб. . . .	2,02	1,01	0,682	0,512	0,412	0,343

Таблица 59

Подготовительно-испомогательные операции	Удельные затраты труда (чел.-мин) при рабочей высоте опалубки, м					
	1	2	3	4	5	6
Сжатие опалубки и освобождение стыковой планки	9,85	4,92	3,28	2,46	1,97	1,64
Обивка уступов на стыках	5,2	2,6	1,74	1,3	1,04	0,87
Опускание опалубки	1,16	0,72	0,58	0,51	0,46	0,43
Разбор пикетажной перемычки	16,8	8,4	5,6	4,2	3,36	2,8
Поднятие кожуха опалубки	2,32	1,16	0,77	0,58	0,46	0,39
Центрирование опалубки	6,66	3,33	2,22	1,66	1,33	1,11
Разжатие опалубки до проектного сечения и расклинивание	10,4	5,22	3,48	2,61	2,09	1,74
Укладка дощатой перемычки в поддон	37,1	18,54	12,36	9,28	7,42	6,18
Опускание кожуха опалубки	2,9	1,45	0,97	0,72	0,58	0,48
Расклинивание опалубки домкратами .	2,9	1,45	0,97	0,72	0,58	0,48
Итого . . .	95,29	47,79	31,97	24,04	19,29	16,12

Эти данные показывают, что увеличение рабочей высоты опалубки свыше 4—5 м практически не влияет на удельные затраты труда — при увеличении рабочей высоты опалубки с 5 до 6 м удельные затраты труда снижаются всего лишь на 3,17 чел.-мин/м³. Однако с увеличением рабочей высоты опалубки уменьшается количество ее перестановок в течение месяца, что приводит к сокращению времени на выполнение подготовительных операций, в связи с чем возможно увеличение скорости сооружения ствола. Данные о возможных приращениях скорости сооружения ствола при увеличении рабочей высоты опалубки приведены в табл. 60. На рис. 64 показаны графики зависимости приращения скорости сооружения ствола от рабочей высоты опалубки. Данные таблицы и графики показывают, что при увеличении рабочей высоты опалубки свыше 4 м скорость сооружения ствола существенно не возрастает.

Увеличение рабочей высоты передвижной опалубки связано с изменением ее веса. Последнее обстоятельство требует увеличения количества и грузоподъемности лебедок для подвески опалубки, что связано с увеличением общешахтных

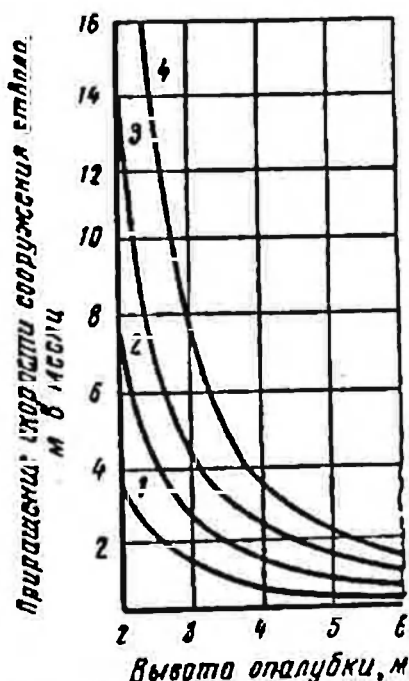


Рис. 64. Графики зависимости возможных приращений скорости сооружения ствола от высоты опалубки:

1—40; 2—60; 3—80; 4—100 м в месяц

Таблица 60

Работа высота опалубки, м	Среднемесячная скорость проходки, м						
	40			60			
	Продолжи- тельность подготови- тельно- исполнате- льских опера- ций в цикле бетониро- вания, ч	Колоче- ство переста- новок опалубки	Продолжи- тельность подготови- тельно- исполнате- льских опера- ций за месяц, ч	Возможное сокращение подготови- тельно-испо- лнительных операций, ч	Возможное приращение скорости строения столба, м в месяц	Возможное сокращение подготови- тельно-испо- лнительных операций, ч	Возможное приращение скорости строения столба, м в месяц
1	2,80	40	112,0	—	—	163,0	—
2	2,83	20	56,6	55,4	3,31	84,9	7,44
3	2,86	13	37,2	19,4	1,16	57,2	2,48
4	2,90	10	29,0	8,2	0,49	43,5	1,23
5	2,93	8	23,4	5,6	0,33	35,2	0,74
6	2,96	7	20,7	2,7	0,16	29,6	0,50

Продолжение табл. 60

Рабочая высота опалубки, м	Среднемесячная скорость проходки, м						
	80			100			
	Продолжи- тельность подготови- тельно- исполнате- льских опера- ций в цикле бетониро- вания, ч	Колоче- ство переста- новок опалубки	Продолжи- тельность подготови- тельно- исполнате- льских опера- ций за месяц, ч	Возможное сокращение подготови- тельно-испо- лнительных операций, ч	Возможное приращение скорости строения столба, м в месяц	Возможное сокращение подготови- тельно-испо- лнительных операций, ч	Возможное приращение скорости строения столба, м в месяц
1	2,80	80	224,0	—	—	280,0	—
2	2,83	40	112,2	110,8	14,1	141,5	20,7
3	2,86	27	77,2	36,0	4,3	94,4	8,5
4	2,90	20	58,0	19,2	2,29	78,5	3,27
5	2,93	16	46,9	11,1	1,35	58,6	2,07
6	2,96	13	38,5	8,4	0,95	50,3	1,21

расходов. По разработанной трестом Кривбассшахтопроходка методике грузоподъемность лебедок определяют по расчетному весу, включающему вес опалубки и половину веса укладываемой за нее бетонной смеси.

Сведения о количестве и грузоподъемности лебедок для подвижной передвинутой опалубки в стволе диаметром в свету 6,5 м и глубиной 500 м приведены в табл. 61.

Таблица 61

Рабочая высота опалубки, м	Расчетный вес, т	Тип лебедки	Потребное количество лебедок	Суммарная грузоподъемность лебедок, т
1	13,5	ЛП-5	3	15
2	24,5	ЛП-10	3	30
3	34,0	ЛП-10	4	40
4	45,0	ЛП-18	3	54
5	54,0	ЛП-18	3	54
6	65,0	ЛП-18	4	72

Зная тип и потребное количество лебедок, можно определить общешахтные расходы по эксплуатации передвинутой опалубки при глубине сооружаемого ствола 500 м и среднемесячной скорости сооружения 40 м (табл. 62).

