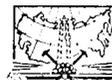


Г.А.ЗАПЛАВСКИЙ В.А.ЛЕСНЫХ

ГОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРОВЕДЕНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

*ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ*

*Допущено Министерством
угольной промышленности СССР
в качестве учебника
для учащихся горных техникумов*



МОСКВА „НЕДРА“ 1986

Заплавский Г. А., Лесных В. А. Горные работы, проведение и крепление горных выработок: Учебник для техникумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1986. 272 с.

Рассмотрены условия залегания угольных пластов, формы и размеры поперечного сечения выработок, виды горных работ, общие положения по охране труда. Описаны физико-механические свойства горных пород, способы проведения выработок, бурильные машины и установочные приспособления, типы проходческих комбайнов и комплексов. Приведены характеристики промышленных взрывчатых веществ, способы и средства инициирования, расчет параметров буровзрывных работ. Изложены требования к крепежным материалам и конструкции крепи, технология и организация при проведении выработок, ремонт, восстановление и погашение их, схемы проходки стволов. Второе издание (1-е изд. — 1966) значительно переработано и дополнено.

Для учащихся горных техникумов.

Табл. 11, ил. 89, список лит. — 23 назв.

Рецензенты: горные инженеры *А. И. Сидоров, Ю. П. Кабанько* (Донецкий горный техникум им. Е. Т. Абакумова) и *В. Ф. Дулин* (Лисичанский горный техникум).

Георгий Андреевич Заплавский
Владимир Алексеевич Лесных

ГОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРОВЕДЕНИЕ И КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Редактор издательства *Л. И. Елагин*
Художественный редактор *О. Н. Зайцева*
Технический редактор *Е. С. Сычева*
Корректор *С. В. Зимица*

ИБ № 5873

Сдано в набор 15.08.85	Подписано в печать 24.12.85	T-24802
Формат 84×108 ¹ / ₂	Бумага книжно-журнальная	Гарнитура Литературная
Печать высокая	Усл.-печ. л. 14,28	Усл. кр.-отт. 14,28 Уч. изд. л. 15,0
Тираж 23000 экз.	Заказ 392/144—9	Цена 75 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»
103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО
«Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и
книжной торговли. 113054, Москва, Валовая, 28

250300000-056
3 043(01)—86 283—86

© Издательство «Недра», 1986

Непрерывно растущие потребности народного хозяйства в твердом топливе требуют строительства новых и реконструкции действующих горных предприятий. При подземном способе добычи угля выполняется большой объем работ по проведению горных выработок, общая протяженность которых в угольной промышленности составляет около 7 тыс. км в год. Число рабочих, занятых на проведении и креплении горных выработок, достигает 15 % численности всех рабочих по добыче угля.

Угольная промышленность страны располагает большим парком различных проходческих машин и механизмов, обеспечивающих высокие скорости проведения горных выработок.

На угольных шахтах работают свыше 500 скоростных горнопроходческих бригад, которые регулярно обеспечивают высокие скорости проведения выработок. Производительность труда рабочего в этих бригадах в 1,5—1,8 раза выше, а себестоимость проведения 1 м выработки на 50—70 % ниже, чем в среднем по отрасли.

В соответствии с проводимым в стране курсом на ускорение социально-экономического развития, всемерную интенсификацию и эффективность производства прирост объема добычи и переработки угля должен обеспечиваться в основном за счет повышения производительности труда. В решении этой задачи большую роль играет использование опыта работы передовых проходческих бригад.

Развитие техники, совершенствование технологии проведения горных выработок и организации работы приводят к коренным изменениям в характере труда. Основным его видом становится механизированный труд. До 40 % горных выработок проводится с использованием проходческих комбайнов, число которых достигает 2000.

Главными задачами в области горнопроходческих работ на ближайший период являются: завершение внедрения комплексной механизации, широкое применение способов проведения горных выработок при отсутствии или малом числе людей, резкое улучшение технико-экономических показателей (в первую очередь повышение скоростей проведения, производительности труда и снижение стоимости работ). Все это требует уделять серьезное внимание подготовке рабочих и инженерно-технических работников для угольной промышленности.

Назначение учебника «Горные работы, проведение и крепление горных выработок» — дать учащимся знания, необходимые для составления проектов проведения и крепления горных выработок и практического их осуществления при правильной и безопасной организации труда на производстве.

§ 1. Условия залегания угольных пластов

Ископаемый уголь залегает в верхнем слое земной коры, сложенном осадочными горными породами, которые делят на полезные ископаемые и пустые породы. Полезные ископаемые — это природные минеральные вещества, которые могут быть с достаточным экономическим эффектом на данном этапе развития техники использованы в народном хозяйстве. Породы, не являющиеся объектом извлечения полезных компонентов, при разработке называют пустыми породами. Природные скопления угля в земной коре, разработка которых экономична, называют угольным месторождением. Уголь залегает обычно пластами.

Пласт — форма залегания осадочных пород в виде плиты, ограниченной двумя более или менее параллельными поверхностями. Толщина плиты незначительна по сравнению с шириной и длиной.

Горные породы, непосредственно примыкающие к поверхности, ограничивающей полезное ископаемое, называют боковыми породами. Породы, залегающие над угольным пластом, называют кровлей; породы, залегающие под пластом, — почвой (рис. 1), а при крутом залегании пласта соответственно висячим и лежащим боком.

Положение пластов в земной коре характеризуется простиранием, падением и мощностью. Простирание пласта — это направление пласта по линии простирания. Линией простирания называют линию, образованную пересечением пласта с горизонтальной плоскостью (рис. 2, линия *АВ*). Падение пласта — это направление пласта по линии падения. Линией падения называют линию в плоскости пласта, перпендикулярную к линии простирания (линия *ВГ*). Угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость называют углом падения (залегания)

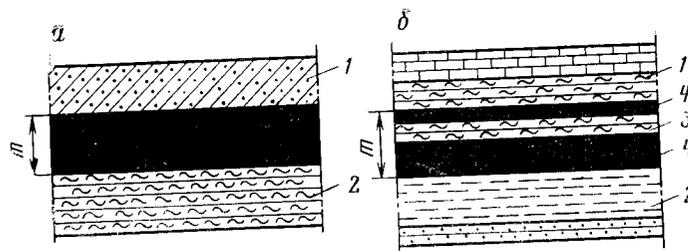


Рис. 1. Строение пласта угля:
1 — породы кровли; 2 — породы почвы; 3 — прослойка породы; 4 — пачка угля

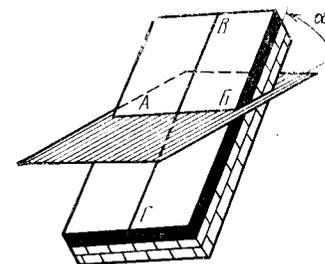


Рис. 2. Элементы залегания пласта

пласта (угол α). По углу падения пласты делят на пологие ($0-18^\circ$), наклонные ($19-35^\circ$), крутонаклонные ($36-55^\circ$) и крутые ($56-90^\circ$). Различают пласты простого строения (см. рис. 1, *a*) и сложного (см. рис. 1, *b*) — с породными прослойками. При сложном строении угольный пласт разделен на части — пачки. Мощностью пласта m называют расстояние между кровлей и почвой его, измеренное по нормали (см. рис. 1). Различают следующие мощности пласта: полную (общую), измеряемую от кровли до почвы пласта со всеми породными прослойками, полезную, равную сумме мощностей всех угольных пачек пласта, ивлекаемую, равную сумме мощностей угольных пачек и породных прослоек, извлекаемых при разработке. По мощности пласты делят на весьма тонкие (до 0,7 м), тонкие (0,71—1,2 м), средней мощности (1,21—3,5 м) и мощные (более 3,5 м).

Массу угля, приходящуюся на 1 м² площади пласта, называют производительностью пласта p , которую определяют по формуле

$$p = m\gamma,$$

где m — мощность пласта, м; γ — плотность угля, т/м³.

§ 2. Горные выработки

При добыче угля вынимают не только уголь, но и пустую породу, в результате чего получаются полости (пустоты) в недрах Земли, называемые горными выработками. Горные выработки, проведенные в недрах земли, называют подземными, а проведенные на поверхности, — открытыми. Некоторые подземные выработки примыкают к земной поверхности. Подземные выработки по периметру ограничены поверхностями. Начало подземной выработки, к которой она примыкает к поверхности земли или к другой выработке, называют ее устьем. Поверхность, ограничивающая выработку, в противоположном устью конце ее и перемещающаяся в результате выемки угля (породы), называют забоем выработки.

По назначению выработки делятся на разведочные, проводимые с целью разведки полезного ископаемого, и эксплуатационные — для разработки месторождений. Кроме того, эксплуатационные выработки делят на капитальные, подготовительные и очистные.

Подземные горные выработки по расположению их в пространстве делят на вертикальные, горизонтальные и наклонные.

Вертикальные выработки. К вертикальным выработкам относят стволы шахт, шурфы, гезенки, шахтные слепые стволы. Ствол шахты 1 (рис. 3) — вертикаль-

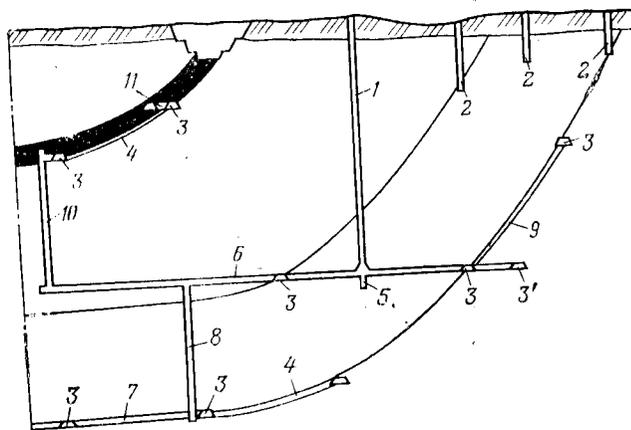


Рис. 3. Схема горных выработок шахты

ная горная выработка, примыкающая устьем к поверхности земли и предназначенная для обслуживания подземных работ. По стволам производят подъем угля и породы, спуск и подъем людей, материалов, оборудования, прокладывают кабели и трубы для водоотлива и других целей, а также устраивают лестничные отделения. По стволам поступает свежий или выходит загрязненный воздух. Один ствол выполняет обычно несколько функций, поэтому его делят на несколько отделений (подъемное, лестничное, трубное).

Стволы делят на главные и вспомогательные. Главный ствол служит для подъема полезного ископаемого на поверхность и, как правило, для выхода из шахты загрязненного воздуха. Вспомогательный ствол служит для выполнения остальных функций и, как правило, для подачи в шахту свежего воздуха. Часть ствола, расположенная ниже околоствольного двора, называют зумпфом 5, который служит для сбора воды, стекающей по стволу, и размещения элементов подъемных установок. Гезенк 10 — вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для спуска полезного ископаемого под действием собственного веса или механическим способом. Гезенки, как и стволы, могут выполнять и вспомогательные функции. Шахтный слепой ствол 8 — выработка, аналогичная гезенку, но в отличие от него, служащая для подъема полезного ископаемого с нижних горизонтов на верхние. Шурф 2 — вертикальная неглубокая горная выработка, обычно прямоугольной формы сечения, проведенная с поверхности. Шурфы бывают разведочные и эксплуатационные, служащие вместо стволов для вспомогательных целей.

Горизонтальные выработки. К горизонтальным выработкам относят квершлаг, штреки, просеки, орты, штольни. Квершлаг 6 — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность, проведенная по вмещающим породам вкрест простирания месторождения и используемая для транспортирования, вентиляции, передвижения людей, водоотлива, для прокладки электрических кабелей и линий связи. В боках квершлага слои пород расположены наклонно, а в забое — горизонтально. Штрек 3 — горизонтальная (с наклоном 0—3°) выработка, проведенная по простиранию месторождения, а при горизон-

тальном его залегания — в любом направлении, предназначенная для тех же целей, что и квершлаг. Штреки проводят обычно по пластам угля — пластовые штреки или по пустым породам — полевые штреки 3'. Слои пород и пласт угля в забое штрека расположены под углом к почве, а в боках, кровле и почве штрека — вдоль выработки. Просек 3 (см. рис. 4,а) — горизонтальная горная выработка, проведенная по простиранию пласта угля, чаще всего, без подрывки боковых пород, предназначенная для проветривания, передвижения людей и транспортирования грузов. Орт 11 — горизонтальная (с наклоном 0—3°) выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проведенная вкрест простирания от кровли к почве мощного пласта. Штольня — горизонтальная (0—3°) горная выработка, проведенная к месторождению с поверхности земли и предназначенная для обслуживания подземных горных работ.

Наклонные выработки. К наклонным выработкам относят уклоны, бремсберги, скаты, печи, ходки, сбойки. Кроме того, наклонными могут быть стволы, шурфы, гезенки, квершлаг и другие выработки, которые, как правило, не являются наклонными. Уклон 7 (см. рис. 3) — наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для подъема полезного ископаемого. Бремсберг 4 — наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для спуска полезного ископаемого механическим способом. Скат 9 —

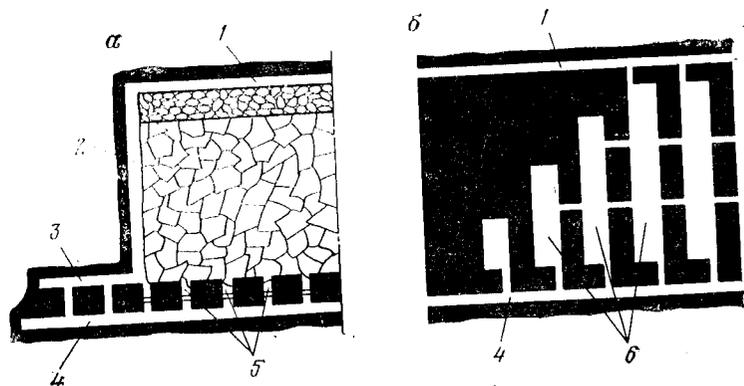


Рис. 4. Схема расположения очистных выработок:
1 — вентиляционный штрек; 2 — печь; 3 — просек; 4 — откаточный штрек;
5 — печь; 6 — очистные камеры

наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для спуска грузов под действием собственного веса. Уклоны, бремсберги, скаты могут быть пройдены как по пласту угля, так и по пустой породе — полевыми. Печь 2 (рис. 4,а) — горная выработка, проведенная по полезному ископаемому по восстанию или падению пласта (без подрывки боковых пород) и предназначенная для проветривания, передвижения людей и транспортирования грузов. Сбойка — наклонная или горизонтальная выработка, проведенная в процессе вскрытия шахтного поля или блока между двумя стволами или штольнями и замыкающая контур проветривания горных выработок. Ходок — наклонная или горизонтальная выработка, оборудованная лестницами или трапами и предназначенная для передвижения людей и других целей.

Камеры и околоствольные дворы. Камера — горная выработка, имеющая при сравнительно больших поперечных размерах небольшую длину и предназначенная для размещения оборудования, материалов, различных служб и выполнения производственных процессов. Названия камер зависят от их назначения, например: — камера водоотлива, машинная, диспетчерская, подземной подстанции, электровозное депо и др. Околоствольный двор — совокупность выработок, служащих для соединения стволов с остальными выработками шахты и для размещения некоторых общешахтных производственных служб (камер). Околоствольный двор является подземной станцией, пропускающей все грузы и воздух для проветривания шахты.

Очистные выработки — выработки, проводимые по пласту угля с целью его добычи. Размеры очистных выработок зависят от мощности пласта угля и системы разработки. Различают два типа очистных выработок — лавы и очистные камеры. Лава (см. рис. 4,а) — очистная выработка большой протяженности, примыкающая своими концами к транспортным и вентиляционным выработкам (штреки, уклоны, бремсберги, ходки). Один бок лавы ограничен массивом угля (забой, лавы), а другой — стеной закладочного материала или обрушенной породой выработанного пространства. Длина лавы 150—350 м, ширина 2—4 м, а высота равна мощности пласта. Очистная камера 6 (рис. 4,б) — очистная выработка, расположенная по падению или простиранию пласта между транспортной

и вентиляционной выработками, боками которой является массив угля. Ширина камеры (длина забоя) 5—10 м, а длина 100—200 м.

§ 3. Формы и размеры поперечного сечения горных выработок

Форма поперечного сечения горной выработки зависит от назначения и срока службы, свойств пересекаемых ею пород, величины и направления горного давления, материала и конструкции крепи, способа ее проведения и др. В угольной промышленности горизонтальные и наклонные горные выработки проводят прямоугольной (рис. 5,а), трапециевидной (рис. 5,б), арочной (рис. 5,в, г), сводчатой (рис. 5,д, е), подковообразной с обратным сводом (рис. 5,ж) и без него (рис. 5,з), круглой и других форм. При небольшом горном давлении форму поперечного сечения выработки принимают прямоугольного очертания, при большом — криволинейного, а при всестороннем — круглого. Закругление углов приводит к уменьшению концентраций напряжений и деформаций в породах, окружающих выработку. Размеры (высота, ширина) и площадь поперечного сечения горной выработки зависят от ее назначения, габаритов размещаемого в выработке оборудования или транспортных средств (электровозы, вагонетки, конвейеры и др.), числа рельсовых путей, способа перемещения людей по выработке, зазоров, предусмотренных Правилами безопасности и допустимой скорости движения воздуха по выработке.

В выработке различают площадь сечения в свету (площадь по внутреннему контуру крепи и почве выработки), в черне (площадь по наружному контуру крепи, включая затяжку, и почве выработки), в проходке (площадь по контуру пород, которую принимают на 3—5% больше площади в черне), а также размеры выработки до осадки и после осадки крепи. Согласно Правилам безопасности минимальные площади поперечных сечений горных выработок в свету должны составлять: для главных выработок (квершлагов, штреков, капитальных и панельных бремсбергов, уклонов) не менее 4,5 м² при рамной деревянной металлической, железобетонной и смешанной крепи и не менее 4 м² при монолитной каменной, бетонной, железобетонной и тубинговой крепи при высоте не менее 1,9 м от головок рельсов; для участковых выработок (вентиля-

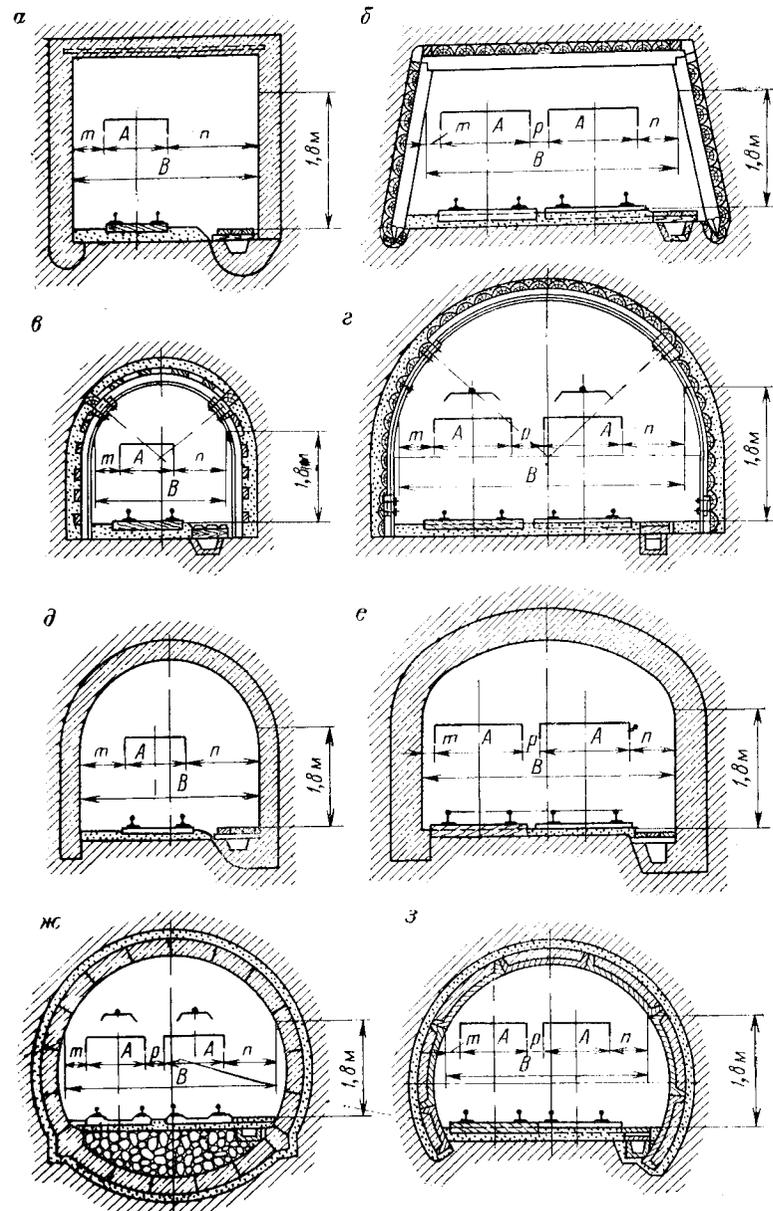


Рис. 5. Формы поперечного сечения горных выработок

ционных, промежуточных и конвейерных штреков, людских ходков, участковых бремсбергов и уклонов) не менее $3,7 \text{ м}^2$ при высоте не менее $1,8 \text{ м}$; для печей, просеков — не менее $1,5 \text{ м}^2$.

Основные транспортные средства стандартизованы, поэтому их размеры принимают по справочникам.

С целью уменьшения затрат времени и средств на проектирование горных выработок для основных видов крепи и транспортных средств разработаны типовые сечения горных выработок. Для выбора необходимого типового поперечного сечения выработки в свету достаточно определить ее ширину B на уровне верхней кромки подвижного состава по формуле

$$B = m + kA + p + n, \quad (1)$$

где m — зазор между крепью и подвижным составом, м; k — число рельсовых путей; A — ширина подвижного состава, м; p — зазор между составами, м; n — свободный проход для людей, м.

Правила безопасности предусматривают с одной стороны зазор между крепью и подвижным составом не менее $0,25 \text{ м}$ на уровне подвижного состава при рамных конструкциях (деревянной, металлической и сборной железобетонной) крепей и не менее $0,2 \text{ м}$ при сплошных конструкциях (бетонной, железобетонной и тюбинговой) крепей; с другой стороны для свободного прохода людей в горной выработке не менее $0,7 \text{ м}$ на высоте не менее $1,8 \text{ м}$ от почвы (тротуара). В двухпутных выработках зазор между составами должен быть не менее $0,2 \text{ м}$, при конвейерном транспорте ширина прохода для людей не менее $0,7 \text{ м}$, а зазор с другой стороны не менее $0,4 \text{ м}$. Правилами безопасности установлены и другие минимально допустимые размеры выработок по ширине и высоте. Для сохранения требуемых зазоров в течение всего срока службы выработки ее сечения при проведении пластовых работ, рекомендуется принимать с запасом (вертикальная податливость до $50-60\%$ мощности пласта и горизонтальная — $0,23-0,29 \text{ м}$ на высоте $1,8 \text{ м}$ от почвы выработки).

Принятую типовую площадь сечения выработки в свету $S_{\text{св}}$ необходимо проверить по скорости движения воздуха по формуле

$$v = Q / S_{\text{св}} \leq v_{\text{д}}, \quad (2)$$

где Q — количество воздуха, проходящее по выработке,

$\text{м}^3/\text{с}$; $v_{\text{д}}$ — допустимая скорость движения воздушной струи по Правилам безопасности для данной выработки, м/с.

В квершлагах, главных откаточных и вентиляционных штреках, капитальных и панельных бремсбергах и уклонах скорость воздушной струи не должна превышать 8 м/с , в остальных выработках — 6 м/с .

§ 4. Основные сведения о шахте

Разработку угольных месторождений ведут подземным или открытым способом. Горнопромышленное предприятие, осуществляющее добычу угля подземным способом, называется шахтой, а предприятие, осуществляющее добычу угля открытым способом, — карьером (разрезом).

Для шахты или карьера отводят определенную часть месторождения, называемую шахтным или карьерным полем. Размер шахтного поля по простиранию составляет $5-10 \text{ км}$ и более, а по падению — $1-3 \text{ км}$, иногда и больше. Шахтное поле отрабатывают отдельными частями, например, этажами. Размер этажа по простиранию равен размеру шахтного поля, а по падению, наклонной высоте этажа $h_{\text{н}}$, $150-450 \text{ м}$ (рис. 6). До начала отработки шахтного поля его необходимо вскрыть — провести капитальные выработки, соединяющие пласты угля (этажи) с земной поверхностью. Существует много способов вскрытия шахтных полей. Если в шахтном поле залегает один пологий или наклонный пласт, то оно может быть вскрыто вертикальными стволами: главным 1 и вспомогательным 2 . На середине шахтного поля по падению, на уровне нижней границы II этажа проводят околоствольный двор 3 . Для подготовки верхних этажей (выше околоствольного двора) проводят капитальные бремсберги 4 и 5 , а для подготовки нижних этажей — капитальные уклоны 10 и 11 .

После вскрытия I этажа производят подготовку его к очистной выемке. Для этого проводят этажные штреки: откаточный 6 , вентиляционный 7 и разрезные печи 8 , из которых начинают вести работы по выемке угля в лавах 9 .

Если в шахтном поле залегает свита (несколько пластов, то для вскрытия и соединения их с околоствольным двором и стволами проводят капитальные квершлагги — откаточный 1 (рис. 7) и вентиляционный 2 .

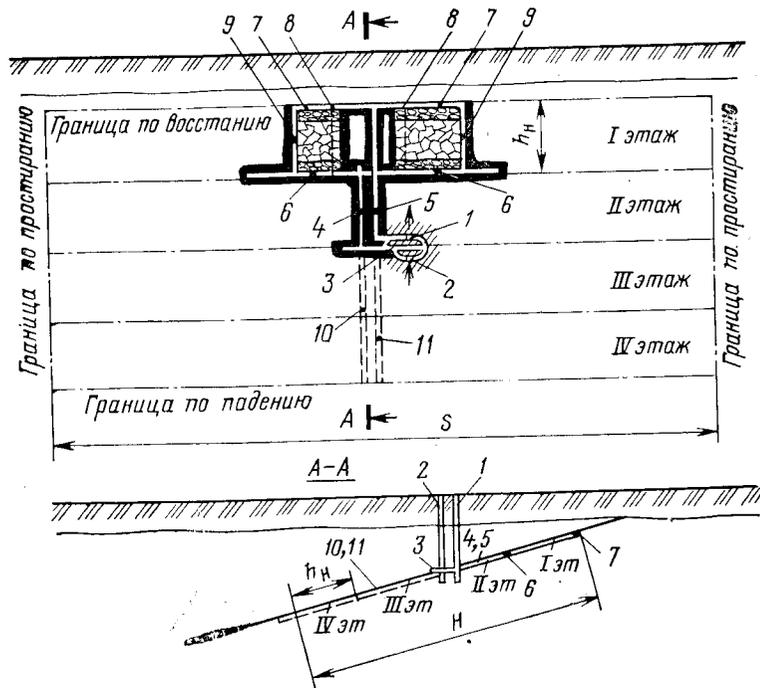


Рис. 6. Схема вскрытия и этажная подготовка шахтного поля

Для подготовки этажей по каждому пласту проводят капитальные бремсберги 3 или уклоны 4. Вентиляционный квершлаг можно проводить на одном уровне с откаточным или у верхней границы шахтного поля и соединять с поверхностью вентиляционным стволом или шурфом 5.

Крутонаклонные и крутые пласты вскрывают вертикальными стволами и этажными квершлагами, которые проводят от стволов к пластам на каждом этаже, начиная с I этажа. Стволы сначала проводят до нижней границы I этажа, а от них к пластам этажные квершлаг (откаточный и вентиляционный). По мере отработки I этажа стволы углубляют до нижней границы II этажа и проводят новые квершлаг. Штреки по пластам проводят непосредственно от квершлаг.

При разработке пластов в различных горно-геологических условиях применяют системы разработки. Системы разработки — это определенный порядок ведения подготовительных и очистных работ, увязанный в пространстве и во времени. Широко распростра-

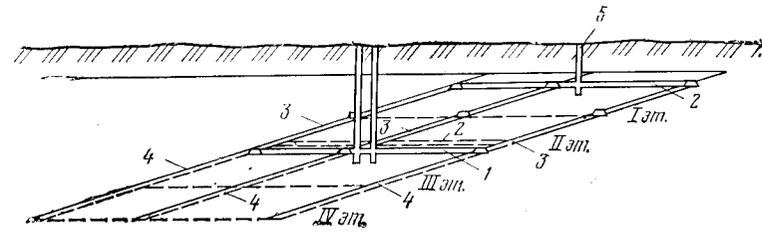


Рис. 7. Схема вскрытия свиты пологих пластов

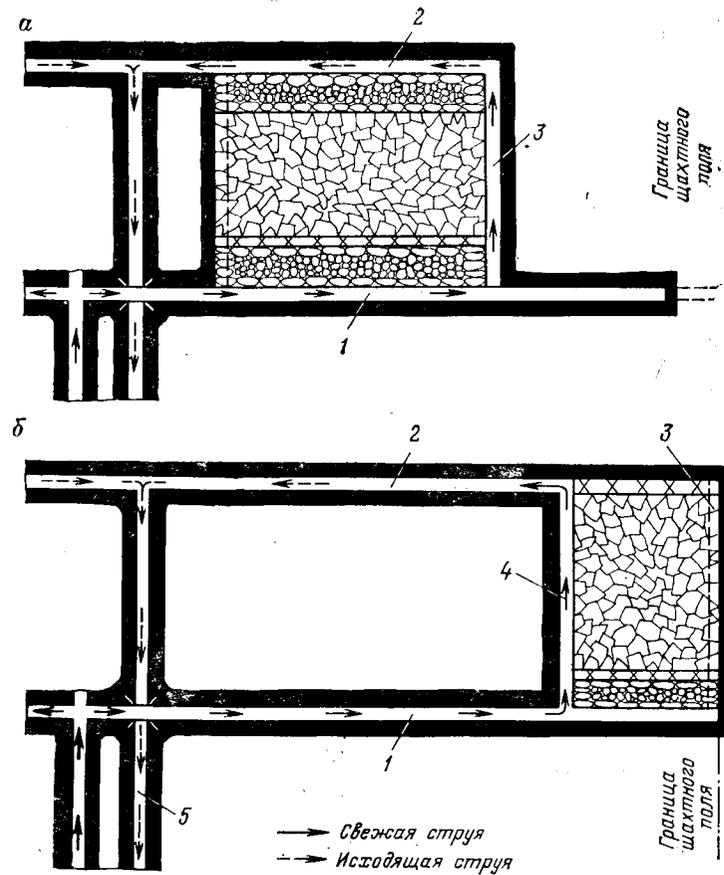


Рис. 8. Системы разработки лава — этаж

→ Свежая струя
 → Исходящая струя

ненными системами разработки тонких и средней мощности пластов являются сплошная и столбовая. Простейшей является сплошная система разработки лава — этаж (рис. 8,а). При этой системе разработки от капитальных бремсбергов и ходков проводят два этажных штрека — откаточный 1 и вентиляционный 2, между которыми на всю высоту этажа располагается одна очистная выработка — лава 3, перемещающаяся к границе шахтного поля. Откаточный штрек опережает забой лавы на 150—200 м, а вентиляционный штрек подвигают одновременно с лавой.

Наиболее простой из столбовых систем разработки является система разработки длинными столбами по простиранию (лава — этаж) при обратном порядке отработки этажа (рис. 8,б). При этой системе разработки от капитального бремсберга 5 до границы шахтного поля по простиранию проводят два этажных штрека 1 и 2. У границы шахтного поля между штреками проводят разрезную печь 3 (для образования лавы), из которой начинают разрабатывать лавой 4 столб угля, оконтуримый со всех сторон выработками.

Иногда на пологих и наклонных пластах размер этажа по падению принимают равным 150—450 м, а длину лавы — 150—250 м, поэтому этаж по падению делят на подэтажи. В этаже по падению в этом случае располагают две-три лавы. Для обслуживания верхних лав помимо этажных штреков проводят промежуточные (подэтажные) штреки, которые с этажными штреками соединяют участковыми бремсбергами.

Разработка шахтного поля делится на три стадии: вскрытие шахтного поля, подготовка его к очистной выемке и очистная выемка. При вскрытии шахтного поля проводят вскрывающие (капитальные) выработки: стволы, шурфы, гезенки, квершлаг и др. При подготовке этажей (панелей) к очистной выемке проводят капитальные (панельные) бремсберги и уклоны и подготовительные выработки: штреки, печи, проески, участковые бремсберги, ходки и др. Очистную выемку угля производят в лавах или очистных камерах. Уголь, добытый в очистных выработках, доставляют на откаточные штреки, по которым его транспортируют до вскрывающих наклонных, горизонтальных или вертикальных (гезенки) выработок, далее в околоствольный двор и по стволам на поверхность, где обогащают и отгружают потребителям.

§ 5. Понятие о шахтном транспорте, подъеме, водоотливе и вентиляции шахты. Поверхностный комплекс шахты

Шахтный транспорт. Он обеспечивает доставку угля из очистных забоев на откаточные выработки, транспортирование по горизонтальным или наклонным выработкам угля и породы (от проведения и ремонта горных выработок), материалов, оборудования, перевозку людей к месту работы и обратно, а также перевозку грузов на поверхности от стволов к месту погрузки угля в железнодорожные вагоны. Доставку угля из очистных выработок на пологих пластах осуществляют скребковыми конвейерами, а на наклонных, крутонаклонных и крутых пластах — самотеком по почве, металлическим листам или неподвижным решеткам, уложенным на почву, для лучшего скольжения угля. Скребковый конвейер (рис. 9) состоит из стальных решеток, образующих желоб, по которому с помощью одной или двух цепей движутся поперечные скребки, перемещающие уголь или породу. Конвейер расположен около забоя лавы по всей его длине. По мере выемки угля забой лавы подвигается, вслед за ним перемещают и конвейер в основном без разборки его с помощью передвижчиков. Некоторые типы конвейеров перемещают путем разборки, переноски и сборки на новом месте.

По горизонтальным и наклонным выработкам (уклоны, бремсберги) уголь и породу транспортируют ленточными конвейерами или в вагонетках. Ленточный конвейер состоит из бесконечной прорезиненной ленты, которая движется по роликам, перемещая насыпанный на нее уголь или породу. Транспортирование грузов в вагонетках по рельсовым путям называют откаткой. Откатку грузов по горизонтальным выработкам производят поездами с помощью электровозов (электровозная откатка) и лебедок (канатная откатка). Вагонетки для перевозки угля (породы) с глухим кузовом или откидным днищем имеют вместимость 1—5,6 м³. Для перевозки людей применяют пассажирские вагонетки, а для перевозки длинномерных материалов (рельсы, трубы, лес) — специальные вагонетки без кузова или с кузовом, не имеющим передней и задней стенок. В поезда вагонетки соединяют специальными сцепками. Электровозы могут быть контактными (рис. 10,а) и аккумуляторными (рис. 10,б). Двигатели контактных электро-

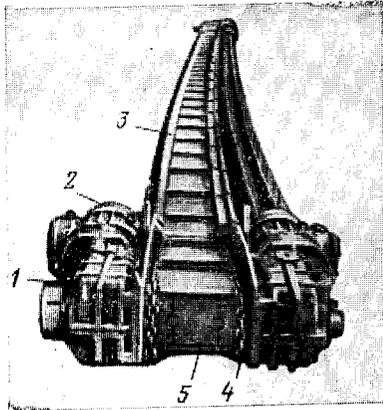


Рис. 9. Скребковый конвейер:

1 — редуктор; 2 — двигатель; 3 — решетки; 4 — скребковая цепь; 5 — скребок

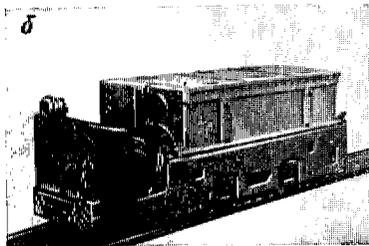
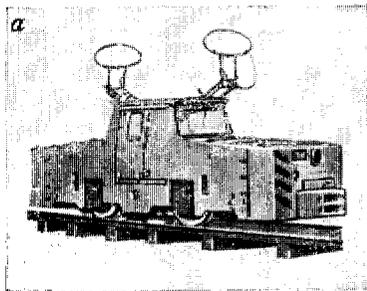


Рис. 10. Электропоезды

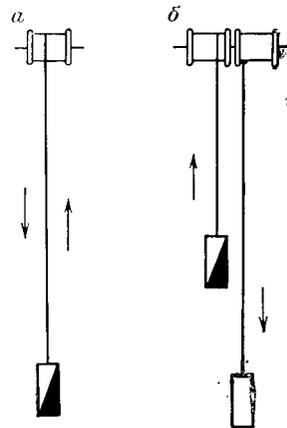


Рис. 11. Схемы канатных откаток

зов питаются от контактного провода с помощью специального токосъемника. Вторым проводом является рельсовый путь. Так как между контактным проводом и токосъемником образуются искры, контактные электропоезды применяют только на шахтах, не опасных по газу или угольной пыли. Двигатели аккумуляторного электропоезда получают постоянный ток от аккумуляторной батареи, установленной на нем. По мере разрядки батарей их заменяют заряженными. Аккумуляторные электропоезды применяют в шахтах, опасных по газу или угольной пыли.

В наклонных выработках (а иногда и в горизонтальных) применяют канатную откатку, которую разделяют на одноконцевую (рис. 11,а) и двухконцевую (рис. 11,б). При одноконцевой откатке с помощью однокоробанной лебедки состав груженых, прицепленных к канату вагонеток, поднимают вверх или опускают вниз, там его отцепляют, а к канату прицепляют состав порожних вагонеток для откатки в обратном направлении. При двухконцевой откатке с помощью двухкоробанных лебедок состав груженых вагонеток перемещают в одном направлении, а состав порожних вагонеток — в другом. Применяют ее в двухпутных выработках. При концевой откатке вместо вагонеток применяют и скипы, которые загружают на одном горизонте и разгружают на другом. Уголь и породу, доставленные в околоствольный двор, выдают на поверхность по стволам подъемными установками.

Шахтная подъемная установка. Она состоит из подъемной машины, копра с направляющими шкивами, подъемных сосудов (клетей, скипов), загрузочных и разгрузочных устройств и подъемных канатов. Подъемные установки бывают клетевые и скиповые (рис. 12). Клетевыми установками уголь (породу) поднимают в вагонетках, которые в шахте закатывают в клеть, а на поверхности выкатывают из нее и направляют к опрокидывателю для разгрузки. Скиповыми установками уголь (породу) поднимают в скипах, которые загружают в шахте и разгружают в бункер на поверхности с помощью специальных устройств. Людей, материалы, оборудование поднимают и опускают клетевыми подъемными установками.

По наклонным стволам подъем угля (породы) производят в вагонетках, скипах или транспортируют ленточными конвейерами (при углах наклона до 18°).

Водоотлив. При проведении горных выработок в шахте выделяется вода, которая по водоотводным канавкам стекает в водосборник, расположенный в околоствольном дворе. Последний служит для сбора и осветления (отстаивания) воды. Вместимость шахтного водосборника должна быть не менее 4-часового нормального притока воды, а участкового — не менее 2-часового нор-

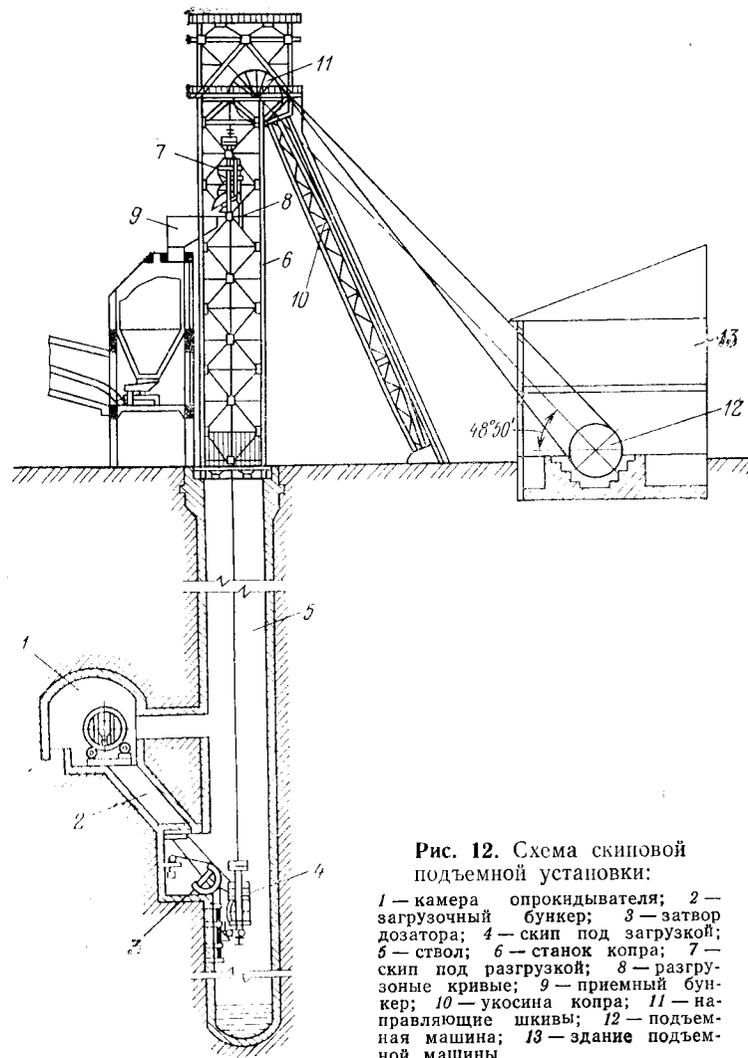


Рис. 12. Схема скиповой подъемной установки:
 1 — камера опрокидывателя; 2 — загрузочный бункер; 3 — затвор дозатора; 4 — скип под загрузкой; 5 — ствол; 6 — станок копра; 7 — скип под разгрузкой; 8 — разгрузочные кривые; 9 — приемный бункер; 10 — укосина копра; 11 — направляющие шкивы; 12 — подъемная машина; 13 — здание подъемной машины

мального притока. Откачка воды из шахты по мере накопления ее в водосборнике производится по трубам центробежными насосами с электроприводами. Насосы располагают в камере водоотлива вблизи ствола шахты.

Шахтная вентиляция. Она предназначена для обеспечения всех выработок шахты свежим воздухом, поддержания в них нормальной температуры и влажности воздуха. Свежий воздух в шахту подается с помощью вентиляторов главного проветривания, которые располагают вблизи одного из стволов и нагнетают воздух в шахту или отсасывают его из шахты. В последнем случае свежий воздух поступает в шахту по другому стволу под действием разряжения, создаваемого в шахте всасывающим вентилятором. На газовых шахтах применяют, как правило, всасывающий способ проветривания.

Атмосферный воздух, поступающий в шахту, содержит в среднем 20,95% кислорода, 0,03% углекислого газа, 78,08% азота и 0,94% других газов. Попадая в шахту и проходя по выработкам, воздух загрязняется образующимися и выделяющимися в шахте газами (метан, углекислый газ, окись углерода, окислы азота, сероводород, сернистый газ) и шахтной пылью. Наиболее часто в угольных шахтах встречается метан, углекислый газ и окись углерода.

Углекислый газ (CO_2) образуется при окислении угля, при подземных пожарах, взрывах метана и угольной пыли, а также выделяется из угля и пород. Он не поддерживает горения, удушлив, собирается внизу выработок. Углекислый газ вреден для человека: при 3%-ном его содержании в воздухе частота дыхания удваивается, при 10%-ном наступает обморок, 14% и выше — смертельно опасная концентрация. Обнаруживают и измеряют CO_2 шахтными интерферометрами ШИ-3, ШИ-10, ШИ-11 и др. Допускаемое содержание CO_2 в выработках, где работают люди, и в исходящих струях участков не более 0,5%, в исходящей струе из крыла или шахты не более 0,75%, а в выработках, проводимых по завалу, не более 1%.

Окись углерода (CO) — газ без цвета, запаха и вкуса. Образуется при горении, взрывах метана и угольной пыли, очень ядовит: 0,5—1% его в воздухе смертельно опасно для человека. Содержание CO в выработках определяют газоопределителями ГХ. Допускаемое содержание CO в выработках не более 0,0017%.