Таблица 62

Рабочая высота опалубки, м	Тип лебедки	Потребное количество лебедок	Общешахтные расходы, тыс. руб.
1	ЛП-5	3	9,59
2	ЛП-10	3	16,91
3	ЛП-10	4	24,41
4	ЛП-18	3	32,53
5	ЛП-18	3	33,93
6	ЛП-18	4	45,25

Данные приведенных таблиц показывают, что с увеличением рабочей высоты передвинутой опалубки более 5 м резко возрастают общешахтные расходы. Отсюда следует, что по фактору общешахтных расходов применение опалубки высотой более 5 м нецелесообразно. При рабочей высоте опалубки 3,5—5,0 м общешахтные расходы изменяются незначительно. Сведения о капитальных затратах, связанных с изготовлением и монтажом опалубки, а также об удельных затратах труда в денежном выражении в зависимости от рабочей высоты опалубки приведены в табл. 63:

Таблица 63

Рабочая высота опалубки, м	Вес опалубки, т	Капитальные затраты на изго- товление и монтаж опалубки, руб.	Удельные затраты труда в денеж- ном выражении, руб/м³
1	4,8	1210	0,163
2	7,9	1990	0,268
3	11,1	2800	0,376
4	13,8	3190	0,469
5	16,5	4160	0,558
6	18,7	4720	0,635

На рис. 65 показаны графики зависимости от рабочей высоты опалубки удельных затрат по ее обслуживанию, удельных затрат, связанных с изготовлением и монтажом опалубки, и суммарных затрат.

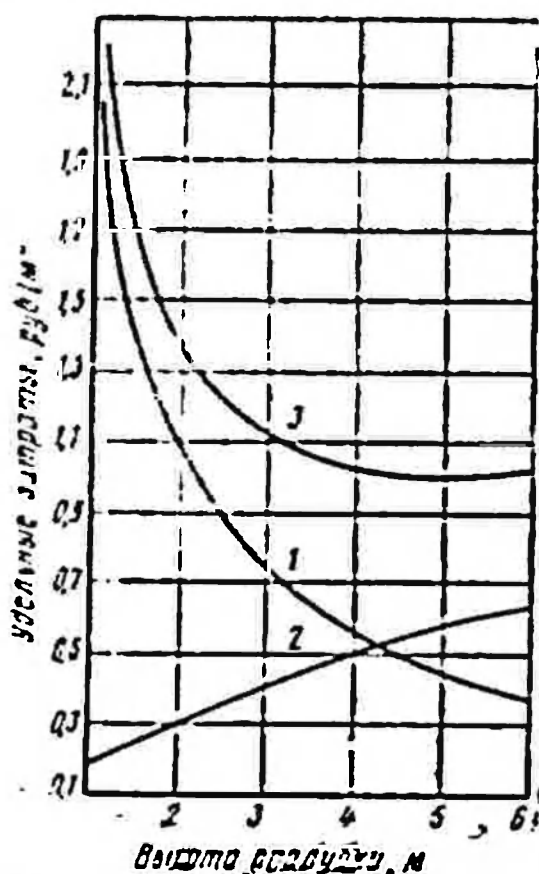


Рис. 65. Графики зависимости от рабочей высоты опалубки:

1 — удельных затрат по обслуживанию опалубки; 2 — удельных затрат, связанных с изготовлением и монтажом опалубки; 3 — суммарных затрат

Зависимость удельных затрат по обслуживанию опалубки от ее рабочей высоты с достаточной степенью точности может быть прямолинейной, так как приращение функции незначительно.

Для составления уравнения прямой вида $\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1}$ возьмем две ее крайние точки с координатами h (рабочая высота опалубки) и C (удельные затраты): А ($h_1=1$ м; $C_1=0,163$ руб/м³) и Б ($h_6=6$ м; $C_6=0,635$ руб/м³).

Решая уравнение относительно C , получим

$$C = 0,094h + 0,079. \quad (53)$$

Зависимость удельных затрат труда от рабочей высоты опалубки квадратична и может быть определена по формуле Лагранжа

$$C' = f(h) = \frac{(h-h_2)(h-h_3)C'_1}{(h_1-h_2)(h_1-h_3)} + \frac{(h-h_1)(h-h_3)C'_2}{(h_1-h)(h_2-h_3)} + \frac{(h-h_1)(h-h_2)C'_3}{(h_3-h_1)(h_3-h_2)}.$$

Для составления уравнения по этой формуле возьмем точки с координатами $h_1=1$ м; $h_2=3$ м; $h_3=5$ м и $C'_1=2,02$ руб/м³; $C'_2=0,682$ руб/м³; $C'_3=0,412$ руб/м³.

Подставив их в формулу, получим уравнение кривой

$$f(h) = \frac{(h-3)(h-5)}{(1-3)(1-5)} 2,02 + \frac{(h-1)(h-5)}{(3-1)(3-5)} 0,682 + \\ + \frac{(h-1)(h-3)}{(5-1)(5-5)} 0,412 = \frac{h^2 - 8h + 15}{8} 2,02 - \frac{h^2 - 6h + 5}{4} 0,682 + \\ + \frac{h^2 - 4h + 3}{8} 0,412 = 0,219h^2 - 1,71h + 3,52. \quad (54)$$

Сложив уравнения (53) и (54), получим аналитическую зависимость суммарных удельных затрат от высоты передвижной опалубки:

$$\Sigma C = 0,219h^2 - 1,616h + 3,599.$$

Для определения оптимальной рабочей высоты опалубки приравняем нулю производную $\frac{dC}{dh}$:

$$\frac{dC}{dh} = 0,438h - 1,616.$$

Оптимальная рабочая высота опалубки будет равна 3,7 м.

Таким образом, для снижения затрат труда на возведение монолитной бетонной крепи, увеличения скорости сооружения ствола и снижения стоимости эксплуатации передвижной опалубки увеличение ее рабочей высоты свыше 4 м нецелесообразно.

ГЛАВА IX

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ПОСТОЯННОЙ БЕТОННОЙ КРЕПИ

1. Общие сведения

Крепь вертикального ствола шахты должна предотвращать обрушение породных стенок в период его эксплуатации. Как известно, толщину крепи определяют в зависимости от ожидаемой нагрузки.

В настоящее время нет единого мнения о природе горного давления в вертикальных стволах. Ряд ученых вообще отрицают наличие нагрузок на крепь стволов, сооружаемых в устойчивых породах.

Многочисленные обследования состояния крепи вертикальных стволов шахт в Донском, Криворожском и Кузнецком бассейнах, а также на Рудном Алтае, натурные замеры горного давления, многолетний опыт эксплуатации шахт позволяют сделать вывод о том, что существующая толщина монолитной бетонной крепи является завышенной.

В настоящее время толщина бетонной крепи составляет 250—300 мм в Кривбассе и Рудном Алтае и 400—500 мм в угольных бассейнах страны. Технологически уменьшить толщину бетонной крепи менее 200 мм весьма трудно. Этот вопрос может быть решен применением крепи, возводимой методом набрызга.

Еще в 1947 г. проф. Н. М. Покровский предложил крепить вертикальные стволы угольных шахт, пройденные по пологозалегающим устойчивым породам, облегченной оболочкой в виде торкрет-бетона, наносимого по металлической сетке в сочетании с металлическими штангами.

В настоящее время такие институты, как ВНИИ, ВНИИОМШС, ЦНИИПодземмаш и другие проводят научно-исследовательские работы по практическому применению таких крепей в стволах шахт.

В результате исследований ВНИИ и ПромстройНИИпроекта

установлено, что, в большинстве случаев на шахтах комбинатов Донбасса и Росто́вуголь крепь вертикальных стволов, сооруженных в устойчивых породах, не подвержена нагрузкам и является облицовкой, предохраняющей породные стенки ствола от выветривания и размокания, а также от случайных вывалов отдельных кусков породы.

Однако крепь из монолитного бетона с неоправданно большой грузонесущей способностью продолжает широко применяться, особенно в угольной промышленности.

Проведенные исследования и обследование применяемых в настоящее время видов крепи показывают, что наиболее рациональной и экономически эффективной крепью для стволов, пересекающих устойчивые породы, является набрызг-бетонная.

Набрызг-бетон, наносимый на породные стенки ствола, не только предохраняет их от выветривания и размокания, но и является грузонесущей конструкцией. В связи с тем, что устойчивость системы «крепь — порода» значительно увеличивается в результате нанесения покрытия под давлением, а также более плотного структурообразования набрызг-бетона, толщину облегченной крепи по сравнению с монолитной бетонной можно уменьшить в 2—3 раза.

При возведении набрызг-бетонной крепи в вертикальных стволах достигается значительный технико-экономический эффект, так как существенно упрощается технология возведения крепи, улучшается организация труда, увеличивается скорость и снижается стоимость ствола, улучшается безопасность работ.

Облегченные крепи в последние годы находят применение в вертикальных стволах, сооружаемых в СССР и за рубежом.

Имеется ряд примеров успешного применения облегченной крепи в вертикальных стволах шахт железорудной и цветной промышленности.

В угольной промышленности набрызг-бетон до настоящего времени применяется только для восстановления разрушенной крепи из монолитного бетона. Так была восстановлена крепь клетового ствола № 1 шахты «Игнатьевская» комбината Донецкуголь, главного ствола шахты № 19/20 и клетового ствола шахты № 25 комбината Росто́вуголь и др.

Применению набрызг-бетонной крепи для вновь сооруженных стволов угольных шахт до последнего времени препятствовало то, что не было специально разработанной и испытанной технологии производства работ, а также недостаточно изучены вопросы оценки устойчивости породных стенок ствола и расчета крепи. В настоящее время институтами ПромстройНИИПроект, ВНИИОМШС, ЦНИИПодземмаш и другими организациями накоплен большой опыт в части технологии возведения крепи из набрызг-бетона, который позволяет проектировать и применять облегченные крепи для выработок, проходимых в широком диапазоне геологических и горнотехнических условий залегания горных пород, за исклю-

чением выработок, сооружаемых в сложных горногеологических и гидрогеологических условиях и на большой глубине.

В ближайшие годы необходимо выполнить ряд научно-исследовательских и экспериментальных работ с целью создания аппаратуры и приборов для исследования напряженно-деформированного состояния пересекаемых стволом пород и облегченных конструкций крепи; провести опытные работы по креплению набрызг-бетоном вновь сооружаемых стволов угольных шахт, проходимых в различных горногеологических условиях; отработать в промышленных условиях технологию возведения крепи; определить возможности применения облегченных видов крепи для глубоких стволов, в том числе и для стволов, сооружаемых в сложных горногеологических и гидрогеологических условиях, и пр.

2. Опыт применения облегченной крепи

Несмотря на сравнительно небольшой опыт применения облегченных крепей при сооружении вертикальных стволов шахт, достигнутые результаты подтверждают правильность выбранного направления.

В 1961 г. на руднике «Темир-Тау» (Горная Шория) комбинированная облегченная крепь была возведена в вентиляционном шурфе на участке высотой около 40 м. Проходку шурфа диаметром впервые 3,4 м производили по разбитым трещинами породам с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протоdjяконова $f=5-6$ участками по 10—12 м. По мере продвижения забоя устанавливали железобетонные штанги и наносили тонкий слой набрызг-бетона. После этого с полка навешивали металлическую сетку и доводили толщину набрызг-бетона до 8—10 см. Считают, что по прочности эта крепь не уступает монолитной бетонной крепи толщиной 40 см. Кроме того, она хорошо сопротивляется воздействию взрывных нагрузок.

В 1965 г. был закреплен набрызг-бетоном участок вентиляционного ствола № 15 шахты «Магнитовая» Высокогорского рудника (Урал) высотой 61 м.

Ствол диаметром в свету 4,5 м пересекал сильно выветренные слениты до глубины 81 м и был закреплен монолитным бетоном толщиной 250 мм. Ниже, до глубины 144 м проходку ствола вели по розовому с зеленоватым оттенком слениту, слабо затронутому выветриванием. Этот участок был закреплен набрызг-бетоном толщиной 7—10 см.

Набрызг-бетонную крепь возводили с помощью пневмобетонмашини БМ-60. Нанесение покрытия производили в два слоя толщиной по 4—7 см с подвесного полка участками по 3 м. Первый слой наносили с нижнего этажа подвесного полка, второй — с верхнего. Применение набрызг-бетона вместо монолитной бетонной крепи позволило снизить стоимость 1 м крепи почти в 3 раза.

Известны случаи применения набрызг-бетона в сочетании с металлической сеткой и штангами при креплении вертикальных выработок на шахтах Северного и Среднего Урала.

В 1965 г. коллективом лаборатории крепления горных выработок Криворожского филиала ВНИИОМШСа совместно с работниками РУ им. XX Партезезда были проведены промышленные испытания набрызг-бетона для крепления вертикальных стволов.

На шахте «Южная» для сообщения между рабочими горизонтами требовалось соорудить ствол, оборудованный клетевым подъемом. С этой целью решили использовать углубочный слепой ствол шахты «Южная», пройденный с гор. 340 м до гор. 555 м в устойчивых породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодияконова $f=12-16$. До гор. 410 м сечение ствола прямоугольное размером 4,3×1,5 м, а с гор. 410 м до гор. 555 м — круглое диаметром в черне 3,3 м. Крезь в стволе отсутствовала. Для оборудования ствола клетевым подъемом необходимо было возвести постоянную крепь и установить армировку. Учитывая высокую крепость и устойчивость пород, проектом была предусмотрена торкрет-бетонная крепь. Сначала производили армирование ствола, причем армировку устанавливали поэтажно сверху вниз при высоте этажа 70 м, а в этаже — снизу вверх. По окончании установки расстрелов, которые крепили к породным стенкам ствола с помощью анкеров, в пределах одного этажа производили навеску проводников. После армирования ствола в пределах одного этажа приступили к возведению торкрет-бетонной крепи на этом участке. Этаж разделяли на две зоны. Верхнюю зону протяженностью 50—55 м (на длину материального шланга) торкретировали сверху вниз. При этом машина БМ-60 была установлена на вышележащем горизонте. Нижнюю зону протяженностью 15—20 м крепили снизу вверх (машину БМ-60 переносили на нижележащий горизонт). Торкретирование производили цементно-песчаной смесью состава 1 : 2 и 1 : 3 по весу. Песок применяли фракции 0—5 мм, влажностью 3—5%, в качестве вяжущего использовали экспериментальный быстросхватывающийся цемент Криворожского завода.

Сухую смесь приготавливали в растворешалке, откуда транспортером ее перегружали в машину БМ-60, а затем по шлангам транспортировали в ствол. Нанесение торкрет-бетона производил сопловщик, находившийся на крыше армировочной люльки. Толщина покрытия, наносимого за один проход, составляла до 5 см.