Метан, или рудничный газ (СН₄) собирается сверху выработок. Газ без цвета, запаха и вкуса, выделяется из угля и пород, удушлив. Опасность метана состоит в том, что он в смеси с воздухом горит (2—5%) и взрывается (5—16%) при температуре 650°С и выше. Максимальной силы взрыв метана достигает при 9,5%-ном его содержании в воздухе. Определяют концентрацию метана шахтными интерферометрами ШИ-3, ШИ-10, ШИ-11 эпизодического действия автоматическими переносными приборами СШ-2, СММ-1, СМС-1, «Сигнал», стационарными приборами АМТ-3 и комплексом «Метан». В соответствии с Правилами безопасности содержание метана не должно превышать в исходящей струе из шахты 0,75%, в исходящей струе из лавы или участка — 1%, в свежей (поступающей) струе в выработку или участок — не более 0,5%. При местном скоплении метана в выработке в количестве 2% и более все работы должны быть прекращены, а люди выведены на свежую струю воздуха. Запрещается производство взрывных работ при содержании метана в выработке 1% и более. Контроль за содержанием метана в выработках должен производиться систематически.

Шахты, в которых хотя бы на одном из пластов был обнаружен метан, относят к опасным по газу. В зависимости от количества метана, выделяющегося в шахте на каждую тонну добываемого в сутки угля, и вида выделения его шахты разделяют на категории.

Категория шахты	Количество метана, выделяющегося на 1 т добычи угля, м ³
I	< 5
II	5—10
III	10—15
Сверхкатегорные	> 15 и шахты, опасные по сульфидным выделениям
Опасные по внезапным выбросам	Шахты, разрабатывающие пласты, опасные или угрожаемые по внезапным выбросам угля и газа; шахты с выбросами пород

Шахтная пыль. Она вредна для здоровья человека. При длительном вдыхании породная пыль с содержанием окиси кремния вызывает силикоз, а угольная — антракоз. Угольная пыль, кроме того, представляет большую опасность, так как она образует с воздухом взрывчатую смесь при содержании ее во взвешенном состоянии от 16 до 3000 г/м³. Максимальной силы взрыв

достигает при содержании 300—400 г пыли в 1 м³ воздуха. Температура воспламенения угольной пыли 750—800°С и выше. На взрывчатость угольной пыли влияют содержание летучих веществ в угле, влажность, зольность и тонкость пыли. К опасным по пыли относятся пласты угля с выходом летучих веществ 15% и более, а также пласты с меньшим выходом летучих веществ, взрывчатость пыли которых установлена лабораторными испытаниями.

Для борьбы с шахтной пылью применяют три группы мероприятий: снижение запыленности шахтного воздуха (пылеподавление), предупреждение взрывов угольной пыли и локализации взрывов пыли. Снижение запыленности воздуха достигается подавлением пыли при различных производственных процессах путем предварительного увлажнения угля в массиве, орошением водой мест пылеобразования и др. Предупреждение взрывов угольной пыли достигается наряду с запрещением применения в шахте открытого огня в любой форме, путем осланцевания и обмывки выработок, связывания пыли различными растворами, водяными завесами при взрывных работах и др. Локализация взрывов угольной пыли достигается сланцевыми или водяными заслонами. Заслонами изолируют очистные забои, отдельные забои подготовительных выработок, пласты, крылья шахтного поля, околоствольные двory. При этом заслоны устанавливаются в выработках как со свежей, так и с исходящей струей. Водяной заслон состоит из корыт, установленных поперек выработки у ее кровли на длине не менее 30 м. Корыта вместимостью 40—80 л наполняют водой. При распространении взрыва угольной пыли по выработке корыта опрокидываются (разрушаются), вода распыляется и гасит пламя взрыва, препятствуя его распространению. Все люди, работающие в местах интенсивного пылеобразования, должны пользоваться противопыльными респираторами.

Поверхностный комплекс шахты. Он состоит из технических и хозяйственно-бытовых зданий и сооружений. Типовые проекты новых шахт предусматривают сосредоточение помещений в трех основных крупных блоках: главного ствола, вспомогательного ствола и административно-бытового комбината. В блоке главного ствола размещают помещения технологического комплекса по приему угля и породы, пункт безбункерной погрузки угля в железнодорожные вагоны, погрузочную станцию

породы, помещение подъемных установок. В блоке вспомогательного ствола размещают помещения технологического комплекса по приему породы, спуску и подъему людей, материалов, оборудования, подъемных установок и др. Блок административно-бытового комбината включает помещения по бытовому обслуживанию шахтеров и административно-конторские. К зданиям и сооружениям, которые не блокируются, относят вентиляторные и компрессорные установки, резервуары воды, эстакады, холодильные станции и др.

§ 6. Техника безопасности в шахте и охрана природы

Для предупреждения несчастных случаев при работе в шахте каждый рабочий и служащий должны хорошо знать и строго соблюдать правила безопасности, установленные для угольной промышленности, а также типовые инструкции по охране труда, устанавливающие правила выполнения работ и поведения в горных выработках.

Все рабочие, поступающие на шахту, а также переводимые на работу по другой профессии, должны быть предварительно обучены технике безопасности и промышленной санитарии по специальным программам с обязательной сдачей экзаменов. Продолжительность обучения: для рабочих, поступающих на подземные работы, ранее не работавших на шахтах, — 10 дней; ранее работавших на шахтах — 5 дней и переводимых на работу по другой профессии — 2 дня.

Для успешной ликвидации аварий и быстрого вывода людей на поверхность на шахте составляется план ликвидации аварий, с которым должны быть ознакомлены все рабочие шахты. Строго обязательным является ознакомление всех поступивших на работу в шахту с запасными выходами из шахты и правилами пользования самоспасателями.

Фильтрующие самоспасатели СПП-2 предназначены для защиты органов дыхания от продуктов горения (СО), которые образуются при подземных пожарах, взрывах метана и угольной пыли. Срок защитного действия самоспасателя 60 мин. Его нужно оберегать от ударов, так как, только будучи исправным, он может защитить человека от действия СО.

Изолирующие самоспасатели ШС-7М защищают лю-

дей от любых газов, их срок защитного действия не менее 50 мин.

Освещение в шахте применяют электрическое специальными светильниками (лампами), питающимися от электрической сети. Кроме того, каждый рабочий и служащий, спускающийся в шахту, должен иметь при себе индивидуальный, переносной аккумуляторный светильник.

Спуск людей по вертикальным выработкам производят в клетях. Число людей, находящихся одновременно в клетях, определяют из расчета 0,2 м² площади пола клетки на одного человека. Рабочие, спускающиеся в шахту, должны быть в исправной спецодежде, обуви, защитных касках и иметь при себе исправный светильник, индивидуальный перевязочный пакет, самоспасатель и жетон на право спуска в шахту. При спуске в шахту и подъеме из нее рабочие должны беспрекословно подчиняться требованиям рукоятчика и стволового. Входить в клеть и выходить из нее разрешается только при полной остановке, без торопливости и суетолики. При движении клетки люди в ней должны стоять спокойно вдоль длинных сторон, держась за поручни, не высываясь из клетки. Клеть должна иметь дверцы, открывающиеся во внутрь только после остановки клетки. Дверцы открывает стволовой или рукоятчик. Все выехавшие из шахты должны сразу же сдать лампы и самоспасатели в ламповую.

Перевозка людей по наклонным выработкам обязательна при разности отметок конечных пунктов выработки более 25 м. Перевозят людей в клетях или специальных пассажирских вагонетках. По горизонтальным выработкам перевозка людей обязательна, если расстояние до места работы составляет 1 км и более. Запрещается передвижение людей по наклонным выработкам, по которым откатку грузов производят в скипах или вагонетках. Для передвижения людей параллельно таким наклонным выработкам проводят людские ходки.

Для безопасного передвижения людей по горизонтальным выработкам в них должны быть свободные проходы между крепью и вагонетками или электровозом (как было сказано выше) шириной не менее 0,7 м на уровне 1,8 м от почвы выработки. При приближении поезда следует остановиться у стенки выработки со стороны свободного прохода для людей и пропустить поезд. При необходимости остановки поезда рабочий должен

дать предупредительный сигнал машинисту двойным движением светильника поперек выработки. При передвижении по выработкам запрещается прикасаться к контактному проводу, кабелям, электрическим машинам и заходить в закрепленные выработки. При проходе через вентиляционную дверь ее необходимо закрыть, так как при оставленной открытой двери нарушится нормальное проветривание горных выработок. Запрещается проезд людей на локомотивах, конвейерах и других транспортных средствах, не приспособленных для перевозки людей, а также переход на другую сторону выработки между вагонетками поезда. Переход через ленточные конвейеры разрешается только по перекидному мостику. Во избежание травмирования острыми инструментами при спуске людей в клетях, перевозке в вагонетках и передвижении по выработкам эти инструменты должны быть в защитных чехлах или сумках. При передвижении по вертикальным и наклонным выработкам рабочий должен надежно прикрепить инструменты и другие переносимые предметы, чтобы они не могли упасть и травмировать людей, находящихся ниже.

В местах пересечения горизонтальных выработок с наклонными должны быть установлены барьеры. Переходить через наклонные выработки разрешается только при остановленной откатке и закрытых барьерах или по обходным выработкам.

Перед работой и во время работы в забое рабочий должен следить за состоянием крепи и пород в забое, кровле и стенках выработки. Появление трещин и заколов в породах, усиление давления на крепь являются предупреждениями о возможности обрушения породы и необходимости усиления крепи. Опробование состояния пород производят звуковым или вибрационным способом. При звуковом способе ударяют инструментом о породу: глухой звук (порода бунит) указывает на отслаивание породы и возможность ее обрушения. При ненарушенной породе звук звонкий. При вибрационном способе пальцы одной руки прикладывают к породе, а другой рукой каким-либо инструментом ударяют о породу. Если пальцы ощущают вибрацию, это свидетельствует об отделении породы от массива. Отслоившуюся породу необходимо закрепить дополнительной крепью или обрушить. Находиться на незакрепленных участках горных выработок запрещается.

К работе на машинах допускают только рабочих, прошедших обучение и имеющих удостоверение на право управления машинами. Запрещается работа на машинах без диэлектрических перчаток. Движущиеся части машин должны быть закрыты или ограждены. Там, где они по характеру работы не могут быть ограждены, необходимо следить за тем, чтобы вблизи машин не было посторонних.

В выработках шахт, опасных по газу, необходимо систематически определять концентрацию метана приборами ШИ-3, ШИ-10, ШИ-11, которыми должны уметь пользоваться все рабочие.

Мероприятия по охране природы. Подземная добыча угля оказывает большое влияние на природную среду. При выемке угля в шахтах происходит сдвигение пород над выработанными пространствами, что приводит к миграции воды в горные выработки и газов (CO_2 , CH_4) в выработки и на поверхность земли; образуются провалы, в результате чего разрушаются здания, сооружения, дороги; происходит высыхание водоемов или заболачивание и затопление пойменных участков земли. Выданная из шахты порода занимает большие площади земли под отвалами, которые самовозгораются и загрязняют атмосферу пылью и различными газами.

При открытой разработке угольных месторождений карьеры и отвалы занимают большие площади земли. Шахтная вода загрязняет естественные водоемы, воздействуя на живую природу.

Для уменьшения сдвига пород при подземной добыче угля необходимо производить полную закладку выработанных пространств, используя для этого и породу от проведения горных выработок. Однако карьеры для добычи закладочного материала также занимают значительные участки земли.

Для уменьшения порчи земли необходимо технологические комплексы предприятий, дороги, отвалы, карьеры для добычи закладочного материала располагать на землях, не пригодных для сельского хозяйства. Земли, приведенные в негодность шахтами и карьерами, необходимо восстанавливать (рекультивировать) и передавать сельскохозяйственным организациям, а горящие отвалы породы тушить, выравнять и озеленять. Во избежание самовозгорания новым отвалам необходимо придавать плоскую форму, отсыпку их производить слоями толщиной 1—1,5 м, хорошо уплотнять и изолиро-

вать инертными материалами. Очень эффективным мероприятием по предупреждению самовозгорания отвалов является затопление породы водой. Шахтные воды загрязнены взвешенными частицами угля и породы, коллоидными частицами, различными бактериями, растворенными химическими веществами. На некоторых шахтах воды являются кислыми.

Первичную очистку воды от взвешенных частиц производят в шахте (в отстойниках, водосборниках) с использованием выработанных пространств для захоронения шламов, дальнейшую очистку — на поверхности на фильтровальных станциях. Нейтрализацию кислых вод, опреснение минерализованных и обеззараживание производят на специальных станциях и установках на поверхности.

ГЛАВА II

СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

§ 7. Физико-механические свойства горных пород

При разработке угольных месторождений приходится вынимать уголь и пустую породу. Степень трудности выемки той или иной породы зависит от ее физико-механических свойств. Физико-механические свойства пород зависят от строения породы, ее степени метаморфизма (воздействия на них горного давления и высокой температуры в период горообразования) и условий залегания.

Основными свойствами породы являются плотность, твердость, вязкость, упругость, пластичность, крепость, слоистость, трещиноватость, влагоемкость, ползучесть, кливаж, разрыхляемость, угол естественного откоса, угол внутреннего трения и др.

Плотность — масса единицы объема породы со всеми содержащимися в ее порах жидкостями и газами.

Твердость — сопротивление породы внедрению в нее острого инструмента (оказывает большое влияние на процесс разрушения породы режущим инструментом).

Вязкость — сопротивляемость породы отделению от массива некоторой ее части.

Упругость — способность проявлять упругие деформации (возвращаться к прежней форме и размерам после прекращения действия сил).

Пластичность — свойство породы изменять свою форму без разрушения.

Крепость — сопротивляемость механическим воздействиям (характеризуется величиной сил, при которых порода разрушается).

Слоистость — наличие в породах слоев, мало или совершенно не связанных между собой.

Трещиноватость — наличие в породе трещин, возникших при тектонических процессах или в результате ведения горных работ. По слоям и трещинам порода более легко отделяется от массива, следовательно, вынимать такие породы легче, но устойчивость их меньше и они создают большее горное давление.

Влагоемкость — свойство породы поглощать и удерживать воду.

Ползучесть — непрерывное во времени развитие деформаций в породах при постоянной нагрузке.

Кливаж — делимость породы по системе мелких субпараллельных плоскостей тектонического происхождения. Кливаж ослабляет породу, облегчает выемку ее, но усложняет управление горным давлением.

Разрыхляемость — свойство породы увеличиваться в объеме при добыче по сравнению с объемом ее в массиве.

Характеризуется разрыхляемость коэффициентом разрыхления. $k_p = V_p / V_m$, где V_p — объем разрыхленной породы, м³; V_m — объем той же породы в массиве, м³.

Коэффициент разрыхления зависит от состава, строения, крепости, кусковатости породы, он равен 1,1—2,2.

Угол естественного откоса — наибольший угол, который может быть образован откосом свободно насыпанной горной массы в состоянии равновесия с горизонтальной плоскостью. Он зависит от кусковатости и форм частиц породы, шероховатости их поверхности, а также от плотности и влажности породы. Величина угла естественного откоса равна 10—12° для торфа, песка и 40—50° для мокрого суглинка, глины, угля.

Угол внутреннего трения — угол, тангенс которого равен коэффициенту внутреннего трения сыпучей породы или коэффициенту крепости породы в массиве по шкале проф. М. М. Протодьяконова.

Без учета перечисленных и других свойств горных пород невозможно правильно решать вопросы выбора вида горных работ, способа разрушения пород, выбора машин, механизмов, режущего инструмента, способов крепления и выработки управления горным давлением.

§ 8. Классификация горных пород

Физико-механические свойства горных пород сложны, многообразны и непостоянны. Учесть и использовать при ведении горных работ каждое из этих свойств в отдельности практически невозможно. Поэтому породы в зависимости от сопротивляемости разрушению при добычании разделяют на группы (категории), т. е. классифицируют их.

Классификация пород, разработанная на научных основах, является очень важным фактором для правильного ведения технических и экономических расчетов. Одной из первых классификаций, не утративших своего значения и до настоящего времени, является классификация пород М. М. Протоdjьяконова, предложенная в 1910 г. По этой классификации крепость породы оценивается коэффициентом ее крепости. Коэффициент крепости породы f — величина, приближенно характеризующая относительную сопротивляемость породы разрушению при добыче и равная одной десятой части предела прочности породы при одноосном сжатии, т. е.

$$f = 0,1 \sigma_{сж},$$

где $\sigma_{сж}$ — предел прочности породы при одноосном сжатии, МПа.

Следовательно, если предел прочности породы $\sigma_{сж} = 100$ МПа, то $f = 0,1 \cdot 100 = 10$.

Предел прочности породы определяют раздавливанием образца, представляющего собой форму куба. Коэффициент крепости породы может быть определен по удельному расходу энергии при бурении и по удельному расходу взрывчатого вещества (ВВ).

Кроме этой классификации пород существуют и другие классификации, используемые в различных отраслях горной промышленности и в строительстве.

В угольной промышленности для установления норм выработки на горные работы применяют классификации пород и углей по буримости, отбойности, по скоростям подачи проходческих комбайнов, а классификации только углей — по скоростям подачи очистных комбайнов и

Таблица 1

Породы	Степень крепости	Плотность породы, т/м ³	Угол внутреннего трения породы, градус	Коэффициент крепости породы	Категория крепости пород	
					по шкале проф. М. М. Протоdjьяконова	по СН и Пу
Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	В высшей степени крепкие	2,8—3	87	20	I	XI
	Очень крепкие	2,6—2,7	85	15	II	X
Очень крепкие гранитные породы, кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, чем указанные выше, кварциты, самые крепкие песчаники и известняки	Крепкие	2,5—2,6	83	10	III	IX
	Крепкие	2,5	80	8	IIIa	VIII
Гранит (плотный) и гранитовые породы, очень крепкие песчаники и известняки, кварцевые рудные жилы, крепкий конгломерат, очень крепкие железные руды	Довольно крепкие	2,4	75	6	IV	VII
	То же	2,3	73	5	IVa	VII
Известняк (крепкий), некрепкий гранит, крепкие песчаники, крепкий мрамор, доломит, колчедан	Средние	2,4—2,8	70	4	V	VI—VII
	„	2,4—2,6	70	3	Va	VI
Обыкновенный песчаник, железные руды	Довольно мягкие	2,2—2,6	65	2	VI	VI
	То же	1,8—2	60	1,5	VIa	IV—V
Песчаные сланцы, сланцеватые песчаники						
Крепкий глинистый сланец, некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат						
Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель						
Мягкий сланец, мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс, мерзлый грунт, антрацит, обыкновенный мергель, разрушенный песчаник, цементированная галька и хрящ, каменный грунт						
Щебенистый грунт, разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь, отвердевшая глина						

Продолжение табл. 1

Породы	Степень крепости	Плотность породы, т/м ³	Угол внутреннего трения породы, градус	Коэффициент крепости породы	Категория крепости пород	
					по шкале проф. М. М. Протодьяконова	по СН и Пу
Глина (плотная), средний камешный уголь, крепкие наносы, глинистый грунт	Мягкие	1,8	60	1	VII	III
Легкая песчаная глина, лёсс, гравий, мягкий уголь	"	1,6	40	0,8	VIIa	II
Растительный слой, торф мягкий суглинок, влажный песок	Землистые	1,5	30	0,6	VIII	I
Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпной грунт, добытый уголь	Сыпучие	1,7	27	0,5	IX	I
Плывуны, болотистый грунт, растительный лёсс и другие разжиженные породы	Плывучие	1,5—1,8	9	0,3	X	I

по сопротивляемости разрушению стругами или скрепестругами. Классификации по буримости, отбойности и скоростям подачи приводятся в сборниках норм выработки на горные работы. Единая классификация по шкале проф. М. М. Протодьяконова и СНиПу (Строительные нормы и правила) приведена в табл. 1.

ГЛАВА III

ГОРНЫЕ РАБОТЫ

§ 9. Виды горных работ и их классификация

Горные работы — комплекс работ (процессов) по проведению, креплению и поддержанию горных выработок и выемке полезного ископаемого. Горные работы включают в себя работы по вскрытию и подготовке шахтного поля к очистной выемке. Горные работы бывают открытые, которые ведутся на земной поверхности, и подземные. В зависимости от способа производства горные работы делят на ручные, машинные, гидравлические и взрывные.

Ручные горные работы выполняют с помощью ручных инструментов (кайла, лопаты, клиньев, ломиков). Как самостоятельный вид горных работ, ручные работы утратили свое значение и являются вспомогательными при других горных работах.

Машинные горные работы выполняют с помощью горных машин, приводимых в действие электрической, пневматической (сжатым воздухом) и гидравлической (водой под давлением) энергией. В основном применяют электрические машины. Пневматические машины применяются на сильнозагазованных шахтах, разрабатывающих чаще всего крутые пласты, а также при проведении выработок по очень крепким породам, когда бурение производят пневматическими машинами. Гидравлические машины применяют на гидрошахтах, где основным видом энергии в забоях является гидравлическая.

По назначению горные машины делят на отбойные молотки, бурильные, врубовые, погрузочные, транспортные машины и комбайны. Отбойные пневматические молотки применяют для выемки угля в лавах в основном с крутонаклонными и крутыми пластами, для выемки угля и породы при выполнении вспомогательных операций при проведении выработок. Бурильные машины разделяют на машины для бурения шпуров и скважин при буровзрывных работах и машины для сбойки при бурении скважин диаметром 200 мм и более. Погрузочные машины применяют для погрузки угля и породы при проведении горных выработок и разделяют на машины непрерывного действия с боковым захватом породы и машины прерывного действия с нижним или верхним черпанием породы. Транспортные машины применяют в основном для транспортирования угля, породы, материалов, оборудования и людей. К ним относятся: лебедки, конвейеры, самоходные вагонетки, электровозы и другие локомотивы. Комбайны (комбинированные машины) делят на проходческие и очистные. Проходческие комбайны применяют для проведения горных выработок, очистные — для выемки угля в очистных выработках (лавах). Комбайны механизмируют несколько процессов — в основном выемку и погрузку породы (угля) на транспортные средства.

Гидравлические горные работы применяют на гидрошахтах. При этом уголь, а иногда и породу разрушают струей воды, которая выбрасывается

из гидромонитора со скоростью до 100 м/с. При ударе струи воды об уголь в нем образуются трещины, попадая в которые вода разрушает его. Этой же водой осуществляется и транспортирование угля. Кроме того, применяют механогидравлический способ выемки и транспортирования угля, при котором уголь вынимают комбайном, а транспортируют струей воды.