Аналогичным образом был закреплен дозаторный ходок на шахте «Центральная» этого же рудоуправления, пройденный с гор. 555 м до гор. 705 м. В качестве торкрет-аппарата использовали бетоноукладчик, выходное отверстие которого было переделано под материальный шланг диаметром 1,5".

На шахте «Вентиляционная» Лениногорского полиметаллического комбината (Восточный Казахстан) набрызг-бетон был применен в качестве временной крепи. Прямоугольный ствол площадью

поперечного сечения $6,2 \text{ м}^2$ был пройден на глубину 180 м. Было принято решение расширить ствол, выполнив круглое поперечное сечение площадью 16 м^2 , и углубить его на 140 м.

Деревянную венцовую крепь ствола разбирали заходками по 3 м, а затем с подвешного полка закрепляли стенки ствола торкрет-бетонным покрытием толщиной 3—4 см. В местах, где наблюдались отслоения пород, устанавливали штанги и толщину торкрет-бетона доводили до 5—6 см. Нанесение покрытия производили с помощью торкрет-аппарата С-320.

В качестве постоянной крепи набрызг-бетон был применен в восстающем на руднике «Кок-Су» Текелійского комбината. Высота восстающего составляла 50 м. Работы по возведению набрызг-бетонной крепи производили с помощью аппарата С-320 с переносных полков. Торкрет-аппарат находился у устья восстающего на верхнем горизонте.

Опыт применения облегченной крепи в стволах шахт, сооруженных в различных горногеологических условиях, показывает ее достаточно высокую надежность и долговечность. Для широкого внедрения такой крепи необходимо решить вопросы ликвидации притоков воды, закрепления концов расстрелов армировки, влияния взрывных нагрузок на набрызг-бетон, оптимальной толщины крепи из набрызг-бетона и в сочетании со штангами и металлической сеткой. Безусловно, что этот вид крепи является весьма перспективным.

3. Материалы для приготовления набрызг-бетона

Набрызг-бетон представляет собой смесь цемента, крупного и мелкого заполнителей, воды, а также, в случае необходимости, добавок — ускорителей схватывания и твердения. Имеется, кроме того, разновидность набрызг-бетона, которую называют торкрет-бетоном. В торкрет-бетоне крупный заполнитель отсутствует.

К составляющим набрызг- и торкрет-бетона предъявляют такие же требования, как и к материалам для приготовления обычных бетонов. В качестве вяжущего могут быть использованы все разновидности портландцементов, соответствующие требованиям ГОСТ 10178—62. Находят применение и другие виды цемента — глиноземистый, быстротвердеющий (в зависимости от конкретных условий). При этом целесообразно применять высокомарочные цементы (марки 400 и 500).

В настоящее время проходят успешные промышленные испытания специальные цементы для набрызг-бетонирования, разработанные Криворожским филиалом ВНИИОМШСа и Днепропетровским цементным заводом, а также ИИИЦементом. Применение таких цемента позволяет отказаться от дефицитных и дорогостоящих добавок — ускорителей схватывания и твердения, что, в свою очередь, ведет к упрощению технологии безопалубочного бетонирования и комплекса оборудования для возведения

набрызг-бетона, повышению производительности труда и снижению стоимости крепя.

В специальный цемент в качестве компонентов входят сульфатостойкий клинкер Днепродзержинского цементного завода, устойчивый в шахтных водах, тонкоразмолотый доменный шлак, высокоалюминатный глиноземистый сталерафинировочный шлак Запорожского завода «Днепроспецсталь» и гипс (авторское свидетельство № 234921).

В результате проведенных исследований лабораторных и опытно-промышленных помолов удалось получить быстросхватывающееся вяжущее (начало — конец схватывания 3—7 мин), способное быстро твердеть (прочность 50 кг/см² в возрасте 2 ч и примерно 150 кг/см² — в трехсуточном возрасте) и набирать высокую конечную прочность (250—350 кг/см² в возрасте 28 суток).

За период 1966—1968 гг. Днепродзержинским цементным заводом было выпущено около 500 т такого цемента.

Испытания различных партий специального вяжущего для набрызг-бетонирования, проведенные в лабораторных условиях в Криворожском филиале ВНИИОМШСа, показали следующие результаты: начало схватывания 2—6 мин, конец схватывания 3—9 мин, механическая прочность на сжатие при нормальной густоте цементного теста:

Время, ч (сутки)	2	4	6	24	(3)	(7)	(28)
Прочность, кг/см ²	43	46,8	43	51	289	379	462

Этот же цемент при $\frac{B}{C}=0,4$ (полнейший расплыв) и перемешивании в течение 3 мин показал следующую механическую прочность на сжатие:

Время, ч (сутки)	2	4	6	24	(7)	(28)
Прочность, кг/см ²	14	16,7	17,3	20,5	297	312

Эти данные показывают, что даже при полнейшем расплыве цементного раствора цемент быстро схватывается, имеет достаточную раннюю и высокую конечную механическую прочность.

Это обстоятельство имеет весьма важное практическое значение — при ошибке сопловщика в подаче воды для затворения сухой смеси все равно будет обеспечено схватывание, быстрое твердение набрызг-бетонного покрытия и его высокая механическая прочность.

Цементно-песчаные образцы состава 1:3 при $\frac{B}{C}=0,4$ показали следующую механическую прочность на сжатие:

Время, ч (сутки)	2	4	24	(7)	(28)
Прочность, кг/см ²	21,7	24	19,2	210	240

Стендовые и производственные испытания специального цемента показали, что при его использовании примерно вдвое уменьшается отскок материалов, который составляет 7—9% про-

тия 15—20% при использовании обычных цементов. Кроме того, резко уменьшается пылеобразование, что улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

В 1966—1968 гг. специальный цемент испытывали в шахто-проходческом управлении № 1 треста Кривбассшахтопроходка и в рудуправлениях им. XX Партсъезда, Фрунзе, Розы Люксембург.

В 1969—1970 гг. Днепродзержинским цементным заводом намечено выпускать ежегодно в среднем 5—6 тыс. т такого цемента (по заказам рудников Кривбасса). Этот объем должен значительно возрасти при внедрении набрызг-бетонной крепи на шахтах Западного Донбасса.

Характерно, что даже при стоимости 1 т специального цемента примерно 18 руб. экономия на 1 м³ крепи составляет более 4 руб. по сравнению с применяемыми цементами.

В качестве крупного заполнителя для набрызг-бетона можно применять щебень, гравий, доменный гранулированный шлак и гранитный отсев, соответствующие общим требованиям для всех заполнителей (ГОСТ 4797—64). Размеры частиц крупного заполнителя зависят от конструктивных особенностей применяемого агрегата для нанесения набрызг-бетонного покрытия. Так, например, по технической характеристике машины БМ-60 максимальный размер крупного заполнителя не должен превышать 25 мм.

Песок для набрызг-бетона, как естественный, так и полученный дроблением, должен соответствовать требованиям ГОСТ 4797—64. Оптимальная влажность кварцевого песка 2—4%. Уменьшение влажности песка ведет к образованию слоистой структуры покрытия и снижению его прочности. Повышенная влажность песка (более 4—6%) способствует образованию закупорок в материальном шланге.