Взрывные работы применяют для разрушения (выемки) породы при проведении горных выработок, а также угля в очистных выработках (лавах). Сущность взрывных работ состоит в том, что при взрыве заряда ВВ в глубине массива пород возникает давление газов, образовавшихся при взрыве, достигающее десятков тысяч мегапаскалей. Это давление разрушает и выбрасывает определенный объем породы.

Взрывные работы могут применяться в породах различной крепости, но наиболее экономичны они в породах средней крепости и крепких, т. е. в тех условиях, когда другие виды горных работ недостаточно эффективны или их вовсе применять нельзя.

Для размещения заряда в массиве породы образуют полость — шпур, скважину или горную выработку. Соответственно и методы взрывных работ называют методами шпуровых, скважинных или камерных зарядов. При дроблении глыб и валунов заряд может быть расположен снаружи. Такой метод называют методом наружных (накладных) зарядов. На угольных шахтах основным является метод шпуровых зарядов. При открытой разработке угольных месторождений применяют все перечисленные методы, но основным является метод скважинных зарядов.

При шпуровом методе в забое выработки пробуривают шпур длиной до 5 м и диаметром до 75 мм, в основном 40—50 мм. В шпур помещают заряд — определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву. Свободную от заряда часть шпура заполняют забойкой из смеси глины с песком или другого сыпучего или пластичного, негорючего материала. Процесс помещения заряда и забойки в шпур называют заряданием его. Таким образом, взрывные работы при шпуровом методе заключаются в бурении, зарядании шпуров и взрывании зарядов.

Кроме рассмотренных видов горных работ и способов разрушения пород применяют термический и электромагнитный способы разрушения породы. Сущность

термического способа состоит в том, что при быстром прогреве породы пламенем или газами из специальной горелки в поверхностном слое породы возникают термические напряжения, разрушающие ее. При высоких температурах (до 1700 °С) происходит расплав и испарение породы. В перспективе возможно применение лазерных лучей для ослабления и разрушения пород.

Сущность электромагнитных способов состоит в том, что при взаимодействии породы с электромагнитным полем в породе происходит преобразование электромагнитной энергии в тепловую. Разрушение породы происходит так же, как и при термическом способе.

ГЛАВА IV

БУРЕНИЕ ШПУРОВ

§ 10. Классификация способов бурения шпуров

Бурение — процесс последовательного разрушения породы на забое шпура или скважины и удаления продуктов разрушения.

Различают механические и немеханические способы бурения шпуров. Из немеханических способов известны термический, взрывной, электроимпульсный, электромагнитный и др. В угольных шахтах применяют только механический способ бурения шпуров. Машины, применяющиеся для механического бурения шпуров, называют бурильными, а буровой инструмент — бурами. При механическом бурении на породу воздействуют буровой головкой бура, резцом или коронкой, которые, внедряясь в породу, разрушают ее. Буровую мелочь из шпура удаляют по винтовым поверхностям бура, сжатым воздухом или водой. По характеру приложения нагрузки, разрушающей породу, шпур бурят вращательным, ударно-поворотным и вращательно-ударным способами.

§ 11. Вращательный способ бурения шпуров

Сущность способа состоит в том, что резец (рис. 13), внедряясь под действием усилия Q и находясь под действием осевого усилия P , внедряется в породу и срезает слой ее толщиной h . Для бурения необходимо создать усилие P , превышающее предел прочности породы на сжатие, и усилие Q , превышающее предел прочности

породы на скалывание. При повышении крепости породы возрастают усилия на резце, увеличиваются трение резца о породу, его нагрев и износ. Поэтому область применения вращательного бурения при наличии современных материалов резцов ограничивается породами с $f < 12$, однако наиболее успешно его можно применять в породах с $f < 8$. Вращательное бурение по сравнению с другими способами имеет ряд преимуществ: бурильные машины чаще работают на электрической энергии, которая дешевле пневматической; малый шум и вибрация; меньше пылеобразование (более крупная буровая мелочь); более высокая скорость бурения.

Буровым инструментом при вращательном бурении являются буры (рис. 14,а), состоящие из штанги 2 и резца 1. Штанга имеет хвостовик 3, которым она вставляется в патрон бурильной машины. Штанги изготовляют из витой ромбической стали. Витая форма нужна для интенсивного удаления буровой мелочи из шпура.

Очень важным элементом бура является резец (рис. 14,б), состоящий из корпуса 1, перьев 5 и хвостовика 6. Перья резца имеют переднюю 2 и заднюю 4 грани и лезвие 3. Резец с помощью хвостовика соединяют со штангой. Резцы бывают угольные и породные. Они отличаются длиной и толщиной перьев, углами заточки α , β , γ и величиной рассечки между перьями. Угольные резцы применяют для бурения по углю и мягким породам. Они имеют большую рассечку и длину перьев и меньший угол заточки β . При возрастании крепости породы увеличиваются толщина перьев и угол заточки β , уменьшаются задний α и передний γ углы заточки. Передние режущие грани резцов армируют пластинками твердых сплавов ВК-6, ВК-8, ВК-8В. Толщина пластинок 3—4 мм.

Краснолучский и Кузнецкий машиностроительные заводы изготовляют резцы: РУ-4М (рис. 15,а) для бурения ручными электросверлами по углям, не имеющим твердых включений, и мягким породам; РУ-13М (рис. 15,б) для бурения по породам с $f = 4 \div 6$; РУ6-1 (рис. 15,в) для бурения по углю и породе; РП-7 (рис. 15,г) для бурения по породам с $f < 8$; РБ-42-2 (рис. 15,д) для бурения по породам с $f < 10$; БИ-741В (рис. 15,е) для бурения бурильными установками по породам с $f < 8$.

Бурильные машины для вращательного бурения называют сверлами, которые в зависимости от рода энергии бывают электрическими, пневматическими и

Рис. 13. Схема разрушения породы при вращательном бурении

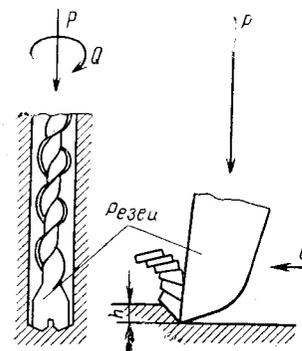
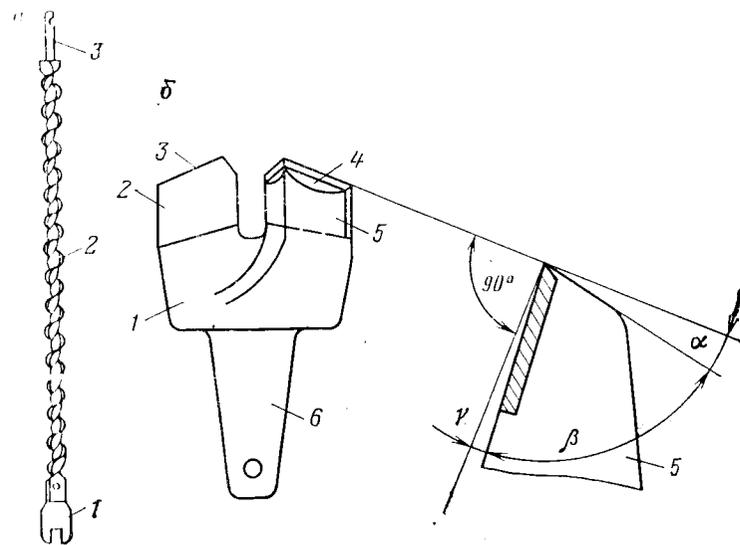


Рис. 14. Буровой инструмент



гидравлическими. В основном применяют электрические сверла. Их делят на ручные, ручные с принудительной подачей и колонковые. Пневматические и гидравлические сверла бывают только ручными.

Ручное электросверло (рис. 16) состоит из электродвигателя 1, вентилятора 2, редуктора 3, шпинделя 4, в который вставляют хвостовик бура. Все это заключено в корпус с крышкой и рукоятками, которые для безопасности покрывают слоем резины или пластика. Ручные электросверла предназначены для бурения по мягким и средней крепости углям с $f \leq 1,5$. По

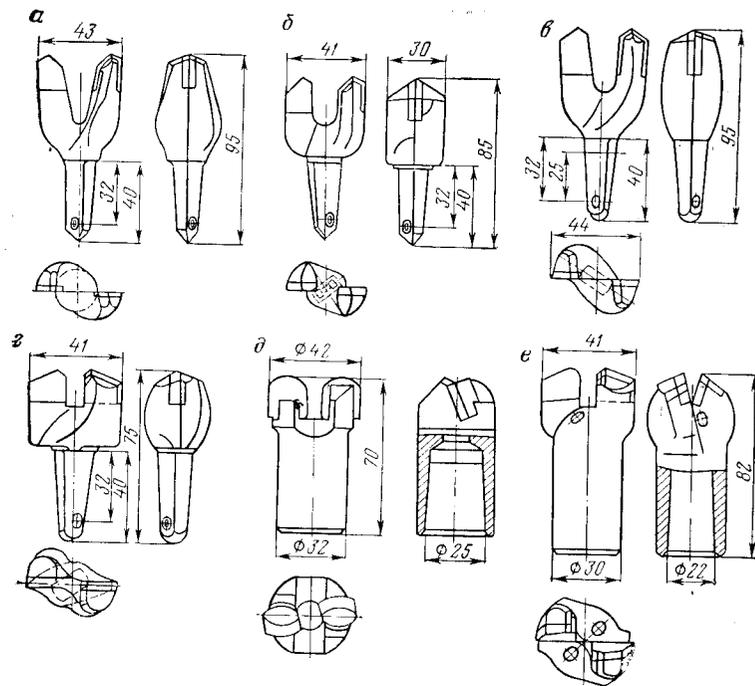


Рис. 15. Резцы

крепким углям и породам с $f \leq 4 \div 5$ применяют ручные электросверла с принудительной механической подачей. В электросверле с принудительной подачей имеется барабан, на который наматывается тросик (диаметром 3—5 мм) принудительной подачи сверла на забой. Концы тросика крепят за стойку, установленную у забоя.

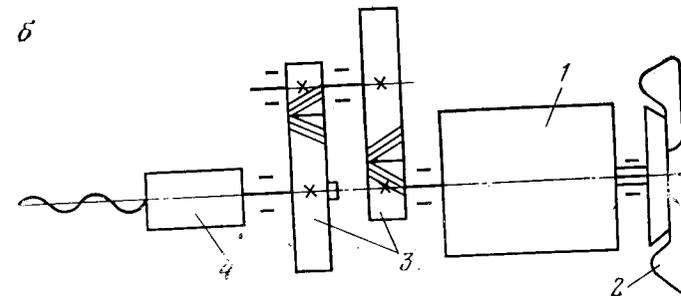
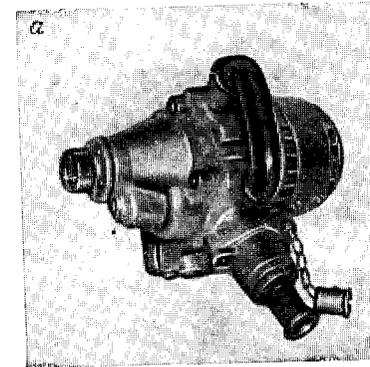
Характеристика ручных электросверл приведена ниже.

Тип электросверла	СЭР-19М	ЭР14Д-2М	ЭР18Д-2М	ЭРП18Д-2М*
Мощность двигателя, кВт	1,2	1	1,4	1,4
Частота вращения, с ⁻¹	5,7—11,7	14,3	10,7	5
Масса, кг	18	16	17	24

* Сверло с принудительной подачей.

Ручные пневматические сверла применяют при наличии в забоях сжатого воздуха, а гидравлические сверла — на гидрошахтах, где в забоях основным видом энергии является вода под давлением.

Рис. 16. Ручное электросверло СЭР-19М:
а — общий вид; б — кинематическая схема



Пневматические сверла предназначены для бурения шпуров по углю и породам с $f < 4$.

Характеристика пневматических сверл приведена ниже.

Тип сверла	СР-3	СР-3М	СРП13-750
Номинальное давление сжатого воздуха, кПа	400—500	450	500
Частота вращения шпинделя, с ⁻¹	5,83	5,83	12,5
Масса, кг	13,5	15,5	14,5

Примечание. Для указанных сверл мощность двигателя 2,57 кВт.

Колонковые электросверла имеют принудительную подачу, массу до 130 кг и при работе в забое их устанавливают на специальных приспособлениях, колонках или манипуляторах. Кроме двигателя и редуктора вращения шпинделя колонковые электросверла имеют специальный механизм подачи бура на забой с усилием до 15 кН, что позволяет бурить шпуры в породах $f < 8$. Колонковое электросверло СЭК-1 (рис. 17,а) имеет винтовую подачу, а электросверло ЭБГП-1 (рис. 17,б) —

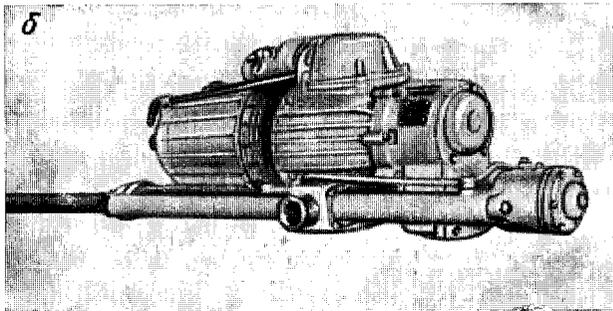
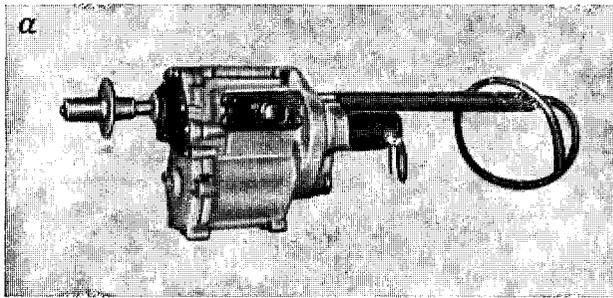


Рис. 17. Колонковые электросверла

гидравлическую. Основным отличием электробура ЭБГП-1 является наличие двух гидроцилиндров подачи и специальной конструкции шпинделя с траверсой, позволяющей осуществлять перехват буровой штанги, благодаря чему можно бурить шпурсы на полную длину одной штангой.

Характеристика колонковых электросверл приведена ниже.

Тип электросверла	СЭК-1	ЭБГП-1
Мощность электродвигателя, кВт	3,3	2,5
Частота вращения, с ⁻¹	5,1; 3,4	5,25; 3,2
Ход подачи, мм	850	900
Глубина бурения одной штангой, мм	850	3200
Масса, кг	115	130

Примечание. Для указанных электросверл усилие подачи 15 кН.

Колонковые электросверла при работе устанавливаются на простейших приспособлениях — распорных трубах, колонках и манипуляторах. Буровую колонку

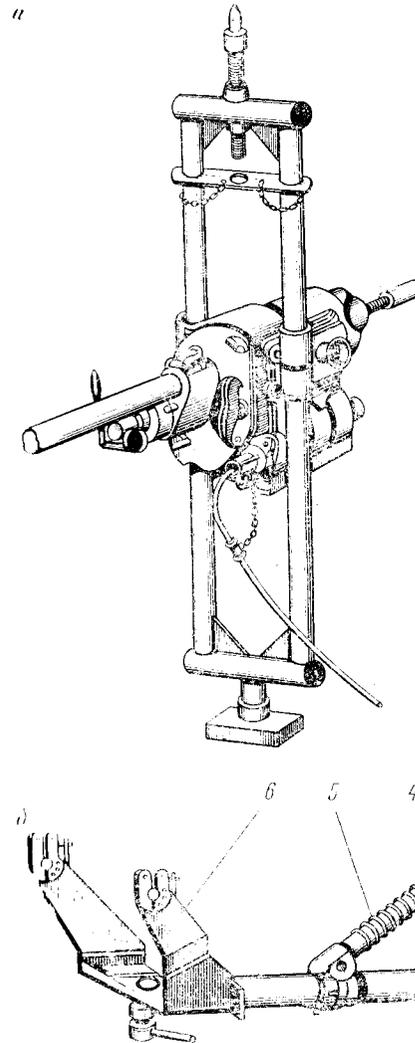


Рис. 18. Приспособления для установки колонковых электросверл

КЭБ-5 (рис. 18,а) располагают между кровлей и почвой выработки, а на ней устанавливают электросверло. Манипуляторы крепят на погрузочных машинах. Манипулятор МБИ-5у (рис. 18,б) состоит из несъемной колонки 1, кронштейнов 2 для крепления к погрузочной машине, стрелы 3, винтового подъемника 4 с винтом 5, вертлюга 6, на котором устанавливают электросверло. Перед бурением шпуров стрелу и подъемник крепят на

несъемной колонке, а после обуривания снимают и вместе с электросверлом укладывают вдоль стенки на поч-ву выработки. В настоящее время серийно выпускают несъемные манипуляторы НПМ1 и МН-2, имеющие жесткую фиксацию стрелы и бурильной машины и механизмирующие подъем и опускание стрелы. Производительность труда при применении несъемных манипуляторов на 20—25% выше, чем при съемных манипулято-рах. Для полной механизации бурения, зарядания шпу-ров и выбуривания угольного пласта при проведении горизонтальных выработок смешанным забоем все бо-лее широко применяют бурильные установки враща-тельного бурения БУЭ-1М и БУЭ-2.

Бурильная установка БУЭ-1М предназна-чена для бурения шпуров при проведении однопутных вы-работок площадью сечения 6—9 м² в свету по породам $f < 8$ и выбуривания пласта угля в выработках, где за-прещается производство взрывных работ по углю.

Установка БУЭ-1М включает бурильную машину, обеспечивающую без замены штанг бурение шпуров глубиной до 3 м, манипулятор, верхнюю и ходовую тележки. Манипулятор выполняет подъем, поворот и вра-щение стрелы, подъем и поворот бурильной машины. В комплект установки БУЭ-1М входит также перекатная платформа из двух скрепленных между собой балок. На платформу скатывают бурильную установку при разминовке. Удаление буровой мелочи из шпура про-изводят промывкой его водой.

Бурильная установка БУЭ-2 (рис. 19) пред-назначена для бурения шпуров при проведении гори-зонтальных выработок площадью поперечного сечения 9—25 м² в свету по породам с $f < 8$ и выбуривания пла-ста угля. В отличие от установки БУЭ-1М установка БУЭ-2 имеет две бурильные машины, два манипулято-ра, две верхние тележки (может бурить одновременно два шпура), самоходную ходовую тележку и станцию управления.

Кроме рассмотренных выше бурильных установок выпускают установки БУЭ-3 и БКГ-2 для бурения шпу-ров в выработках площадью поперечного сечения 9—25 м² в свету по породам с $f < 16$. Эти установки имеют по две бурильные машины, но в отличие от установки БУЭ-2 могут бурить шпуры вращательным и вра-щательно-ударным способами. Для бурения шпуров в за-бое и под анкерную крепь, а также выбуривания пластов

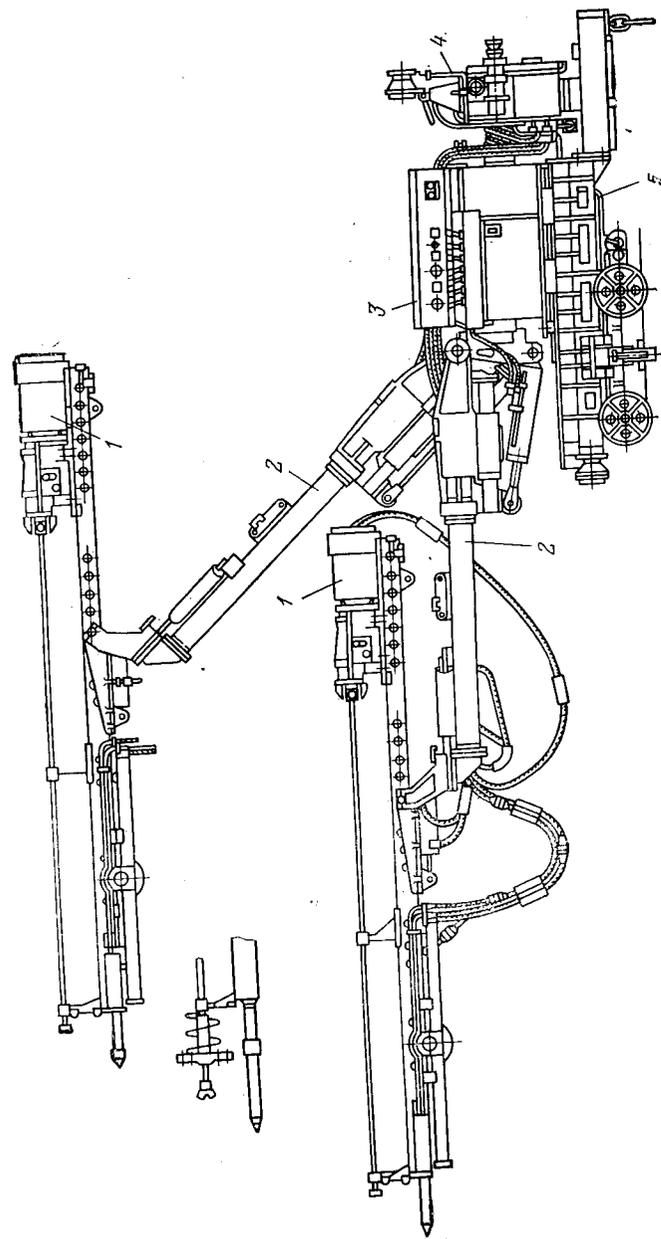


Рис. 19. Бурильная установка БУЭ-2:
1 — бурильная машина; 2 — манипулятор;
3 — верхняя тележка; 4 — пускатель; 5 — ходовая тележка

угля при проведении горизонтальных выработок площадью сечения 7—18 м² по породам любой крепости в шахтах, опасных по газу или пыли, создана новая гидравлическая бурильная установка УБГ-1Р («Робот-1»). Она снабжена одной мощной бурильной машиной и обеспечивает автоматическое обрушение забоя вращательным или вращательно-ударным способом.

Применение бурильных установок повышает производительность труда на бурении шпуров в 3—5 раз по сравнению с колонковыми электросверлами.

Характеристика бурильных установок приведена ниже.

Тип установки	БУЭ-1М	БУЭ-2	БУЭ-3	БКГ-2	УБГ-1Р («Робот-1»)
Диаметр скважины по углю, мм	300	300	300	—	300
Способ бурения	Вращательный		Вращательный и вращательно-ударный		
Число бурильных машин	1	2	2	2	1
Максимальное усилие подачи, кН	17	17	17	<17	—
Масса, т	5,2	9,8	9,8	5,5	7,5

Примечание. Для указанных бурильных установок диаметр шпура 42 мм, вид энергии электрический, ход подачи бурильной машины 3 м.

§ 12. Ударно-поворотный способ бурения шпуров

Сущность способа заключается в том, что по хвостовику бура 1 (рис. 20,а) наносится удар силой P , в результате чего коронка бура 2 внедряется в породу на глубину h . После каждого удара бур поворачивается на угол $10—15^\circ$ под действием силы Q , а затем наносится следующий удар и происходит внедрение коронки в породу в другом месте забоя шпура и т. д. При каждом ударе происходит скалывание породы по секторам 3 силой T и смятие под лезвием коронки силой N . Величина силы T зависит от угла заострения коронки α и с уменьшением его увеличивается. Но с уменьшением угла α снижается прочность коронки, поэтому в крепких породах этот угол принимается равным $100—120^\circ$, а в породах средней крепости — $90—100^\circ$.

Ударно-поворотное бурение шпуров целесообразно применять в крепких породах, в которых вращательное бурение малопродуктивно, т. е. в породах с $f > 5+6$.

Буровым инструментом при ударно-поворотном бурении являются буры, изготавливаемые из шестигранной

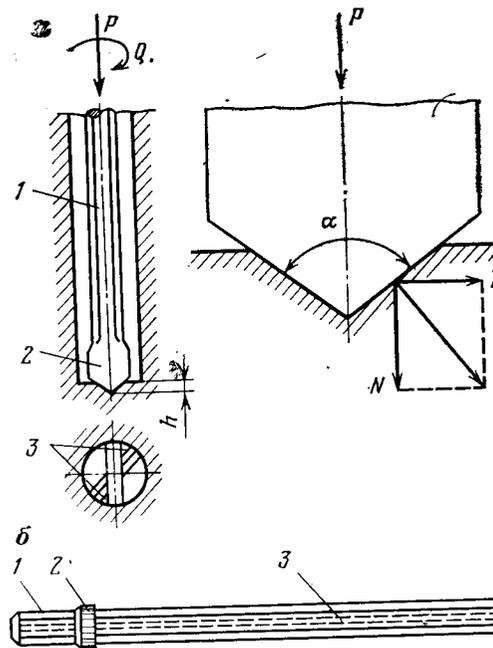


Рис. 20. Схема разрушения породы при ударно-поворотном бурении шпуров

или круглой полой буровой стали диаметром 22—32 мм. Бур состоит из хвостовика 1 (рис. 20,б), буртика 2, тела бура 3 и коронки 4. По оси бура проходит канал диаметром 6—9 мм для удаления буровой мелочи продувкой, промывкой шпура или пылеотсосом. Для изготовления буров применяют инструментальную сталь. Буры бывают цельными и со съёмными коронками. В настоящее время, как правило, применяют буры со съёмными коронками. В этом случае в забое необходимо иметь комплект буров, а для заточки вывозят из шахты только коронки, которые при их затуплении легко заменяют.

Соединяют коронку с буром конусным соединением, для чего в коронках делают конусное гнездо, а конец бура протачивают с углом конусности $3,5^\circ$. Соединение коронки с буром происходит за счет расклинивания конусного конца бура в гнезде коронки при ударе по хвостовику бура.

Коронки армируют пластинками твёрдого сплава: ВК-6В для пород с $f=6+10$, ВК-8В для пород с $f=10+15$ и ВК-15 для пород $f > 15$.

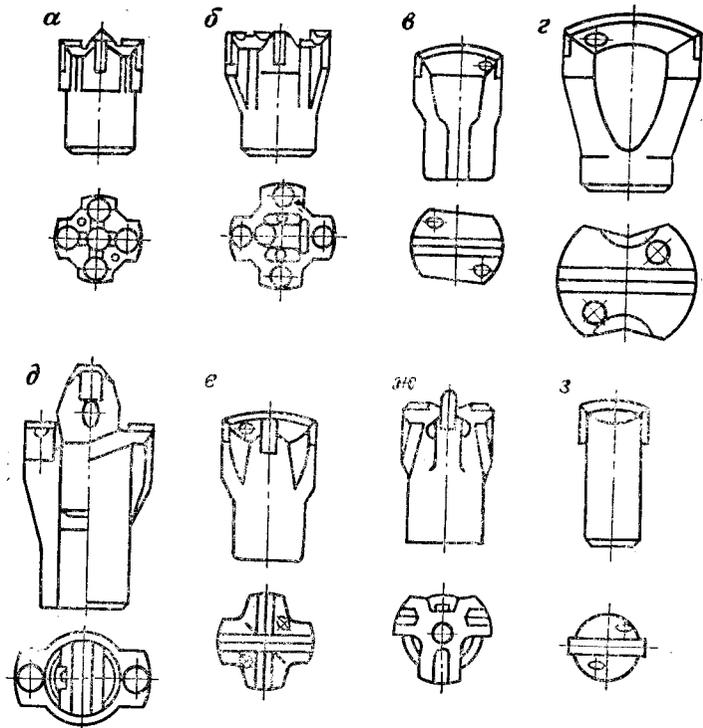


Рис. 21. Коронки для ударно-поворотного бурения шпуров

По форме коронки бывают крестовые (рис. 21, а, б, е), долотчатые (рис. 21, в, г, з), Т-образные (рис. 21, ж), ступенчатые (рис. 21, д) и др. Долотчатые коронки применяют в породах плотных, крепких и средней крепости, коронки более сложной формы — в крепких и трещиноватых породах. Лезвия коронок могут быть непрерывные (рис. 21, в, г, д, е, з) при армировании пластинками твердого сплава и прерывистые при армировании штыревыми твердосплавными вставками. Последние обеспечивают повышение скорости бурения, стойкости инструмента и уменьшение расхода твердого сплава.

При бурении, по мере увеличения глубины шпура, короткие буры заменяют более длинными. Набор из нескольких буров различной длины называют комплектом буров. В комплекте каждый последующий бур на 0,5—0,7 м длиннее предыдущего. Диаметр коронки самого длинного бура должен быть на 2—3 мм больше

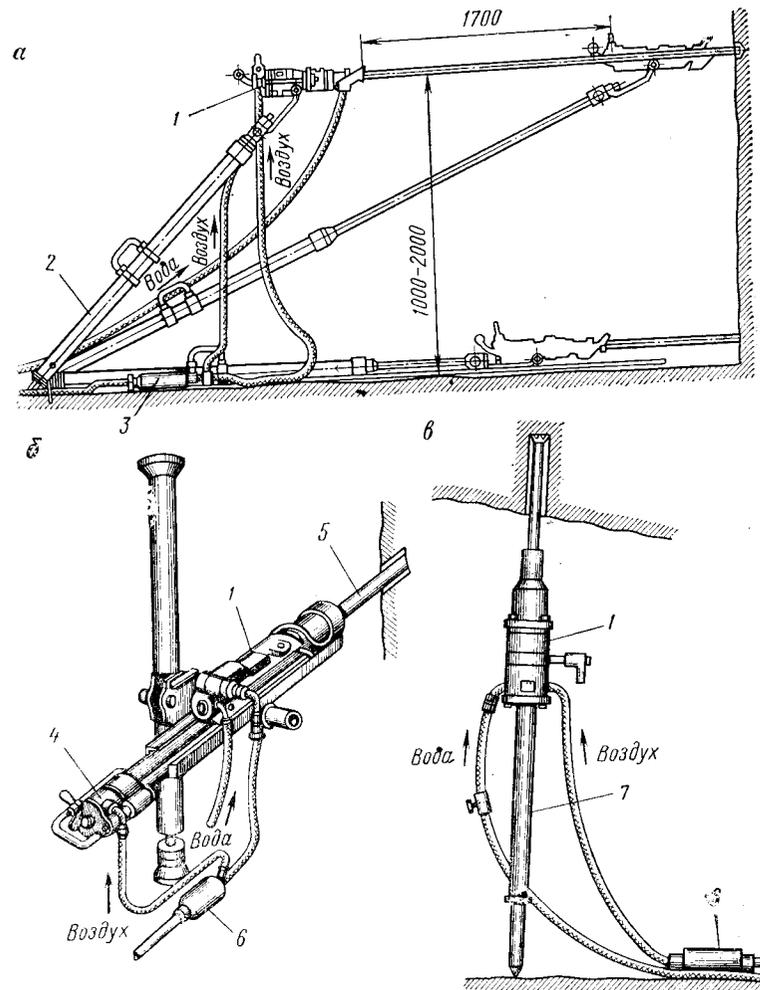


Рис. 22. Перфораторы и установка их при работе:
1 — перфоратор; 2, 3 — пневмоподдержка; 4 — автоподатчик; 5 — бур; 6 — масленка; 7 — пневмоподатчик

диаметра патрона ВВ. Бурильные машины для ударно-поворотного бурения называют перфораторами, которые работают на сжатом воздухе. Их делят на ручные, колонковые и телескопные.

Ручные перфораторы (рис. 22, а) массой 24—35 кг при работе удерживают в руках или на подержи-

вающе-подающих пневматических раздвижных колонках — пневмоподдержках.

Колонковые перфораторы (рис. 22,б) массой 50—75 кг при работе устанавливаются на специальных приспособлениях. Подача перфоратора на забой производится автоподатчиком. Колонковые перфораторы можно применять для бурения шпуров различной глубины в породах с $f > 7$.

Телескопные перфораторы (рис. 22,в) массой 40—60 кг применяют для бурения восстающих шпуров под углом 45° и более. Перфоратор соединен с раздвижным поршневым пневмодатчиком колонкой, с помощью которой и осуществляется подача перфоратора на забой.

Принципиальное устройство и сущность работы перфоратора состоят в следующем (рис. 23,а). При пуске сжатого воздуха в левую часть цилиндра 1 поршень-ударник 9, двигаясь слева направо (рабочий ход), наносит удар по хвостовику бура 3, коронка бура 2 внедряется в породу. Поршень, двигаясь, выталкивает воздух из правой части цилиндра через выхлопное отверстие 5. Когда поршень перекрывает выхлопное отверстие, воздух, оставшийся в правой части цилиндра, сжимается, давление его воздействует на воздухораспределительное устройство 7, которое перекрывает доступ воздуха в левую часть цилиндра и открывает доступ воздуха через канал 10 в правую часть цилиндра, благодаря чему поршень двига-

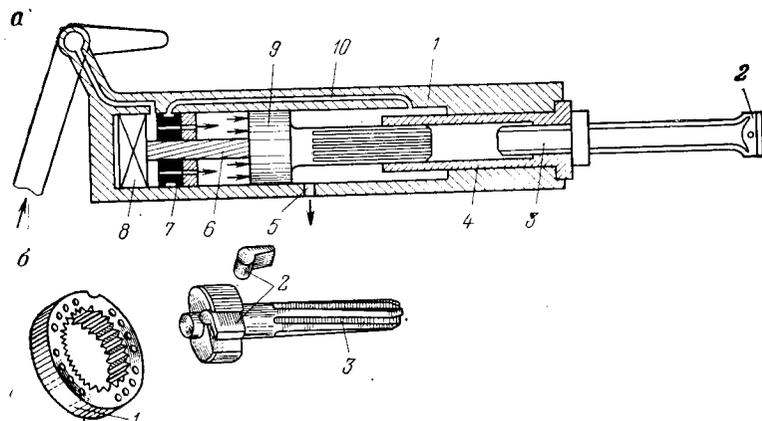


Рис. 23. Схема устройства и принцип действия перфораторов
48

ется справа налево (холостой ход). При этом поршень, двигаясь по канавкам стержня 6 поворотного устройства 8, поворачивается на некоторый угол. Поршень-ударник находится в зацеплении с выступами поворотной буксы 4, а последняя с шестигранным хвостовиком бура, поэтому при повороте поршня поворачивается и бур. При рабочем ходе система поршень — букса — бур не поворачивается, а поворачивается геликоидальный стержень в поворотном устройстве 8. Таких ударов и поворотов современные перфораторы производят до 2800 в минуту.

Поворотное устройство (рис. 23,б) состоит из храповой буксы 1, в выступы которой при холостом ходе поршня упираются собачки 2 геликоидального стержня 3. Поэтому стержень повернуться не может, а поворачивается поршень. При рабочем ходе поршня собачки не застопорены и стержень проворачивается, а поршень движется, не поворачиваясь.

По принципу действия все перфораторы подобны и отличаются друг от друга только размерами и конструкциями отдельных узлов.

По способу очистки шпуров от буровой мелочи различают перфораторы с продувкой шпура сжатым воздухом, промывкой шпура водой и отсосом пыли с помощью пылеулавливающих устройств. Для уменьшения вибрации ручные перфораторы снабжаются виброгасящими каретками.

Установочные приспособления. Для установки перфораторов в забое применяют различные поддерживающие приспособления. Для установки ручных перфораторов применяют пневмоподдержки I, II и III типоразмеров. Пневмоподдержку используют для подачи перфоратора на забой (создание осевого усилия).

Колонковые перфораторы устанавливают на винтовых распорных колонках и манипуляторах. Манипуляторы для перфораторов отличаются только конструкцией вертлюга, на котором крепится автоподатчик. Кроме того, колонковыми и телескопными перфораторами комплектуют буровые каретки СБКН-2П на пневмоколесном ходу, СБКН-2 на колесно-рельсовом ходу и др.

Буровая каретка состоит из ходовой тележки, на которой установлены манипуляторы с автоподатчиками и перфораторами, и пульта управления. В угольной промышленности буровые каретки широкого распространения не получили.

§ 13. Вращательно-ударный способ бурения шпуров

Сущность способа заключается в том, что разрушение породы происходит при одновременном и непрерывном воздействии крутящего момента, ударной нагрузки и значительного по величине постоянного осевого усилия. При таком сочетании воздействий основная часть энергии затрачивается на разрушение породы резанием, а ударная нагрузка увеличивает глубину внедрения коронки.

Вращательно-ударное бурение шпуров применяют при проведении горизонтальных выработок по породам $f=2-16$. Для вращательно-ударного бурения шпуров в горизонтальных выработках применяют бурильные установки БУ-1М, БУР-2, СБУ-2М, а для бурения шпуров при проходке стволов — БУКС-1М, БУКС-2М и др.

Бурильная установка БУ-1М предназначена для бурения шпуров в горизонтальных выработках площадью сечения 6—20 м² в породах с $f < 16$. При высоте выработки не менее 4,2 м установкой можно бурить шпур в кровлю под анкерную крепь.

Для бурения шпуров в породах с $f > 12$ применяют установку, имеющую индекс БУ-1Б (по заказам), с бурильной головкой БГА-1М. Установка БУ-1М имеет бурильную машину, манипулятор, верхнюю и нижнюю ходовые рельсовые тележки. Ее комплектуют складными балками — рельсами для перекатывания на соседний путь. На верхней тележке расположен пульт управления и насосный узел гидросистемы. Нижняя тележка снабжена рельсовыми захватами и боковыми опорами для устойчивости при бурении.

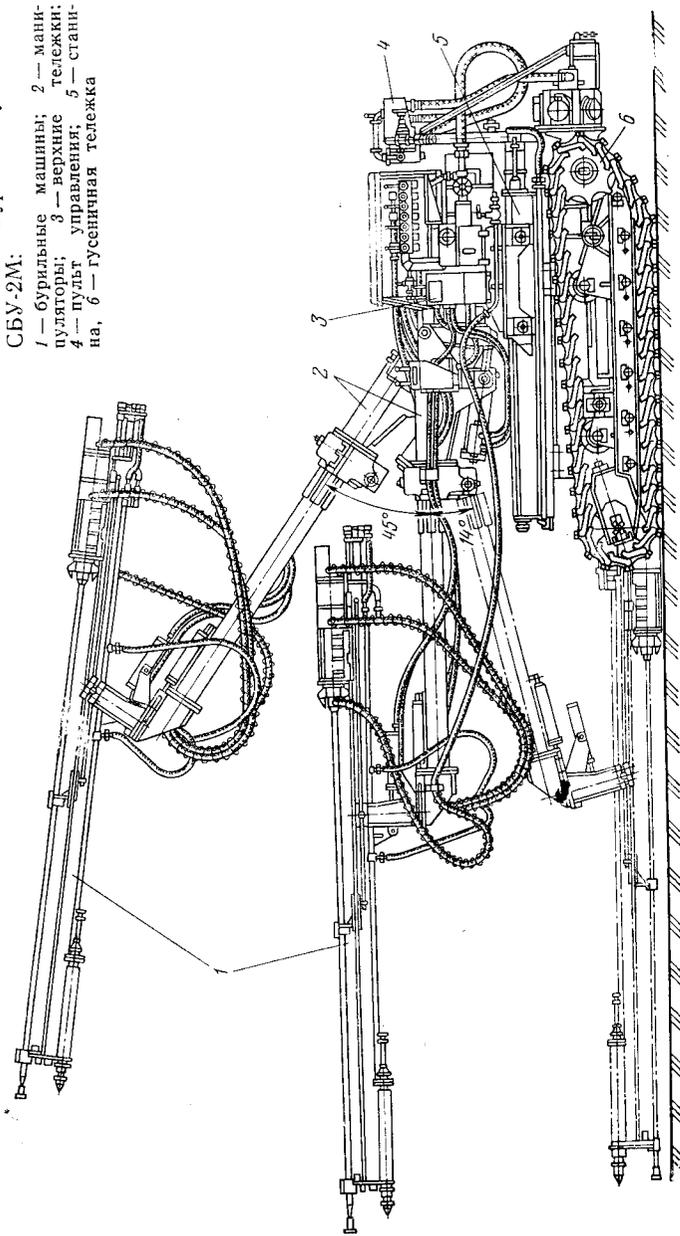
Бурильная установка БУР-2 предназначена для бурения шпуров в горизонтальных выработках площадью сечения до 25 м² в породах с $f < 16$. С помощью съемных люлек и захвата, имеющих на установке, механизмируют работы по заряданию шпуров, оборке кровли и установке крепи.

Бурильная установка БУР-2 (БУР-2Б) имеет две бурильные машины, два манипулятора, две верхние тележки, ходовую рельсовую тележку с механизмом передвижения и навесное оборудование. Ходовая тележка снабжена рельсовыми захватами и боковыми опорами.

Самоходная бурильная установка СБУ-2М (рис. 24) предназначена для бурения шпуров

Рис. 24. Бурильная установка СБУ-2М:

1 — бурильные машины; 2 — манипуляторы; 3 — верхние тележки; 4 — пульт управления; 5 — станция; 6 — гусеничная тележка



в забоях выработок высотой 2—5,5 м по породам с $f < 16$. При высоте выработки не менее 4,2 м можно бурить шпур в кровлю или почву. Установка СБУ-2М — на гусеничном ходу, поэтому наиболее рационально применять ее в выработках с безрельсовым погрузочным и транспортным оборудованием.

Характеристика бурильных установок приведена ниже.

Тип установки	БУ-1М	БУР-2	СБУ-2М
Число бурильных машин	1	2	2
Механизм передвижения	Колесно-рельсовый несамоходный	Колесно-рельсовый самоходный	Гусеничный самоходный
Масса, т	1,3	5,7	6,7

Примечание. Для указанных установок диаметр шпура 42 мм, вид энергии — пневматический, способ бурения — вращательно-ударный, ход подачи 2,75 м.

Бурильные установки значительно сокращают время обуривания забоя, повышают производительность труда проходчика, но при переходе от погрузки породы к бурению шпуров и наоборот необходимо маневрирование, что приводит к непроизводительным затратам времени, а в узких выработках оно очень затруднительно или вообще не возможно. Для устранения этих недостатков разработаны и применяются буро-погрузочные машины 1ПНБ-2Б и 2ПНБ-2Б, состоящие из двух частей: погрузочной и бурильной.

§ 14. Правила безопасности и борьба с пылью при бурении шпуров

К началу бурения проходчик обязан иметь полный комплект буровых штанг, резцов (коронки) и буродержателей. Перед бурением он обязан осмотреть забой и крепь выработки, кровлю, стенки выработки и привести их в безопасное состояние; проверить (осмотром) исправность пусковой аппаратуры, силовой сети, защитного заземления, манипуляторов и других приспособлений, необходимых для бурения, а также буровых штанг, резцов (коронки), бурильной машины; опробовать в работе бурильную машину сначала вхолостую, а затем под нагрузкой.

Бурение следует начинать забурником. При забуривании и во время бурения необходимо следить за тем, чтобы оси бурильной машины и бура совпадали с осью шпура. Не допускается отклонение оси бурильной машины от оси шпура и трение штанги о стенки его. Необ-

ходимо следить за надежным креплением установочных приспособлений (колонок, манипуляторов и др.) и бурильных машин на них. Во время бурения проходчик должен следить за тем, чтобы кабель, шланг или одежда не попали на вращающуюся буровую штангу. Запрещается направлять при забуривании штангу руками. Для удержания штанги необходимо пользоваться буродержателями. Запрещается бурение перфораторами, колонковыми электросверлами без промывки шпуров водой. После окончания бурения проходчик должен отключить бурильную машину, сложить шланг, а кабель вместе с бурильной машиной, очищенной от грязи и пыли, положить в безопасное сухое место. Все пробуренные шпуров необходимо тщательно очистить от буровой мелочи и закрыть деревянными пробками. Бурение шпуров для ликвидации отказавших зарядов допускается только по указанию и в присутствии мастера-взрывника или лица надзора.