Вода для затворения набрызг-бетона должна соответствовать тем же требованиям, что и для приготовления обычных бетонов, т. е. не должна содержать примесей, препятствующих нормальному схватыванию и твердению цемента.

Добавки — ускорители схватывания и твердения получили широкое распространение при безопасном бетонировании. Вид добавки, ее оптимальное содержание должны быть тщательно подобраны, ибо от этого зависит прочность материала покрытия и его долговечность.

Большое применение находит добавка ОЭС, предложенная НИИС Московского филиала института Оргэнергострой. Добавку получают путем вибропомола производственного спека — промежуточного продукта глиноземного завода (г. Бокситогорск Ленинградской области), представляющего собой сплав щелочи и гидрата глинозема. Удельная поверхность полученного порошка 2500 см²/г. Добавку ОЭС вводят во время приготовления сухой смеси в количестве 2—4% от веса цемента. Эта добавка весьма эффективна, однако область ее применения ограничена, так как

хорошие результаты она дает только с высокоалюминатными цементами и поэтому не может быть использована при наличии агрессивных подземных вод. Недостатками добавки являются склонность к слеживанию и комкованию, потеря активности под воздействием влажного воздуха, высокая стоимость и дефицитность.

Введение в цементный раствор 2% жидкого стекла ускоряет начало схватывания в три раза, а конец схватывания — более чем в четыре раза. Жидкое стекло представляет собой коллоидальный раствор силикатов натрия или калия или их смеси. Удельный вес жидкого стекла составляет обычно 1,32—1,5 г/см³.

В Криворожском филиале ВНИИОМШСа была разработана рецептура растворов для безопалубочного бетонирования с использованием добавки жидкого стекла. В результате проведенных исследований было установлено, что для получения мгновенных сроков схватывания, исчисляемых в секундах, затворение сухой бетонной смеси необходимо производить раствором жидкого стекла с удельным весом 1,1—1,25 г/см³ и модулем 3. Предложенные растворы применяют в Кривбассе для нанесения торкрет-бетона в горизонтальных выработках и при ремонте разрушенной бетонной крепи в вертикальных стволах (шахты им. Фрунзе, «Гигант», «Центральная» и др.).

В качестве добавок — ускорителей схватывания и твердения используют хлористый кальций и алюминат натрия. Хлористый кальций добавляют в размере 2—5% от веса цемента. Применение хлористого кальция уменьшает опливаемость материала, повышает его морозостойкость и водонепроницаемость.

Раствор алюмината натрия добавляют к воде затворения из расчета 2—3% от веса цемента. Эта добавка увеличивает водонепроницаемость покрытия в раннем возрасте. Предел прочности такого покрытия на сжатие в возрасте четырех суток примерно в два раза выше, чем без добавки. Однако в дальнейшем рост прочности замедляется настолько, что отстает от образцов, изготовленных без добавок, на 50%.

Добавка алюмината натрия вызывает повышенную усадку, ускоряет процесс разрушения цементного камня в условиях сульфатной и общекислотной агрессии.

Определенный интерес представляет комбинированная добавка из хлористого кальция и хлорного железа, предложенная ВостНИГРИ. При введении такой добавки в количестве 5—6% от веса цемента нанесение набрызг-бетона возможно при сплошном обводнении поверхности. Устойчивое состояние покрытия обеспечивается через 5 мин после нанесения. Эта добавка позволяет производить набрызг-бетонирование в условиях пониженных температур (—5—7°).

Известен также удачный опыт применения комбинированной добавки из хлористого кальция и мелкоразмолотого порошка ОЭС.

При этом оказалось возможным наносить набрызг-бетон на фильтрующую поверхность с обводненностью до 5—7 л/м²/мин.

Компоненты добавки вводят в смесь в следующих количествах: хлористый кальций 4%, мелкоизмельченный порошок ОЭС 2—3% от веса цемента.

В качестве ускорителей схватывания и твердения возможно использование как отдельно, так и в сочетании друг с другом хлористого магния, хлористого натрия, азотнокислого натрия, гипса и др.

Значительный интерес представляет шлакосиликатный набрызг-бетон, рецептура которого разработана в лаборатории новых строительных материалов Криворожского филиала ВНИИОМШСа. Шлакосиликатный набрызг-бетон представляет собой смесь молотого доменного гранулированного шлака, жидкого стекла и мелкого заполнителя. В качестве мелкого заполнителя могут быть использованы кварцевый песок, гранитный отсев, хвосты горнообогатительных кочбинатов.

Шлакосиликатный набрызг-бетон обладает следующими достоинствами: короткими сроками начала и конца схватывания, способностью набирать конструктивную прочность в течение 4—6 ч, повышенной устойчивостью против воздействия агрессивных шахтных вод, способностью хорошо сцепляться с обводненными стенками выработки, низкой стоимостью исходных материалов.

Как показал опыт крепления шлакосиликатным набрызг-бетоном необводненных горных выработок в Кривбассе, оптимальными составами являются 1:1; 1:2; 1:3 по весу (молотый доменный гранулированный шлак, степень измельчения которого характеризуется удельной поверхностью 2000—2100 см²/г, и мелкий заполнитель). Плотность жидкого стекла при этом колеблется от $1,05 \cdot 10^3$ до $1,1 \cdot 10^3$ кг/м³. При нанесении набрызг-бетонного покрытия из шлакосиликата на обводненную поверхность необходимо применять жидкое стекло плотностью от $1,15 \cdot 10^3$ до $1,2 \cdot 10^3$ кг/м³. Силикатный модуль жидкого стекла подбирают эмпирически, в зависимости от модуля основности доменного гранулированного шлака он может изменяться от 2,6 до 3.

4. Технология возведения набрызг-бетонной крепи

В зависимости от физико-механических свойств пересекаемых стволов пород и назначения набрызг-бетонного покрытия толщина его колеблется в широких пределах — от 3—5 см до 12—15 см. При этом, как указывалось, покрытие может быть выполнено из набрызг-бетона или в сочетании последнего со штангами и металлической сеткой.

Применяют следующие технологические схемы нанесения набрызг-бетонного покрытия.

Нанесение набрызг-бетонного покрытия с подвесного проходче-

ского полка. Покрытие выполняет функции постоянной крепи, и его толщину доводят до проектных размеров путем послойного нанесения набрызг-бетона без длительных пауз. Применение такой технологии целесообразно при пересечении сооружаемым стволом устойчивых трещиноватых пород, допускающих обнажение породных стен без поддержания временной крепью до 10—15 м.

При такой организации работ нанесение набрызг-бетона и выемку породы производят одновременно, что создает предпосылки для получения высоких технико-экономических показателей при сооружении ствола. Покрытие наносят сверху вниз вслед за подвиганием забоя ствола. Так как скорость возведения крепи значительно выше скорости выемки породы, то крепление можно производить в одну смену, совмещая с погрузкой породы. Это позволяет иметь постоянную бригаду крепильщиков, работающих по четкому графику. Весьма важным преимуществом описываемой технологии является то, что свеженанесенный набрызг-бетон не подвергается воздействию взрывных нагрузок, а это улучшает качество крепи.