Перед включением электросверла необходимо включить аппарат, подающий напряжение на электросверло. Соединительная муфта, если она имеется на кабеле, должна быть соединена с ним в первую очередь. Отключение электросверла производят в обратном порядке. Запрещается включать напряжение, если кабель или его часть сложена «восьмерками» или в бухту. Если при включении электросверла шпиндель не вращается, а двигатель гудит, то необходимо отключить его и вызвать электрослесаря. Если обнаружено, что корпус электросверла находится под напряжением, видны искры и чувствуется запах горелой изоляции, то необходимо немедленно отключить электросверло и кабель, сообщив об этом электрослесарю и лицу сменного надзора. Колонковое сверло перед началом работы необходимо прочно укрепить. Запрещается при бурении: использовать тупые резцы; работать в незастегнутой, растрепанной одежде или с не подобранными под головной убор волосами; направлять бур руками, нажимать на ручное электросверло обаялом, стойкой или другими предметами; проворачивать застрявший бур руками или при помощи электродвигателя, для этого необходимо пользоваться специальным ключом. Запрещается переносить электросверло и аппаратуру, находящиеся под напряжением, а также переносить их, удерживая за кабель.

Перед подсоединением к перфоратору или другой пневматической машине гибкого шланга необходимо

продукт его сжатым воздухом. Присоединять шланг к бурильной машине следует только при закрытом венти-
ле. При продувке шланга запрещается направлять струю
воздуха в лицо себе или в сторону людей. При забури-
вании пусковой кран перфоратора необходимо откры-
вать частично, а после забуривания — полностью.

При смене бура в пневматической бурильной маши-
не необходимо принять меры предосторожности против
случайного пуска машины. Запрещается работать пнев-
матическими бурильными машинами без фильтра, без
забурника, вхолостую и с перегибами шлангов.

В процессе бурения шпуров, особенно ударно-пово-
ротным способом, образуется много пыли, которая, нахо-
дясь во взвешенном состоянии, может попадать в легкие
и вызывать тяжелые заболевания. Особенно вредна
пыль, содержащая свободную окись кремния SiO_2 . При
бурении шпуров с продувкой количество взвешенной в
 1 м^3 воздуха пыли может достигать до 250 мг и более,
а при вращательном бурении — 100—200 мг. По сани-
тарным нормам запыленность воздуха (мг/м^3) не долж-
на превышать:

для пыли, содержащей 70% SiO_2 ,	1;
то же, 10—70% SiO_2 ,	2;
для углеродной и угольной пыли, содержащей 5—10% SiO_2 ,	4;
для антрацитовой пыли с содержанием до 5% SiO_2 ,	6;
для угольной пыли, содержащей SiO_2 до 5%,	10.

Борьбу с пылью при бурении шпуров осуществляют
с помощью промывки шпуров водой или водовоздушной
смесью и с помощью пылеулавливания. Более эффек-
тивной является промывка шпуров. Промывка бывает
осевая и боковая. При осевой промывке вода по шлан-
гу 1 (рис. 25,а) поступает к задней крышке перфоратора
2, затем по осевой трубке 3 в канал бура 4 и через от-
верстие в коронке входит в шпур, удаляя буровую пыль
в виде шлама. Давление воды при этом должно быть на
50 кПа меньше давления сжатого воздуха.

При боковой промывке воду подводят к промывочной
муфте 1 (рис. 25,б) через отверстие 2, в канал бура 3
и далее в шпур.

Осевую промывку применяют при бурении некоторы-
ми перфораторами и колонковыми сверлами СЭК-1, бо-
ковую промывку — при бурении ручными и колонковы-
ми электросверлами ЭБПП-1, а также некоторыми пер-
фораторами. Все бурильные установки работают с про-
мывкой шпуров водой. При бурении сверлами применяют

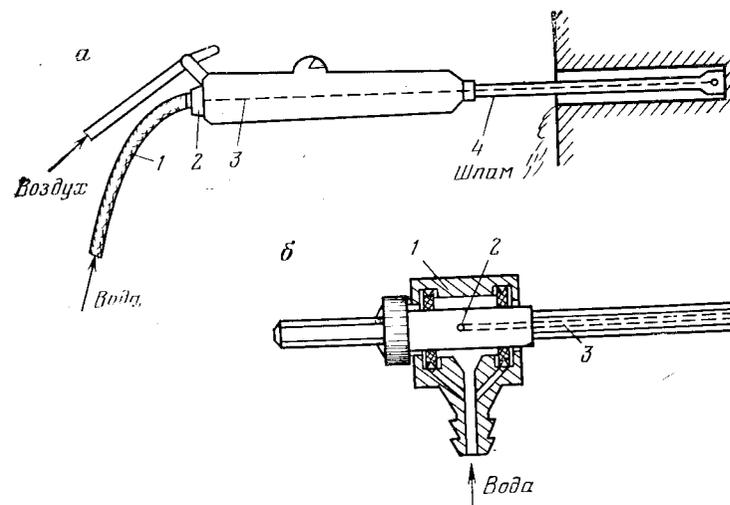


Рис. 25. Схемы бурения с промывкой

полые штанги из витой, круглой или шестигранной бу-
ровой стали.

Сухое пылеулавливание осуществляют по нескольким
схемам: свободное выпадение пыли в пылеприемник, за-
крепленный у устья шпура (скважин) при влажности
породы более 5%; отсасывание пыли от устья шпура
(скважины) при влажности породы более 5%; отсасы-
вание пыли от забоя шпура при влажности породы ме-
нее 5%. В основном применяют последнюю схему с осе-
вым пылеотсосом для бурильных машин специальных
конструкций и с боковым — для любых типов буриль-
ных машин. Для отсоса пыли из шпуров и скважин при-
меняют воздушные эжекторы, специальные вентиляторы
и вакуумные насосы.

Улавливание пыли осуществляют переносными и по-
лустационарными пылеулавливающими установками,
эффективность которых составляет 90—92%.

При бурении перфораторами рекомендуется приме-
нять переносной пылеулавливатель ПО-4М с фильтрами
из синтетических тканей, обслуживающих два перфора-
тора при расходе сжатого воздуха 0,6—1,2 $\text{м}^3/\text{мин}$, мас-
са его 54 кг.

Если несмотря на применение комплекса мероприя-
тий по борьбе с пылью в воздухе все же остается неко-
торое ее количество, то необходимо применять средства

индивидуальной защиты органов дыхания рабочих. В угольной промышленности получили распространение противопыльные респираторы Ф62Ш, «Астра-2», У-2к, «Лепесток» и ПРШ-741(742). Респираторы Ф62Ш рекомендуются для защиты от пыли при концентрации ее в воздухе 100—150 мг/м³, респираторы «Астра-2» — при большой концентрации пыли и разнохарактерных работах, респираторы У-2к — при запыленности воздуха не более 25 мг/м³, респираторы «Лепесток» — для защиты от высокодисперсной пыли в условиях высокой запыленности и влажности, респираторы ПРШ-741(742) — при концентрации пыли 300—1000 мг/м³.

ГЛАВА V

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СРЕДСТВА ВЗРЫВАНИЯ

§ 15. Понятие о взрыве и взрывчатом веществе

Взрывом называют процесс высвобождения большого количества энергии в ограниченном объеме за весьма короткий промежуток времени. Различают физический, химический и ядерный взрывы. При физическом взрыве изменяется только физическое состояние вещества, химический же состав его остается неизменным (взрыв парового котла, баллона сжатого или жидкого газа, метеорита при ударе о землю). Химический взрыв — это быстрое химическое превращение вещества, при этом энергия межмолекулярных связей выделяется в виде теплоты и образуются газообразные продукты, которые расширяясь производят механическую работу. Ядерный взрыв — это превращение атомных ядер исходного вещества в ядра других элементов, сопровождающееся высвобождением энергии связей элементарных частиц. В промышленности в основном применяют химические взрывы. Ядерные взрывы имеют ограниченное применение.

Химическое превращение вещества при взрыве называют взрывчатым превращением, а скорость, с которой происходит это превращение, скоростью взрывчатого превращения или скоростью взрыва. Химический взрыв основан на окислении кислородом горючих элементов (углерода, водорода и др.).

По своей сути это быстрое горение вещества. По скорости взрывчатого превращения взрывы делят на детонацию, взрывное горение и выгорание (дефлаграция).

Детонация — это взрыв с постоянной и максимальной для данного вещества и в данных условиях сверхзвуковой скоростью. Детонация характеризуется прохождением по заряду детонационной волны (волны сжатия).

Взрывное горение — это взрыв, протекающий со скоростью несколько сотен метров в секунду (взрыв дымного пороха, возбужденный искрой или пламенем).

Выгорание — это переход детонации в горение со скоростью несколько десятков метров в секунду. Выгорание — явление нежелательное, так как в шахтах, опасных по газу или пыли, оно может привести к взрыву метана или угольной пыли.

Взрывчатые вещества (ВВ) — это химические системы, способные взрываться под влиянием внешнего импульса (нагрева, удара, взрыва другого ВВ), т.е. переходить с высокой скоростью в другие системы или вещества с выделением большого количества тепла и газов. Так как химический взрыв основан на окислении горючих элементов, то в состав ВВ обязательно входит кислород и горючие элементы, а в продуктах взрыва содержатся углекислый газ, пары воды и другие газы.

Мощность ВВ зависит от состава и его кислородного баланса, количества газов, образовавшихся при взрыве, количества выделяющегося тепла, температуры и скорости взрыва. Кислородный баланс ВВ — это избыточное, достаточное или недостаточное количество кислорода в веществе по сравнению с количеством его, необходимым для полного окисления углерода, водорода и других элементов, способных окисляться при взрыве.

Различают положительный, нулевой и отрицательный кислородные балансы. При положительном кислородном балансе в ВВ содержится больше кислорода, чем нужно для полного окисления горючих элементов. Оставшийся кислород, например, в аммиачной селитре ($0,5 O_2$) окисляет при взрыве свободный азот N_2 , образуя ядовитые окислы азота. При отрицательном кислородном балансе не все горючие элементы окисляются полностью из-за недостатка кислорода и в продуктах взрыва появляется ядовитая окись углерода CO и не окислившийся углерод. Наиболее эффективными являются ВВ с нулевым или небольшим положительным кис-

лородным балансом, так как при взрыве сгорают все горючие элементы и выделяется максимальное количество энергии. Добавляя к ВВ с положительным кислородным балансом горючие вещества (древесную муку, соляное масло, алюминий и др.), а к ВВ с отрицательным кислородным балансом вещества, имеющие избыток кислорода (аммиачную селитру), получают ВВ с большей работоспособностью и малым содержанием ядовитых газов в продуктах взрыва. Чем больше при взрыве образуется газообразных продуктов и чем больше теплота, выше температура и скорость взрыва, тем ВВ будут более мощными.

На скорость взрыва оказывает влияние диаметр заряда и плотность ВВ. ВВ изготовляют с оптимальной плотностью, при которой обеспечивается максимальная устойчивая скорость взрыва. При увеличении плотности ВВ скорость взрыва уменьшается. Этим и объясняется появление неполных взрывов и выгорание зарядов в шпурах. Для оценки ВВ опытным путем определяют работоспособность, бризантность, чувствительность его и другие показатели.

Работоспособность ВВ — способность его производить механическую работу. Определяют работоспособность в свинцовой бомбе (рис. 26,а). Для этого в осевой канал диаметром 25 мм, длиной 125 мм помещают заряд испытуемого ВВ массой 10 г с детонатором и взрывают. После взрыва измеряют объем образовавшейся полости, заливая в нее воду из мерного сосуда. Работоспособность ВВ P (см³) определяют как разность объемов полости после взрыва V и объема канала до

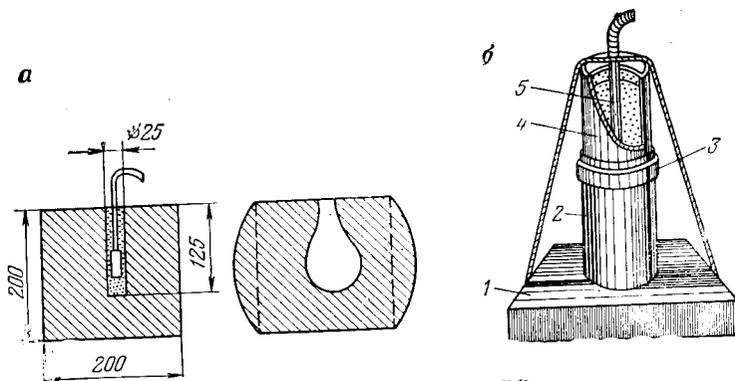


Рис. 26. Приборы для определения качества ВВ

взрыва (61,5 см³), за вычетом работоспособности детонатора (30 см³), т. е.

$$P = V - 61,5 - 30.$$

Работоспособность промышленных ВВ составляет 130—500 см³. Относительная работоспособность может определяться баллистическим маятником.

Бризантность ВВ — способность его производить при взрыве измельчение, пробивание или дробление среды, соприкасающейся с зарядом. При определении бризантности свинцовый цилиндр (рис. 26,б) диаметром 40 мм и высотой 60 мм устанавливают на стальную плиту 1 толщиной 20 мм, кладут стальной диск 3 высотой 10 мм и диаметром 41 мм, а сверху помещают патроник испытуемого ВВ 4 массой 50 г с детонатором 5. После взрыва цилиндр дает усадку. Разность высот цилиндра до и после взрыва характеризует относительную бризантность ВВ. Для ВВ пониженной чувствительности, не детонирующих в открытом заряде диаметром 40 мм, заряд помещают в стальной цилиндр высотой 70 мм и толщиной стенок 3,5 мм. Промышленные ВВ имеют бризантность 4—30 мм.

Чувствительность ВВ к удару определяет степень опасности обращения с ним. При определении чувствительности к удару на специальных копрах навеску ВВ (заряд) массой 0,05 г помещают в специальный прибор между двумя стальными пластинами и на него сбрасывают груз массой 10 кг. Мерой чувствительности является наибольшая высота, падая с которой, груз не вызывает взрыва навески ВВ.

§ 16. Классификация ВВ

По условиям применения в угольной промышленности ВВ делят на шесть классов: I и II классы — не предохранительные, III—IV классы — предохранительные, V класс — повышенной предохранительности, VI класс — высокопредохранительные.

Патроны ВВ, а также ящики, мешки и пакеты с ВВ должны иметь отличительные знаки в виде цвета оболочек (патроны ВВ) или диагональных полос: у ВВ, допущенных к применению только на открытых работах (I класс), — белый цвет; у ВВ, допущенных к применению на открытых работах и в шахтах, не опасных

по газу или пыли (II класс), — красный цвет, у ВВ, допущенных для взрывания в чистопородных забоях, опасных по метану (III класс), — синий цвет, а у ВВ, допущенных к применению в шахтах, опасных по газу или пыли, для взрывания по углю и породе (IV—VI классы) — желтый цвет. По характеру действия на окружающую среду ВВ делят на бризантные (дробящие) и фугасные (метательные). Бризантные ВВ имеют большую скорость взрыва, разрушают породу на мелкие куски. Фугасные ВВ разрушают породу на большие куски и далеко разбрасывают. В угольных шахтах применяют в основном высокобризантные ВВ.

По составу ВВ делят на индивидуальные и смешевые. Индивидуальные ВВ состоят из одного вещества и являются химическими соединениями. К ним относят нитроэфиры (нитроглицерин, нитроглицоль, тэн) и нитросоединения (тол, тетрил, гексоген, динитронафталин и др.). Смешевые ВВ представляют собой механические смеси. В зависимости от преобладающего в их составе вещества подразделяют на нитроглицериновые, аммиачно-селитренные, хлоратные, перхлоратные и оксидквиты. В промышленности применяют первые две группы.

§ 17. Характеристика основных групп промышленных ВВ

Нитросоединения получают путем нитрации продуктов переработки каменноугольной смолы. Все они не гигроскопичны, водоустойчивы, имеют высокие оптимальную плотность, работоспособность и бризантность. Из нитросоединений наиболее широко используют тол (тротил) как самостоятельное ВВ или в составе других ВВ. Тетрил и гексоген применяют для снаряжения капсюлей-детонаторов и электродетонаторов. Гексоген также входит в состав некоторых аммиачно-селитренных ВВ.

Нитроглицериновые ВВ изготавливают на базе нитроэфиров — нитроглицерина или смеси его с нитроглицолем. Нитроглицерин — это прозрачная маслянистая жидкость, ядовитая (вызывает головную боль). Он очень чувствителен к внешнему импульсу, поэтому опасен в обращении. Замерзает при температуре +13,2 °С и становится еще более опасным. Нитроглицерин получают путем нитрации глицерина. Нитроглицоль получают путем нитрации гликоля. По своим свойствам нитрогли-

коль мало отличается от нитроглицерина, но замерзает при температуре —22 °С. Нитроэфиры очень мощные ВВ, но из-за опасности в обращении их как самостоятельные ВВ не применяют, а используют в качестве добавки в некоторые ВВ: детонит, победит, угленит. Детонит — это смесь водоустойчивой аммиачной селитры с тротилом, нитроэфирами и алюминием. Победит — это смесь водоустойчивой аммиачной селитры, тротила, нитроэфиров, древесной муки и пламегасителя. Угленит — это порошкообразная смесь ионообменных солей (натриевой селитры и хлористого аммония) с жидкими нитроэфирами или смесь водоустойчивой аммиачной селитры и пламегасителя с нитроэфирами. Нитроэфиры добавляют для повышения чувствительности ВВ к детонатору.

Аммиачно-селитренные ВВ изготавливают на основе аммиачной селитры, которая является довольно мощным, малочувствительным и дешевым веществом с положительным кислородным балансом. Однако аммиачной селитре присущи два крупных недостатка — гигроскопичность и слеживаемость. Для уменьшения гигроскопичности и слеживаемости селитру гранулируют и добавляют вещества, снижающие ее гигроскопичность.

Аммиачно-селитренные ВВ разделяются на аммониты, аммоналы, акватолы, граммоналы, гранулиты, граммониты, динафталиты, игданиты, ифзаниты, карбатолы. Наиболее распространены аммониты, представляющие собой смеси аммиачной селитры с нитросоединениями и горючими добавками. В некоторые аммониты входит алюминий (порошок) и нитроэфиры.

Аммонит — это порошкообразное или спрессованное ВВ с большой бризантностью и работоспособностью, меньшей по сравнению с нитроглицериновыми ВВ чувствительностью к удару и трению. Аммонитам присущи недостатки аммиачной селитры — гигроскопичность и слеживаемость, хотя они меньше выражены. При влажности аммонитов более 0,5% их запрещается применять на подземных работах, а при влажности более 1,5% — и на открытых работах.

Аммонал — отличается от аммонитов обязательной добавкой алюминия, повышающего теплоту и мощность взрыва.

Акватол — это растворонаполненная смесь гранулированной селитры с чешуирующим тротилом. В некоторые из акватолов вводят алюминий.

Граммонал — это гранулированный сплав селитры, тротила и алюминия.

Гранулит — это смесь гранулированной аммиачной селитры с алюминием и нефтепродуктами.

Граммонит — это гранулированная аммиачная селитра, покрытая тротилом, а также в смеси с гранулированным или чешуируванным тротилом.

Игданит — это смесь гранулированной аммиачной селитры с дизельным топливом (изготавливают на месте применения).

Ифзанит — это водонаполненная смесь гранулированной аммиачной селитры с гранулотолом (изготавливают на месте применения).

Карбатол — это желатинированный сплав аммиачной селитры, карбамида и гранулотола (изготавливают на месте применения).

Динафталит — смесь аммиачной селитры с ди-натронафталином.

Кроме того, для применения на открытых работах изготавливают **алюмотол** — гранулированный сплав тротила с алюминием и **гранулотол** — гранулированный тротил. Для безотказной детонации гранулированных и водонаполненных ВВ применяют промежуточные детонаторы из тротила, тетрила или гексогена массой 150—500 г.

§ 18. Предохранительные ВВ

В большинстве угольных шахт выделяется метан, который с воздухом образует взрывчатую смесь при содержании метана 5—16%. Метан взрывается при температуре 650 °С и выше. Кроме того, в угольных шахтах образуется угольная пыль, которая также может взрываться, если в 1 м³ воздуха ее будет 16—3000 г. Угольная пыль взрывается при температуре 750 °С и выше.

Метан воспламеняется не сразу при появлении источника высокой температуры, а с некоторым запаздыванием (период индукции). Например, при температуре 650 °С метан взрывается через 10 с, а при 1000 °С — через 1 с. При увеличении температуры период индукции уменьшается. Если время воздействия высокой температуры будет меньше периода индукции, то метан не взорвется. Для соблюдения этого условия при взрывных работах в шахтах, опасных по газу и угольной пыли, созданы предохранительные ВВ с температурой взрыва

1200—2800 °С и высокой скоростью взрыва. Продолжительность взрыва шпуровых зарядов предохранительных ВВ значительно меньше периода индукции.

Для снижения температуры взрыва в состав предохранительных ВВ вводят пламегасители — хлористые соли натрия и калия. Пламегасители, поглощая часть теплоты взрыва, снижают температуру и, действуя как отрицательные катализаторы, обрывают реакцию взаимодействия метана с кислородом. С повышением содержания пламегасителя уменьшается вероятность взрыва взрывчатых смесей, но вместе с тем снижается работоспособность ВВ и восприимчивость к детонации, что может привести к неполным взрывам и выгоранию зарядов.

Для повышения предохранительных свойств ВВ их помещают в предохранительные оболочки, представляющие собой двойные пластиковые ампулы с раствором аммиачной селитры между ампулами. В настоящее время изготавливают специальные патроны ПВП-1—У и ПВП-1—А с зарядом аммонита ПЖВ-20 массой соответственно 120 и 180 г, а также патроны СП-1 с зарядом угленита Э-6 массой 185 г.

Характеристика промышленных взрывчатых веществ, допущенных к применению на подземных работах, приведена в табл. 2.

Условия применения предохранительных ВВ для угольных шахт приведены в табл. 3.

Кроме перечисленных в табл. 3 предохранительных ВВ в шахтах, опасных по газу всех категорий или опасных по пыли, помимо сотрясательного взрывания на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, допускают к применению так называемые средства бесплатного взрывания типа гидрокс и аэродокс.

Патрон гидрокс состоит из стального патрона диаметром 48 (53) мм и длиной 1210 (1320) мм с зарядной и разрядной головками. В разрядной головке установлена металлическая диафрагма. Зарядом гидрокса являются обменные соли. При включении тока происходит химическая реакция с образованием водяного пара, углекислого газа и азота, давление которых может достигать 200 МПа. Под действием давления диафрагма разрушается, газы выходят в шпур и отбивают уголь или породу.