Нанесение набрызг-бетонного покрытия, применяемого в качестве временной крепи, из забоя ствола с последующим нанесением постоянного набрызг-бетонного покрытия с подвесного полка. Данная технология предусматривает двухступенчатую схему возведения крепи. Сначала набрызг-бетонное покрытие толщиной 2—4 см наносят на стенки ствола непосредственно из забоя вслед за его подвиганием. Затем с подвесного полка наносят дополнительный слой набрызг-бетона, доводя толщину покрытия до величины, предусмотренной проектом. В случае необходимости могут быть установлены штанги и навешена металлическая сетка. Штанги можно устанавливать как из забоя ствола, так и с подвесного полка. Сетку, во избежание повреждения ее при взрывных работах, навешивают с проходческого полка. При такой организации работ возведение постоянной крепи выполняют одновременно с выемкой породы.

Набрызг-бетонное покрытие, нанесенное в качестве временной крепи из забоя ствола, обладает рядом преимуществ по сравнению с известными конструкциями временной крепи. Поскольку временная крепь из набрызг-бетона является составной частью постоянной крепи, на ее изготовление не требуется дополнительных капитальных и трудовых затрат. В связи с отсутствием такой операции, как демонтаж временной крепи, сокращается стоимость и трудоемкость 1 м сооружаемого ствола, а также создается резерв времени, благодаря которому возможно увеличение скорости проходки. Кроме того, в условиях крепких и трещиноватых пород применение временной крепи обычной конструкции вызывает значительные трудности, связанные с ее повреждением при взрывных работах и последующими затратами труда и средств на ремонтные работы. В ряде случаев применение металлических колец и деревянной затяжки оказывается вообще невозможным.

Предложенная технология возведения набрызг-бетонной крепи применима в довольно широком диапазоне горногеологических условий.

Нанесение набрызг-бетонного покрытия, применяемого в качестве временной крепи, из забоя ствола с последующим возведением монолитной бетонной крепи с проходческого полка. Эта технологическая схема является разновидностью ранее описанной. В ней также предусмотрено совмещение процессов возведения постоянной крепи и выемки породы. Временная крепь из набрызг-бетона производится вслед за подвиганием забоя ствола. Такая технологическая схема обладает всеми преимуществами ранее описанной, при этом монолитная бетонная крепь будет иметь большую водопроницаемость и лучшее сцепление с породными стенками.

Возведение монолитной бетонной крепи с подвесного полка можно производить как в направлении сверху вниз при помощи передвижной опалубки с опорным поддоном, так и снизу вверх, т. е. возможно применение совместной технологической схемы организации работ с параллельным выполнением операций по выемке породы и возведению бетонной крепи и параллельной схемы.

Нанесение постоянного набрызг-бетонного покрытия из забоя ствола. В отличие от трех описанных выше схем данная технология предусматривает совместную схему производства работ с последовательным выполнением операций по выемке породы и возведению постоянной крепи. Такую технологическую схему следует применять в тех случаях, когда пересекаемые стволом породы требуют сразу же возведения постоянной крепи.

Нанесение набрызг-бетонного покрытия производят заходками по 1,5—2 м по мере подвигания ствола.

Допускается отставание постоянной крепи от забоя ствола не более чем на 1—1,5 м. Выбор технологической схемы нанесения набрызг-бетонного покрытия зависит от ряда факторов, наиболее важными из которых являются: геологическая и гидрогеологическая характеристика пересекаемых пород, заданные скорости сооружения ствола, наличие специального оборудования для возведения крепи, квалификации рабочих, занятых на креплении, и др.

Нанесению набрызг-бетонного покрытия предшествуют подготовительные работы. Поверхность породных стенок, подлежащих бетонированию, обмывают напорной струей воды. Это делается с целью смыва породной пыли и мелочи, препятствующих хорошему сцеплению набрызг-бетона с породой. Кроме того, хорошо увлажненная поверхность способствует лучшему «прилипанию» покрытия.

Подготовка поверхности породных стенок ствола заключается и в оборке их от отслоившихся кусков породы. В случае, если в конструкцию крепи входят штанги и металлическая сетка, то их устанавливают перед нанесением набрызг-бетона.

Следует отметить, что обработку бетонизируемой поверхности водой при наличии слабых и особенно глинистых пород производить не рекомендуется. В этом случае лучше применять сжатый воздух.

В сухих выработках набрызг-бетонное покрытие рекомендуется смачивать водой в течение 6—12 дней после нанесения.

5. Технико-экономическая оценка набрызг-бетонной крепи

Крепь из набрызг-бетона обладает многими положительными свойствами. К их числу следует прежде всего отнести более высокую механическую прочность по сравнению с монолитной бетонной крепью и качественное сцепление материала крепи с породными стенками ствола. Толщину набрызг-бетонной крепи, сохраняя условия равнопрочности, принимают в 2—2,5 раза меньше, чем монолитной бетонной. Способ возведения набрызг-бетонной крепи позволяет регулировать толщину покрытия в широких пределах (от 3—5 см до 12—15 см) в зависимости от конкретных условий. Вообще же набрызг-бетонное покрытие может быть выполнено практически любой толщины.

Крепь из набрызг-бетона обладает высокой плотностью, в связи с чем она более водонепроницаема и лучше противостоит выветриванию, чем крепь из монолитного бетона.

Опыт шахтостроителей Кривбасса показал, что, применяя специальные цементы и добавки, набрызг-бетон может быть использован в качестве антикоррозионного покрытия бетонной крепи, возводимой в условиях агрессивной среды.

Важными достоинствами крепи из набрызг-бетона являются возможность нанесения покрытия сразу же после ведения взрывных работ, высокий уровень механизации процесса крепления, отсутствие необходимости в установке временной крепи, которая может быть заменена небольшим слоем набрызг-бетона, являющегося составной частью постоянной крепи. Набрызг-бетонная крепь не требует применения опалубки, в связи с чем упрощается организация труда и комплекс проходческого оборудования, снижается стоимость сооружения ствола.

Основными недостатками набрызг-бетонной крепи являются: отскок материала при нанесении покрытия, достигающий в ряде случаев 30—35%, сложность регулирования стабильного водоцементного отношения, в результате чего может иметь место оплыв материала или, наоборот, подача сухой смеси, а также сложность нанесения слоя определенной толщины. Кроме того, возведению набрызг-бетонной крепи сопутствует значительное пылеобразование.

Качественное нанесение слоя набрызг-бетона в значительной мере зависит от квалификации сопловщика.

Облегченные конструкции крепи из набрызг-бетона, а также в сочетании его со штангами и металлической сеткой имеют зна-

чительное экономическое преимущество по сравнению с монолитной бетонной крепью (табл. 64).

Таблица 64

Вид крепи	Обстояющие расценки	Стоимость 1 м ² крепи (руб.) толщиной, см								
		3	5	7	10	13	15	20	25	30
Монолитный бетон	ЕРЕР 30—533	—	—	—	—	—	—	—	8,85	10,6
Набрызг-бетон	Дополнительная расценка	1,48	2,12	2,76	3,72	4,68	5,32	6,03	6,92	8,52

Примечание. По данным Красноярского филиала ВНИИОМШС.

Сравнение произведено по статьям «затраты труда» и «материалы», так как учесть многообразие всех факторов при решении общей задачи весьма трудно.