Патрон аэродокс своего заряда не имеет, к нему по специальным трубкам от компрессора высокого давления подводят сжатый воздух. При достижении давле-

Таблица 2

Класс ВВ	Наименование ВВ	Плотность, г/см ³	Работоспособность, см ³	Бризантность, мм	Расстояние передачи и детонации между патронами, см	
					сухими	после выдержки в воде
Для шахт, не опасных по газу или пыли						
II	Водоустойчивый аммонал	0,95—1,1	400—430	16—19	4—12	3—8
II	Скальный аммонал № 3	1—1,1	450—470	18—20	7—14	5—12
II	Скальный аммонит № 1	1,4—1,58	450—480	22—28	5—10	4—7
II	Аммонит № 6ЖВ	1—1,2	360—380	14—16	5—12	3—10
II	Граммонал А-8	0,85—0,9	420—440	26—30	Выпускают россыпью	
II	Детонит М	1—1,3	450—500	17—22	8—22	6—15
II	Динафталит	1—1,15	320—350	15—16	3—9	2—6
Для шахт, опасных по газу или пыли						
III	Аммонит АП-5ЖВ	1—1,15	320—330	14—17	5—10	2—7
III	Победит ВП-4	1,1—1,3	320—340	14—18	5—25	5—20
IV	Аммонит ПЖВ-20	1,05—1,2	265—280	13—16	5—10	2—7
IV	Аммонит Т-19	1,05—1,2	270—280	15—17	5—10	2—7
V	Угленит Э-6	1,1—1,25	130—170	7—11	5—12	3—10
V	Патроны ПВП-I-У	—	Эквивалентны 200—250 г угленита Э-6	—	—	—
V	Патроны ПВП-I-A	—	Эквивалентны 250—300 г угленита Э-6	—	5—7	—
V	Угленит № 5	1,1—1,35	50—90	4—8	3—10	2
VI	Патроны СП-I	—	Эквивалентны 200—250 г угленита Э-6	—	5—6	—

ния воздуха в патроне 30—70 МПа открываются выпускные отверстия, сжатый воздух выходит в шпур и разрушает уголь.

§ 19. Способы и средства инициирования зарядов

Для возбуждения взрыва заряда необходимо создать начальный импульс, затратив определенное количество

Таблица 3

Наименование ВВ	Класс ВВ	Условия применения
Победит ВП-4 Аммонит АП-5ЖВ Аммонит Т-19 Аммонит ПЖВ-20 ¹	III III IV IV	Чистопородные забои, опасные по метану Угольные и смешанные забои, опасные по газу или пыли, кроме забоев, отнесенных к особо опасным. Сотрясательное взрывание по углю при вскрытии угольных пластов
Угленит Э-6 Патроны ПВП-I-У и ПВП-I-A	V V	Угольные и смешанные забои, отнесенные к особо опасным, кроме условий, в которых рекомендуется применять ВВ IV класса. Воло-распыление
Угленит № 5	V	Принудительная посадка кровли, разбучивание дучек, углеспусков и печей
Патроны СП-I	VI	Угольные и смешанные забои восстающих выработок, ниши лав, отнесенные к особо опасным, забои, проводимые по завалу и трещиноватому массиву

энергии извне. В зависимости от способа создания начального импульса различают огневой, электрический, электроогневой способы инициирования и инициирование с помощью детонирующего шнура. Огневое и электроогневое инициирование допускают на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу или пыли, причем огневое инициирование на подземных работах запрещено в выработках с углами наклона свыше 30°, а также в тех случаях, когда своевременный отход взрывника в укрытие невозможен или затруднен.

В качестве начального импульса используют взрыв небольшого заряда ВВ, размещенного при огневом и электроогневом инициировании в капсуле-детонаторе, при электрическом — в электродетонаторе, а при инициировании детонирующим шнуром в самом детонирующем шнуре. ВВ, применяемые в качестве начального импульса, называют иницирующими. По чувствительности их делят на первичные и вторичные. Первичные инициирующие ВВ обладают высокой чувствительностью и детонируют при нагреве их до определенной температуры (гремучая ртуть, азид свинца, телурес). Вторичные инициирующие ВВ имеют большую мощность и бризантность, но они менее чувствительны и предназначены для передачи детонации основному заряду ВВ (тетрил, трн, гексоген).

Гремучая ртуть — белый кристаллический порошок. Гремучая ртуть очень опасна в обращении, даже легкое царапание может вызвать взрыв. Она детонирует при температуре 160 °С. При увлажнении может давать отказы, поэтому влажность ее не должна превышать 0,03%.

Азид свинца — белый кристаллический порошок, являющийся солью азотисто-водородной кислоты. Очень опасен в обращении, детонирует при температуре 327 °С. При увлажнении до 30% азид свинца не теряет инициирующих свойств.

Тенерес — золотисто-желтый кристаллический порошок, являющийся солью стифиновой кислоты. По чувствительности уступает азиду свинца, но температура вспышки 270 °С, поэтому его применяют в азидосвинцовых детонаторах в качестве добавки.

Тетрил — мелкокристаллический порошок светло-желтого цвета, очень мощное и высокобрзантное ВВ со скоростью взрыва 7200 м/с.

Гексоген — белый кристаллический порошок, являющийся одним из наиболее мощных ВВ. Работоспособность его достигает 490 см³, скорость взрыва 8600 м/с.

Тэн — белый кристаллический порошок, являющийся мощным и высокобрзантным ВВ. Работоспособность его 500 см³, скорость взрыва достигает 8700 м/с. Обладает высокой чувствительностью, для уменьшения которой его флегматизируют различными добавками. Тэн и гексоген применяют как вторичный инициатор и для снаряжения детонирующего шнура.

Средства огневого инициирования. Средствами инициирования (СИ) называют принадлежности, используемые при взрывании зарядов. К средствам огневого инициирования относят капсули-детонаторы, огнепроводный шнур (ОШ) и средства его поджигания.

Капсюль-детонатор (рис. 27,а) представляет собой бумажную или металлическую гильзу 1 диаметром около 7,05 мм и длиной до 51 мм, заполненную примерно на 2/3 длины зарядом первичного 3 и вторичного 5 инициирующего ВВ. Со стороны свободной части гильзы заряд прикрыт чашечкой 4 с отверстием 2. Для усиления инициирующего действия доньшко капсуля-детонатора имеет кумулятивное углубление 6. В настоящее время выпускают капсули-детонаторы КД8Б и КД8С в бумажных и металлических гильзах.

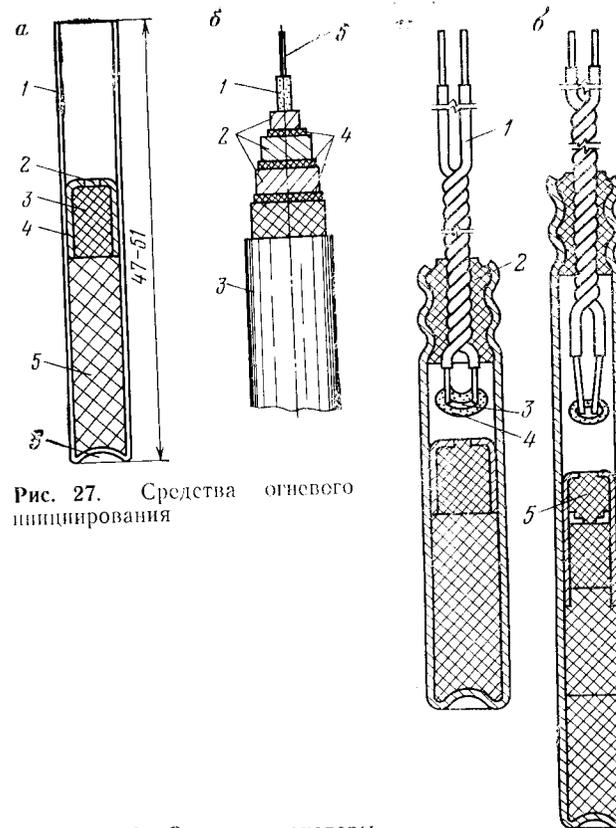


Рис. 27. Средства огневого инициирования

Рис. 28. Электродетонаторы

Огнепроводный шнур (рис. 27,б) применяют для передачи пучка искр капсулю-детонатору, состоит из пороховой сердцевинки 1 (5—6 г на 1 м), помещенной в хлопчатобумажные или льняные оплетки 2, покрытые асфальтированной или пластиковой оболочкой 3. Между оплетками расположены направляющие нити 5. Диаметр сердцевинки проходит направляющие нити 5. Диаметр ОШ 5,3—5,6 мм, нормальная скорость горения 10 мм/с. В настоящее время выпускают огнепроводные шнуры следующих марок: ОША — асфальтированный; ОШДА — двойной асфальтированный; ОШП — в пластиковой оболочке. Все ОШ водонепроницаемы до 4 ч при погружении в воду на глубину 1 м, поэтому они могут применяться в сухой и влажной среде; выпускают в бухтах длиной по 10 м. При взрывании одного заряда

поджигать ОШ можно спичкой, а при взрывании группы зарядов — с помощью контрольного отрезка ОШ или зажигательных патронов. Контрольный отрезок применяют для контроля за временем поджигания при взрывании зарядов на подземных работах, длина его на 60 см меньше самого короткого из поджигаемых шнуров. Контрольный отрезок ОШ поджигают первым и при догорании его до конца необходимо немедленно удалиться в укрытие. Для поджигания шнуров на контрольном отрезке через 2—3 см делают поперечные с наклоном надрезы до пороховой сердцевины.

Зажигательный патрон ЗП-Б (пяти марок) представляет собой бумажную гильзу, доньшко которой состоит из зажигательной смеси. В патрон в зависимости от его диаметра помещают 7—37 отрезков ОШ. Один из отрезков свободный, длиной 20—25 см. Его и поджигают при взрывании. Для поджигания одного ОШ при электроогневом взрывании зарядов применяют электрозажигательные трубки ЭЗТ-2, а для группового взрывания большого числа зарядов — электрозажигатели ЭЗОШ-Б и электрозажигательные патроны ЭЗП-Б пяти марок.

Детонирующий шнур (ДШ) применяют для одновременного взрывания большого числа удлиненных зарядов в шпурах или скважинах на открытых и подземных работах кроме шахт, опасных по газу или пыли. В отличие от огнепроводного шнура у ДШ сердцевина состоит из высокобризантного ВВ, поэтому он взрывается (детонирует) с большой скоростью (6500—7000 м/с) и передает детонацию основному заряду по всей длине. ДШ взрывают от капсуля-детонатора или электродетонатора. В настоящее время применяют детонирующий шнур марки ДША водостойкостью 12 ч; ДШВ в пластмассовой оболочке с водостойкостью 24 ч, ДШЭ-12 повышенной водостойкости (до 30 сут) и термический ДШТ. Цвет ДШ красный, диаметр 4,8—6,1 мм.

Средства электрического инициирования. При электрическом взрывании для возбуждения взрыва заряда применяют электродетонаторы.

Электродетонаторы (ЭД) бывают мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия. Электродетонатор мгновенного действия (рис. 28,а) представляет собой капсулю-детонатор, снабженный электровоспламенителем. Электровоспламенитель состоит из двух медных проводов 1 в пластиковой изоляции

длиной 1,5—4 м, мостика накаливания 3, помещенного в воспламенительный состав 4. Электровоспламенитель закрепляют обжатием гильзы вокруг пластиковой пробки 2, через которую проходят провода. В ЭД короткозамедленного (ЭДКЗ) и замедленного (ЭДЗД) действия между воспламенителем и первичным инициатором размещают замедлитель 5 (рис. 28,б).

Электрическое сопротивление ЭД с медными проводами 1,6—4,2 Ом, со стальными — 2,9—9,5 Ом. Промышленность выпускает ЭД мгновенного действия марки ЭД-8Э и ЭД-8Ж со временем срабатывания 2—10 мс, а для шахт, опасных по газу или пыли, предохранительные электродетонаторы ЭД-8ПМ повышенной мощности и ЭДКЗ-ОП со временем срабатывания 0—6 мс. Предохранительные ЭД снаружи покрыты слоем пламегасителя.

Электродетонаторы короткозамедленного действия применяют для взрывания отдельных или групп зарядов в определенной последовательности через малые промежутки времени. Промышленность выпускает предохранительные ЭД марки ЭДКЗ-ПМ-15 семи ступеней замедления со временем срабатывания 1МП—15 мс, 2МП—30 мс, 3МП—45 мс, 4МП—60 мс, 5МП—80 мс, 6МП—100 мс и 7МП—120 мс; марки ЭДКЗ-ПМ-25 четырех ступеней замедления: 1П—25 мс, 2П—50 мс, 3П—75 мс и 4П—100 мс, а также не предохранительные электродетонаторы ЭДКЗ-25 шести ступеней замедления 1—25 мс, 2—50 мс, 3—75 мс, 4—100 мс, 5—150 мс и 6—250 мс. Номер ступени замедления указан на металлической бирке, прикрепленной к проводу электродетонатора.

Для взрывания зарядов на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу или пыли, выпускают электродетонаторы замедленного действия ЭДЗД девяти ступеней замедления: 7—0,5 с; 8—0,75 с; 9—1 с; 10—1,5 с; 11—2 с; 12—4 с; 13—6 с; 14—8 с и 15—10 с.

§ 20. Принадлежности для электрического инициирования зарядов

При электрическом инициировании зарядов применяют электровзрывную сеть, источники тока и электроизмерительные приборы. Электровзрывная сеть служит для подвода электрического тока к электродетонаторам и

состоит из электродетонаторных (воспламенительных), соединительных и магистральных проводов. Воспламенительные провода медные диаметром не менее 0,52 мм и длиной 1,5—4 м. Соединительные провода служат для соединения воспламенительных проводов между собой или с магистральными проводами, а магистральные провода — для соединения всей сети с источником тока. Магистральные провода должны иметь медные жилы площадью сечения не менее 0,75 мм² и длину, равную расстоянию от забоя до укрытия взрывника, а при ведении взрывных работ в шахтах для подготовительных забоев — не менее 75 м; для лав — не менее 50 м. Все провода имеют пластиковую изоляцию и могут применяться как в сухих, так и в обводненных забоях. Соединительные провода обычно такие же, как и магистральные.

В качестве источников тока можно применять батареи, осветительные и силовые сети, передвижные электростанции. Источники тока должны иметь мощность, обеспечивающую в электродетонаторе ток: не менее 1 А при числе одновременно взрываемых электродетонаторов до 100 шт., не менее 1,3 А при числе одновременно взрываемых электродетонаторов до 300 шт. и не менее 2,5 А при взрывании переменным током.

В шахтах, опасных по газу или пыли, применяют источники тока во взрывобезопасном исполнении, обеспечивающие подачу во взрывную сеть кратковременного импульса тока в течение 2—6 мс, чтобы к моменту разрыва и возможного замыкания проводов взрывной сети она была обесточена. Для этих шахт применяют автономный переносной конденсаторный прибор ПИВ-100 м. Он имеет собственный источник энергии (аккумулятор) и обеспечивает безотказное взрывание до 100 последовательно соединенных электродетонаторов.

Прибор ПИВ-100 м отличается от других тем, что имеет встроены испытатель взрывной цепи ИВЦ-2. Кроме того, выпускают переносные взрывные приборы в нормальном исполнении КВП-1/100 М и СВМ-2, а также конденсаторные взрывные машинки КПМ-1 А и ВМК-500, имеющие генератор тока с ручным приводом. Для взрывания зарядов от силовой и осветительной сети применяют взрывные приборы с прямым включением тока (взрывная станция ПВС-220), выпрямительные (прибор КВП-750) и конденсаторные (ство-

ловой прибор ПВС). Прибор ПВС предназначен для проведения взрывных работ в забоях вертикальных стволов шахт, опасных по газу или пыли. Он обеспечивает безотказное взрывание 250 последовательно соединенных электродетонаторов.

Электроизмерительные и контрольные приборы предназначены для определения проводимости тока, измерения сопротивления электродетонаторов и взрывных сетей, для проверки исправности взрывных машинок.

Напряжение и величину тока силовых и осветительных сетей, используемых в качестве источника тока, определяют с помощью вольтметров и амперметров. Определение токопроводимости и измерение сопротивления электродетонаторов и взрывной сети производят омметрами, линейными мостиками и взрывными испытателями. Линейные мостики и омметр-классификатор ОКЭД применяют на складах взрывчатых материалов для проверки электродетонаторов на соответствие их сопротивления пределам, указанным на таре перед выдачей их взрывникам. Проверку токопроводимости и сопротивления взрывной сети и электродетонаторов при взрывных работах в забоях производят различными омметрами и испытателями взрывных сетей. При применении взрывных приборов и машинок для определения сопротивления получили распространение омметры ОВЦ-3 и испытатели ИВЦ-2, ВИС-1 и др. Все приборы для проверки исправности и измерения сопротивления должны давать ток не более 50 мА.

ГЛАВА VI

ПАРАМЕТРЫ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

§ 21. Шпур, их параметры и расположение в забое

Шпур — это цилиндрическая полость в горной породе, имеющая глубину до 5 м и диаметр до 75 мм, предназначенная для размещения заряда ВВ. Шпур используют и для других целей, например; для нагнетания воды в пласт, анкерования пород и др.

Аналогичную шпур полость глубиной более 5 м и диаметром более 75 мм называют скважиной. При проведении горных выработок взрывными работами чаще применяют шпур глубиной 2—3 м и диаметром

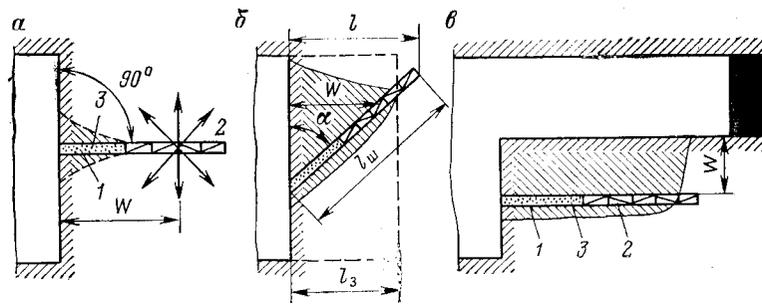


Рис. 29. Схемы расположения шпуров в забое выработки:
1 — шпур; 2 — заряд ВВ; 3 — забойка; l_3 — длина заходки; $l_{ш}$ — длина шпура; α — угол наклона шпура

40—50 мм. Объем разрушенной породы и характер разрушения ее зависят от многих факторов: величины заряда, типа ВВ, свойств породы, глубины заложения заряда, расположения шпура и др. Влияние некоторых из них можно регулировать правильным ведением взрывных работ. Если заряд ВВ поместить в шпур, пробуренный перпендикулярно к забою (рис. 29,а), то при взрыве будет разрушен лишь небольшой объем породы у его устья, так как разрушение происходит по линии наименьшего сопротивления (л. н. с.) W , которая в данном случае совпадает с осью шпура.

Линия наименьшего сопротивления — это кратчайшее расстояние от центра заряда по открытой поверхности (обнажения). На основании опыта установлена зависимость между f и W . В угольных забоях с $f=1-3$ величина W в среднем составляет 0,8 м, по породам с $f=4-9$ — 0,7 м, по породам с $f=9-16$ — 0,6 м. При расположении шпура такой же длины и с прежним зарядом под некоторым острым углом к забою α (рис. 29,б) будет разрушен больший объем породы, так как уменьшается размер линии наименьшего сопротивления. Наибольший объем породы будет разрушен при расположении шпура параллельно забою или другому обнажению при наличии двух и более поверхностей обнажений (рис. 29,в).

При наличии в забое выработки одной поверхности обнажения для повышения эффективности взрывных работ необходимо искусственно создавать дополнительные обнажения, так называемые врубы. Для образования врубов в забоях с одним обнажением применя-

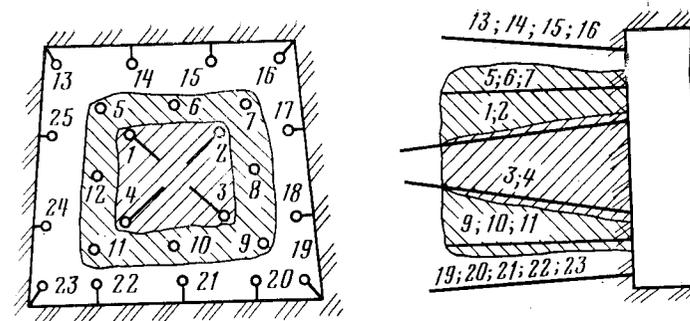
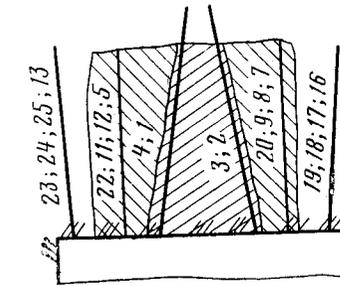


Рис. 30. Схема расположения шпуров в забое с одним обнажением



ют врубовые шпуры 1—4 (рис. 30), которые взрывают первыми. В результате этого образуется углубление (вруб), создающее дополнительное обнажение. Шпуры 5—25 взрываются уже при двух обнажениях и называются отбойными. Отбойные шпуры делят на вспомогательные 5—12 и окоптуривающие 13—25. Вспомогательные шпуры взрывают вслед за врубовыми, они расширяют первоначальный вруб и облегчают работу зарядов окоптуривающих шпуров, которые разрушают остальную породу, придавая выработке необходимые форму и размеры. Для повышения эффекта взрыва и уменьшения отброса породы от забоя врубовые и вспомогательные шпуры могут взрываться в несколько очередей с применением электродетонаторов короткозамедленного действия. При этом существенное значение имеет правильный выбор интервалов замедлений между очередями взрываний.

Врубные шпуры для получения необходимой линии наименьшего сопротивления располагают, как правило, под углом 60—80° к забою. Меньшие углы относятся к более крепким породам. Углы наклона вспомогательных шпуров 80—90°, а окоптуривающих — 80—85° в за-

в зависимости от глубины шпуров и крепости пород. Так как шпуры располагают под некоторым углом α к забою, различают длину $l_{ш}$ и глубину l шпуров (см. рис. 29,б). Глубиной шпура называют проекцию длины шпура на горизонтальную ось выработки.