В связи с тем, что единичные расценки на крепление вертикальных стволов набрызг-бетоном отсутствуют, для расчета приняты расценки, утвержденные институтом Казгипроцветмет для шахт Рудного Алтая. Величина отскока материалов при нанесении набрызг-бетона принята 25%. Результаты расчетов стоимости 1 м² монолитной бетонной крепи толщиной 25 и 30 см и равнопрочной набрызг-бетонной крепи толщиной 13 и 15 см приведены в табл. 65 (данные инж. В. Г. Когана).

Таблица 65

Вид крепи	Толщина крепи, см	Стоимость 1 м ² крепи, руб.	Стоимость отскока (25%), руб.	Суммарная стоимость, руб.	Снижение стоимости 1 м ² крепи	
					руб.	%
Монолитный бетон	25	8,85	—	8,85	—	—
Набрызг-бетон	13	4,68	1,17	5,85	3,00	34
Монолитный бетон	30	10,6	—	10,6	—	—
Набрызг-бетон	15	5,32	1,33	6,65	3,95	37

Эти данные показывают, что даже при 25% отскока стоимость 1 м² набрызг-бетонного покрытия на 31—37% ниже, чем монолитной бетонной крепи, стоимость которой определена по самым низким расценкам.

Увеличение несущей способности набрызг-бетонного покрытия, а в связи с этим и уменьшение его толщины может быть достигнуто в результате использования в конструкции крепи дополнительно железобетонных или металлических стержней.

Данные расчета стоимости 1 м² крепи, выполненной из монолитного бетона и набрызг-бетона в сочетании с железобетонными штангами, приведены в табл. 66.

Таблица 66

Вид крепи	Обоснование расценки	Толщина крепи, см	Стоимость 1 м ² крепи (руб.) при количестве штанг на 1 м ² поверхности					
			—	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Монолитный бетон	ЕРЕР 30—533	25	8,5	—	—	—	—	—
		30	10,6	—	—	—	—	—
Набрызг-бетон с железобетонными штангами	Дополнительные расценки	3	1,48	3,98	5,48	6,48	7,48	8,98
		5	2,12	4,62	6,12	7,12	8,12	9,62
		7	2,75	5,26	6,75	7,76	8,76	10,26
		10	3,72	6,22	7,72	8,72	9,72	11,22

Данные табл. 66 показывают, что экономически целесообразно применять набрызг-бетонное покрытие при толщине до 7—10 см в том случае, когда количество железобетонных штанг, устанавливаемых на 1 м² поверхности, не превышает 1—1,2 шт.

В табл. 67 приведены результаты расчета стоимости 1 м² набрызг-бетонной крепи в сочетании с металлической сеткой и железобетонными штангами и монолитной бетонной крепи. На основании данных этой таблицы можно определить область рационального применения облегченной крепи по экономическому фактору. При этом необходимо учесть, что несущая способность комбинированной крепи значительно увеличивается в результате применения металлической сетки.

Таблица 67

Вид крепи	Обоснование расценки	Толщина крепи, см	Стоимость 1 м ² крепи (руб.) при количестве штанг на 1 м ² поверхности					
			—	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Монолитный бетон	ЕРЕР 30—533	25	8,85	—	—	—	—	—
		30	10,6	—	—	—	—	—
Набрызг-бетон с металлической сеткой и железобетонными штангами	Дополнительные расценки	3	1,48	4,46	5,98	6,99	8,09	8,52
		5	2,12	5,10	6,62	7,63	8,73	10,16
		7	2,76	5,74	7,26	8,27	9,28	10,8
		10	3,72	6,7	8,22	9,23	10,33	11,76

Вышесказанное позволяет сделать вывод о высокой технико-экономической эффективности набрызг-бетонных покрытий и возможности применения их в широком диапазоне горнотехнических условий.

6. Возведение крепи методом раздельного бетонирования

Крепление ствола монолитным бетоном с раздельной укладкой крупного заполнителя и цементно-песчаного раствора позволяет снизить стоимость сооружения ствола, упростить оснащение, повысить качество крепи. В Кривбассе при сооружении ствола

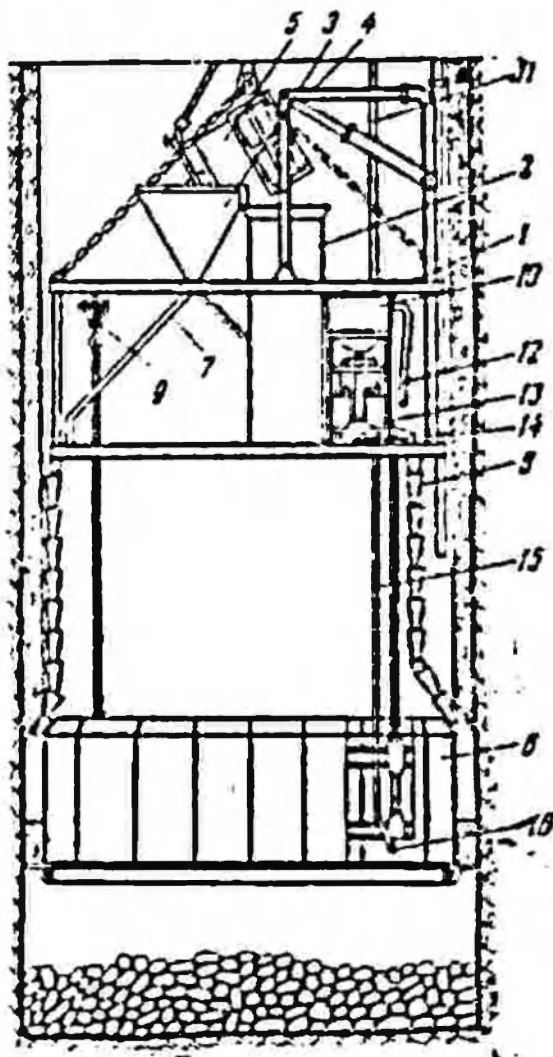


Рис. 66. Возведение бетонной крепи методом раздельного бетонирования

механизмов и оборудования. На верхнем этаже полка смонтирован приемный бункер 3 для щебня или породы, выдаваемой из ствола.

Щебень (породу) разгружают с помощью специального приспособления 4, конструкция которого обеспечивает свободный проход бады 5.

За секционную опалубку 6 щебень поступает по наклонным трубам 7 диаметром 250—300 мм, которые располагаются между этажами полка, и по гибким ставкам труб 8.

Опалубку подвешивают с помощью канатов или цепей к жестким

шахты «Вентиляционная» № 4 РУ им. Дзержинского были проведены промышленные испытания такой технологии. Ствол диаметром в свету 6 м пересекал устойчивые кварцито-серпентитовые сланцы и роговики с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодякова $f=11-14$.

Приток воды на участке, выбранном для применения раздельного бетонирования, составлял около 6 м³/ч. Толщина крепи из монолитного бетона по проекту была принята 250 мм. В качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень с максимальной крупностью до 100 мм.

Цементно-песчаный раствор готовили из портландцемента марки 500 и речного песка ($\frac{B}{Ц} = 0,15$, распыл 20 см).

Схема производства работ по возведению крепи методом раздельного бетонирования показана на рис. 66.

Двухэтажный проходческий полук 1 со сплошными растружбамн 2 служит для размещения

тонным червячным таям 9, которые прикреплены к верхнему этажу полка. Применение талей обеспечивает плавное и равномерное перемещение опалубки, сокращение количества лебедок для подвески опалубки, что влечет за собой снижение стоимости оснащения ствола.

К верхнему этажу полка прикреплен приемный бак 10 для цементно-песчаного раствора, который поступает с поверхности по трубопроводу 11. В верхней части бак имеет штуцер 12 со шлангом, который позволяет контролировать заполнение бака раствором. Бак с помощью фланцев соединяется с автоматическим растворомнагнетательным агрегатом 13, который смонтирован на раме и установлен на нижнем этаже полка.

Раствор из растворомнагнетателя поступает в распределительное устройство 14, откуда по шлангам 15 диаметром 1—1,5" через штуцера 16 под давлением 5—6 ат поступает за опалубку.

Раствор нагнетается одновременно через четыре нижних диаметрально расположенных штуцера.

Вследствие нагнетания раствора под давлением снизу вверх вода, попадающая за опалубку, вытесняется.

После снятия опалубки на поверхности бетона не было обнаружено раковин и обнажений щебня. Прочность бетонных образцов в 28-суточном возрасте составила 170 кг/см². При проведении испытаний содержание крупного заполнителя в бетоне было увеличено по сравнению с обычным на 35%, а расход цемента сокращен на 10%.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамсон Х. П., Казакевич Э. В., Коган В. Г. Анализ опыта применения передвижных опалубок для крепления вертикальных стволов. «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1966, № 11.
- Баранов В. В., Мордухович Р. Г. Техничко-экономическая эффективность различных видов крепи вертикальных стволов шахт, ЦИТИУгля, 1960.
- Бернштейн С. А. Активированные цементно-песчаные растворы и раздельная укладка составляющих бетона. Тр. ВНИИОМШС, вып. 10. М., Госгортехиздат, 1959.
- Вагин Г. П., Пиньковский Г. С. Крепление стволов шахт с применением передвижных опалубок. М., Госгортехиздат, 1962.
- Заславский Ю. Э. Крепление вертикальных стволов шахт монолитным бетоном. Киев. Государственное издательство технической литературы УССР, 1962.
- Канзуров П. П. Горное давление в вертикальных стволах шахт. М., Госгортехиздат, 1961.
- Казакевич Э. В. Исследование технологических схем воздействия бетонной крепи в вертикальных стволах шахт с помощью передвижных опалубок. Тр. ВНИИОМШС, вып. 15. М., изд-во «Недра».
- Казакевич Э. В., Коган В. Г. Выбор способа транспортирования бетонной смеси по вертикальному стволу. «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1963, № 1.
- Казакевич Э. В., Пасниченко Ю. К. Определение производительности центрального бетонного узла. «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1965, № 82.
- Казакевич Э. В. и др. Крепление вертикальных выработок методом безопалубочного бетонирования. «Шахтное строительство», 1966, № 12.
- Покровский П. М. Этапы развития основных горнопроходческих работ. «Проектирование и строительство предприятий угольной промышленности СССР», М., Углетехиздат, 1957.
- Покровский П. М. О толщине крепи вертикальных стволов шахт. «Уголь», 1947, № 5.
- Проявкин Е. Т. Давление горных пород и крепь стволов. М., Углетехиздат, 1958.
- Покручин А. Ф. Исследование разрушения бетонной крепи стволов шахт агрессивными водами в Криворожском бассейне. Тр. ВНИИОМШС, вып. 15. М., изд-во «Недра», 1961.
- Самойловский М. Б. Крепление вертикальных стволов шахт, М., Госгортехиздат, 1962.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
<i>Предисловие</i>	3
Глава I. Постоянная крепь вертикальных стволов шахт	5
1. Общие сведения	5
2. Основные характеристики видов крепи	8
3. Горное давление в стволах	10
4. Технико-экономическое сравнение видов крепи	14
Глава II. Бетоны, применяемые в шахтном строительстве	22
1. Основные свойства бетонов	23
2. Подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси	26
3. Материалы для приготовления бетонной смеси	28
4. Коррозия бетона	32
5. Проектирование состава бетона	38
6. Виброактивированный и коллоидный бетон	43
7. Контроль качества бетона	45
Глава III. Бетонные заводы. Приготовление бетонной смеси	46
1. Централизованный автоматизированный бетонный завод	46
2. Пришахтный бетонный завод	49
3. Методика определения производительности централизованного бетонного завода	54
Глава IV. Транспортирование бетонной смеси на поверхности	59
1. Средства транспортирования бетонной смеси	59
2. Качественные показатели бетонной смеси, транспортируемой в автосамосвалах	61
3. Приспособления для приемки бетонной смеси	69
Глава V. Транспортирование бетонной смеси в ствол	72
1. Транспортирование бетонной смеси по трубам	72
2. Транспортирование бетонной смеси в бадьях и контейнерах	78
3. Технико-экономическая оценка средств транспортирования бетонной смеси	80
Глава VI. Механизация укладки бетонной смеси за опалубку	87
1. Приспособления для укладки бетонной смеси за полковые опалубки	88
2. Приспособления для укладки бетонной смеси за призабойные опалубки	91
3. Трудовые затраты на обслуживание бетоноразводящих устройств	95
4. Определение области рационального применения бетоноразводящих устройств	99

	Стр.
Глава VII. Передвижные металлические опалубки	105
1. Систематизация передвижных опалубок	105
2. Створчатая опалубка	107
3. Секционная опалубка	113
4. Секционные опалубки с опорными поддонами	118
5. Секционная шагающая опалубка	128
6. Способы подвески опалубок	132
Глава VIII. Технологические схемы возведения бетонной крепи с помощью передвижных опалубок	135
1. Общие сведения	135
2. Трудовые затраты при бетонировании ствола	140
3. Трудоемкость подготовительно-вспомогательных операций	145
4. Анализ эффективности применения секционных опалубок	151
5. Определение оптимальной рабочей высоты опалубки	156
Глава IX. Перспективные виды постоянной бетонной крепи	166
1. Общие сведения	166
2. Опыт применения обжатой крепи	168
3. Материалы для приготовления набрызг-бетона	170
4. Технология возведения набрызг-бетонной крепи	174
5. Технeco-экономическая оценка набрызг-бетонной крепи	177
6. Возведение крепи методом разделного бетонирования	180
Литература	182

КАЗАКЕВИЧ ЭДУАРД ВЕННАМИНОВИЧ

КРЕПЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ

Редактор издательства С. Ашитков
Переплет художника Б. Дударев

Техн. редактор В. Максимова
Корректор Л. Окромало

Сдано в набор 17/III 1970 г.
Формат 60x70/16 Печ. л. 11,5
Индекс 1-3-1

Подписано в печать 10/VII 1970 г. Т-11903.
Уч.-изд. л. 11,75. Бумага № 2.
Тираж 2000 Цена 71 коп.

Заказ 879/25-9. Издательство «Недра», Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.

Московская типография № 6 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Москва, Ж-89, 1-й Южно-портовый пр., 17.

74 коп.

НЕДРА 1970