При взрывании зарядов порода разрушается не на всю глубину шпуров l , остается неиспользованная часть шпуров («стаканы»). Подвигание забоя выработки в результате взрыва называют величиной заходки, или полезной глубиной шпуров l_3 . Отношение величины заходки к глубине шпуров, называют коэффициентом использования шпуров (к.и.ш.).

$$\eta = l_3 / l.$$

Например, при глубине шпуров $l = 2,5$ м получено подвигание забоя $l_3 = 2$ м, $\eta = 2/2,5 = 0,8$. Чтобы получить подвигание забоя $l_3 = 1,8$ м при $\eta = 0,9$, необходимо бурить шпуры глубиной $l = 1,8/0,9 = 2$ м.

Глубина шпуров зависит от условий проведения, размеров поперечного сечения выработок, крепости пород, типа выработок (с одним или двумя обнажениями). Ориентировочная глубина шпуров приведена в табл. 4.

Таблица 4

Площадь сечения выработки в проходке, м ²	Глубина шпуров в породных забоях при коэффициенте крепости породы			Глубина шпуров по углю в смешанных забоях в зависимости от мощности пласта, м			
	$f=2 \div 4$	$f=5 \div 7$	$f=8 \div 10$	$m=0,5 \div 0,75$	$m=0,76 \div 1$	$m=1,01 \div 1,3$	$m=1,31 \div 1,6$
4—6	1,8—2,1	1,4—1,9	1,4—1,6	1,6—1,9	1,7—2	1,8—2,1	2—2,3
6,1—8	2,1—2,3	1,9—2	1,6—1,8	1,9—2,1	2—2,2	2,1—2,3	2,3—2,4
8,1—10	2,3—2,4	2—2,2	1,8—1,9	2,1—2,2	2,2—2,3	2,3—2,4	2,4—2,5
10,1—12	2,4—2,5	2,2—2,3	1,9—2	2,2—2,3	2,3—2,4	2,4—2,5	2,5—2,6
12,1—14	2,4—2,5	2,2—2,3	2—2,1	2,3—2,4	2,4—2,5	2,5—2,6	2,6—2,7
14,1—16	2,5—2,6	2,3—2,4	2—2,1	2,4—2,5	2,5—2,6	2,6—2,7	2,7—2,8
16,1—18	2,5—2,6	2,3—2,4	2,1—2,2	2,4—2,5	2,5—2,6	2,6—2,7	2,7—2,8

Примечание. Глубину шпуров по породе в смешанных забоях принимают на 0,1—0,2 м меньше глубины шпуров по углю.

Так как врубовые шпуры взрывают первыми при наличии одного обнажения и увеличенной л.н.с., глубину их принимают на 20—30 см больше. Увеличение к.и.ш. имеет большое практическое значение, так как позволяет увеличить скорость подвигания выработок и снизить стоимость их проведения. Величина к.и.ш. зависит

от многих факторов: крепости породы, глубины шпуров, числа обнаженных поверхностей и др. Практически к.и.ш. в крепких породах равен 0,7—0,8, в породах средней крепости — 0,8—0,9 и в мягких породах — 0,9—0,95, а при наличии двух поверхностей обнажения может достигать единицы.

При расположении шпуров, особенно врубовых, необходимо учитывать структуру породы, наличие трещин и плоскостей напластования. При расположении шпуров вдоль трещин и плоскостей напластования эффект взрыва снижается из-за утечки газов в трещины. Поэтому шпуры необходимо располагать так, чтобы они пересекали трещины и слои по возможности под большим углом, близким к 90°.

§ 22. Конструкция зарядов в шпурах

Зарядом называют определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву. Величина заряда — это количество ВВ в заряде, выраженное в единицах массы. По форме заряды делят на сосредоточенные, удлиненные и плоские. Сосредоточенными считают заряды, имеющие форму шара, куба, призмы или цилиндра, у которых отношение длины к поперечному размеру не превышает четырех. Удлиненными считают заряды цилиндрической или призматической формы, у которых отношение длины к поперечному размеру более четырех. Плоские заряды имеют форму пластины, ширина которой во много раз превышает ее толщину. В шпурах и скважинах применяют удлиненные заряды.

По конструкции шпуровые заряды делят на сплошные (колонковые) (рис. 31,а) и рассредоточенные (ярусные) (рис. 31,б). Сплошным называют заряд, представляющий сплошную массу ВВ или состоящий из нескольких примыкающих друг к другу патронов. Рассредоточенный — это заряд, отдельные части (ярусы) которого разделены промежуточной забойкой. Кроме того, заряды делят на наружные и внутренние. В шпурах применяют в основном сплошные внутренние заряды. Рассредоточенные заряды можно применять в глубоких шпурах для равномерного дробления породы и в скважинах.

По характеру действия взрыва заряды делят в зависимости от показателя действия взрыва n на заряды

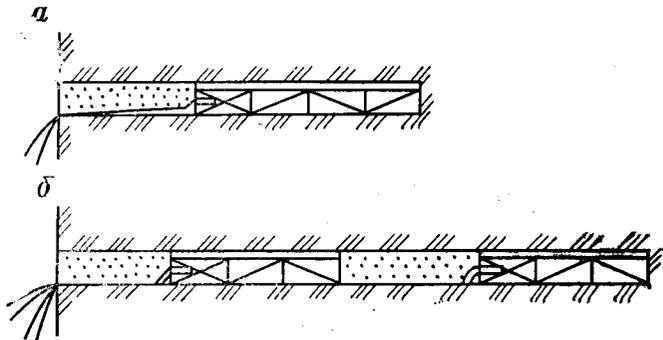


Рис. 31. Конструкции шпуровых зарядов

выброса, рыхления и внутреннего действия (камуфлетные). Показателем действия взрыва n называют отношение радиуса воронки взрыва r к линии наименьшего сопротивления W , т. е. $n=r/W$.

Заряды, расположенные на глубине W , образующие при взрыве воронку радиусом r , называют зарядами выброса. Если $r=W$, а $n=r/W=1$, то такой заряд называют зарядом нормального выброса. Если $r>W$, а $n>1$, то заряд называют зарядом усиленного выброса. Если $n<1$, то такой заряд называют зарядом уменьшенного выброса. Если $n=0,75$, то действие заряда сводится лишь к рыхлению породы без ее выброса. Такие заряды называют зарядами рыхления. При взрыве заряда, расположенного на большой глубине, разрушения породы по поверхности не произойдет, такие заряды называют зарядами внутреннего действия (камуфлета). Вокруг заряда в результате уплотнения пород образуется полость — сфера сжатия. За этой полостью в породе образуется сфера разрушения, за пределами которой произойдет лишь сотрясение породы. Заряды камуфлета применяют для упрочнения пород и образования зарядных полостей.

§ 23. Расчет параметров буровзрывных работ при шпуровом методе

При зарядании шпура часть его заполняется зарядом ВВ, а свободная от заряда часть шпура заполняется забойкой, состоящей из пластичного или сыпучего негорючего материала (глина с песком). В шахтах,

опасных по газу или пыли, получила применение водяная забойка. При этом после размещения заряда помещают одну-две полиэтиленовые ампулы длиной 30—50 см, заполненные водой, и глиняный пыж длиной не менее 15 см. При хорошо выполненной забойке более полно используется энергия взрыва на разрушение породы, уменьшается вероятность выброса нагретых продуктов взрыва в призабойное пространство и воспламенения метана или угольной пыли. Водяная забойка, кроме того, уменьшает запыленность воздуха и количество ядовитых газов (окислы азота), облегчая проветривание забоя выработки после производства взрывных работ. Взрывание зарядов без забойки запрещается.

Отношение длины заряда к длине шпура называют коэффициентом зарядания шпура, который зависит от крепости пород, типа ВВ, диаметра шпура. В условиях шахт, опасных по газу или пыли, коэффициент зарядания необходимо увязывать с минимальной длиной забойки.

Определение расхода ВВ и числа шпуров. Величина заряда для образования воронки нормального выброса

$$Q_n = qV,$$

где q — удельный расход ВВ, кг/м³; $V = \pi r^2 W / 3 = \pi W^3 / 3$ — объем породы, равный объему воронки нормального выброса, м³.

Подставив значение V , получим

$$Q_n = \pi q W^3 / 3 \approx q W^3.$$

Следовательно, величина заряда прямо пропорциональна кубу линии наименьшего сопротивления.

При шпуровом методе взрывных работ в подземных выработках расход ВВ на заходку

$$Q = qV = qSl, \quad (3)$$

где V — объем обуренной породы, м³; S — площадь забоя выработки, м²; l — глубина комплекта шпуров, м.

Удельный расход ВВ (на 1 м³ обуренного объема породы в массиве) принимают на основании данных практики или определяют ориентировочно по эмпирическим формулам.

Ориентировочно удельный расход ВВ (кг/м³) можно определить по формуле проф. Н. М. Покровского:

$$q = q_1 F v e, \quad (4)$$

где q_1 — удельный расход условного ВВ (ВВ с работоспособностью 380—400 см³), кг/м³; F — коэффициент структуры породы; ν — коэффициент сопротивления породы; e — коэффициент работоспособности ВВ.

Удельный расход условного ВВ в зависимости от коэффициента крепости породы имеет следующие значения:

Коэффициент крепости пород, f	15—20	10—15	7—8	4—5	2—3	2
q_1 , кг/м ³	1,2—1,5	1—1,1	0,7—0,8	0,4—0,6	0,2—0,3	0,15

Для породы с $f < 10$ удельный расход условного ВВ может быть определен по формуле

$$q_1 = 0,1f.$$

Коэффициент структуры породы имеет следующие значения:

Вязкие, упругие, пористые	2
Дислоцированное неправильное залегание с мелкой трещиноватостью	1,4
Сланцевое залегание с меняющейся крепостью пород, напластование перпендикулярно к направлению шпура	1,3
Массивно-хрупкие породы	1,1

Коэффициент сопротивления породы учитывает глубину шпуров, площадь забоя и число обнаженных поверхностей. При двух обнаженных поверхностях ν рекомендуют принимать при верхней подрывке равным 1,2; при боковой — 1,4 и при нижней подрывке — 1,6. При одной обнаженной поверхности:

$$\text{для стволов } \nu = 12,5/\sqrt{S};$$

для горизонтальных и наклонных выработок $\nu = 3l/\sqrt{S}$; где S — площадь забоя, м²; l — глубина шпуров, м.

Коэффициент работоспособности ВВ определяют по формуле $e = 380/P$, где P — работоспособность применяемого ВВ, см³.

Число шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, площади забоя, числа обнаженных поверхностей, конструкций и диаметра заряда, типа ВВ и др. Необходимое число шпуров принимают на основании опытных данных или ориентировочно определяют по формулам.

Число шпуров на забой определяют по формуле

$$N = \frac{12,7qS}{\nu d^2 \Delta_{\text{п}}}, \quad (5)$$

где ν — коэффициент заряжания шпура; d — диаметр патрона ВВ, см; $\Delta_{\text{п}}$ — плотность ВВ в патронах, г/см³. Среднюю величину заряда на шпур (кг) определяют по формуле

$$Q_{\text{ср}} = Q/N. \quad (6)$$

Врубовые шпуры взрывают при наличии одного обнажения, поэтому их заряд принимают на 15—25% больше средней величины.

Окончательно величину зарядов в шпурах принимают из расчета целого числа патронов и определяют по формуле

$$Q_3 = n_{\text{п}} q_{\text{п}},$$

где $n_{\text{п}}$ — число патронов ВВ в заряде; $q_{\text{п}}$ — масса патрона ВВ, кг.

Окончательный расход ВВ на заходку

$$Q = N_1 Q_3^1 + N_2 Q_3^2 + N_3 Q_3^3 + \dots + N_n Q_3^n,$$

где $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ — число шпуров с одинаковыми зарядами; $Q_3^1, Q_3^2, Q_3^3, \dots, Q_3^n$ — окончательная величина заряда в отдельных группах шпуров (врубовых, вспомогательных, окопывающих).

В шахтах, опасных по газу или пыли, окончательно принятые заряды ВВ обязательно проверяют на заполнение шпуров по условию

$$l_{\text{ш}} - l_{\text{зар}} \geq l_{\text{заб}}, \quad (7)$$

где $l_{\text{ш}}$ — длина шпура, м; $l_{\text{зар}} = n_{\text{п}} l_{\text{п}}$ — длина заряда, м; $l_{\text{п}}$ — длина патрона ВВ, м; $l_{\text{заб}}$ — минимальная длина забойки, м.

Длину патрона (м) принимают исходя из характеристики ВВ.

Типы врубов. Взрывной вруб — эта полость, созданная в забое выработки взрывом зарядов врубовых шпуров и образующая дополнительные свободные поверхности, в направлении которых отбивается порода взрывом зарядов отбойных шпуров. Врубными называют комплект шпуров, расположенных по определенной схеме, заряды которых, взрываясь, образуют врубовую полость. Различают врубы со шпурами, наклоненными к поверхности забоя, и прямые врубы, образованные шпурами, параллельными друг другу и перпендикулярными к забою (призматические).

Врубы с наклонными шпурами делят на односторонние — боковой, верхний, нижний и веерный, многосторонние — «ножницы», клиновой (вертикальный, горизонтальный), пирамидальный и воронкообразный. Верхний вруб образуют шпурами, наклоненными к кровле выработки (рис. 31,а). Его применяют в слоистых и трещиноватых породах с падением слоев и трещин от забоя. Боковой вруб образуют шпурами, направленными к одному из боков выработки при наличии явно выраженной вертикальной слоистости (рис. 32,б). Нижний вруб образуют шпурами, наклоненными к почве выработки (рис. 32,в). Его применяют при падении слоев и трещин на забой. Вруб «ножницы» образуют двумя встречными шпурами, расположенными в разных параллельных плоскостях, применяют в угольных забоях (рис. 32,г). Горизонтальный клиновой вруб образуют двумя рядами шпуров. Его применяют при небольшой ширине выработок (рис. 32,д). Веерный вруб образуют расходящимися шпурами, расположенными в одной плоскости, по мягкому прослойку (рис. 32,е). Его применяют по углю при проведении выработок смешанным забоем.

Пирамидальный вруб (см. рис. 30) образуют 3—4 шпурами, наклоненными к оси выработки (центру). Его применяют в крепких монолитных породах. Воронкообразный вруб — разновидность пирамидального вруба, но шпуры располагают по окружности. Применяют вруб при проходке стволов. Призматические врубы образуют прямыми, перпендикулярными к забою, шпурами и применяют в крепких вязких породах. Призматический прямой симметричный вруб образуют центральным незаряжаемым шпуrom (скважиной) и несколькими заряжаемыми параллельными шпурами, расположенными по углам треугольника, четырехугольника или шестиугольника (рис. 32,ж). Бочкообразный — прямой симметричный вруб (заряжаемые шпуры располагают по окружности). Щелевой — прямой вруб образуют несколькими шпурами, расположенными в одну линию, часть шпуров не заряжают (рис. 32,з). На рисунке черт l показана средняя глубина комплекта шпуров.

В угольных шахтах наиболее распространен вертикальный клиновой вруб, который рационально применять в выработках площадью сечения более 7 м².

Спиральный прямой вруб образуют центральным незаряжаемым шпуrom (скважиной) и несколькими заря-

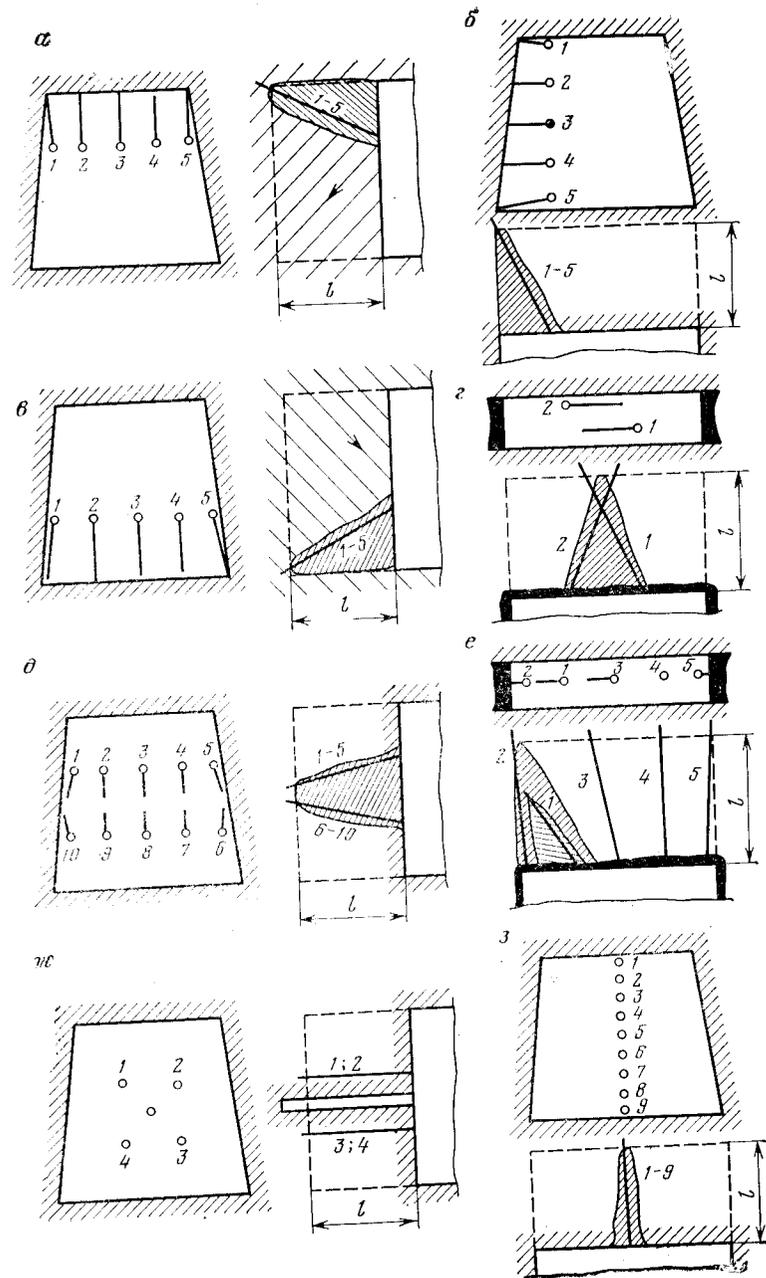


Рис. 32. Схемы врубов в забоях с одним обнажением

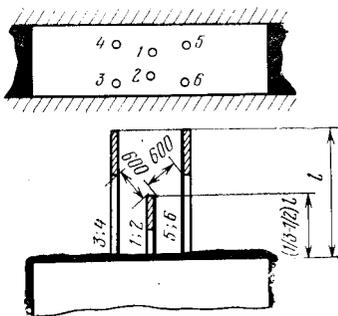


Рис. 33 Прямой шагающий вруб по углю

жаемыми шпурами, взрываемыми последовательно и расположенными на постепенно возрастающем расстоянии (по спирали) от центрального.

Прямые шагающие врубы по углю применяют в шахтах, опасных по газу или пыли. Они образуются одним—двумя короткими, двумя—четырьмя длинными шпурами (рис. 33). Расстояние между зарядами врубовых шпуров должно быть не менее 0,6 м. Повышение эффективности прямых врубов достигается применением одной—двух скважин диаметром 300—500 мм.

§ 24. Паспорт буровзрывных работ

Взрывные работы разрешается выполнять в соответствии с паспортом буровзрывных работ. Без утвержденного паспорта разрешается вести лишь взрывание глыб породы, доводить сечение выработки до необходимых размеров и осуществлять опытные взрывы с целью совершенствования паспортов буровзрывных работ. Паспорт составляет начальник участка, подписывают начальники участков буровзрывных работ, вентиляции и техники безопасности и утверждает главный инженер или директор шахты. При составлении паспорта необходимо знать опасность шахты и выработки по газу и пыли, площадь сечения выработки, крепость породы, обосновать и выбрать тип и число бурильных машин, резцов (коронок) и их размеров, выбрать тип ВВ и СВ, определить число шпуров, величину зарядов, расход ВВ на заходку, выбрать конструкцию зарядов, вид и размеры забойки, схему расположения шпуров в забое. Паспорт составляют по установленной форме (рис. 34) и после опытного взрывания и корректировки расчетных параметров утверждают. С паспортом под расписку должны быть ознакомлены все рабочие и лица технического надзора, связанные с ведением взрывных работ. В паспорте дополнительно указывают место укрытия взрывника и рабочих при взрывании зарядов, места выставления постов охраны, время на проветри-

вание забоя и др. При изменении горно-геологических или технических условий паспорт должен быть пересмотрен и утвержден заново.

ГЛАВА VII

ПРОИЗВОДСТВО ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

§ 25. Заряжание шпуров

К производству взрывных работ допускают лиц, сдавших экзамен по специальной программе в установленном порядке и имеющих «Единую книжку взрывника (мастера-взрывника)». Взрывниками могут быть лица не моложе 19 лет для открытых работ и 20 лет для подземных работ с образованием не ниже семи (восьми) классов и стажем работы не менее года соответственно на открытых горных работах или на проведении подземных горных выработок и в очистных забоях. Ведение взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только мастерам-взрывникам. Мастерами-взрывниками могут быть лица не моложе 22 лет с образованием не ниже семи (восьми) классов и стажем работы на проведении подземных горных выработок или в очистных забоях не менее двух лет.

К руководству взрывными работами допускаются лица, имеющие законченное горнотехническое образование или окончившие специальные учебные заведения или курсы, дающие право руководства горными или взрывными работами. В подземных выработках перед заряжением шпуров в местах возможных подступов к забою должны быть выставлены посты охраны. В выработках, по которым пойдут газообразные продукты взрыва, посты не выставляют, а устанавливают предупредительные знаки, запрещающие вход в них. При производстве взрывных работ в шахте взрывник (мастер-взрывник) обязательно должен подавать звуковые сигналы, хорошо слышные на границах опасной зоны.

Первый сигнал—предупредительный (один продолжительный). По этому сигналу все люди, не занятые заряжением и взрыванием, должны быть удалены в безопасное место, указанное в паспорте буровзрывных работ, а у мест возможного входа людей в опасную зону выставляют посты охраны, после чего

Категория шахты по газу пыли	Категория опасная
Площадь выработки в проходке в свисту угля породы	13,0 8,9 6
Коэффициент крепости f	693-1
Буровые механизмы	тип 6У-7418 Ф42мм
Коронки, резцы	число 2
Число шпуров по углю породе	12 22
Число шпурометров на цикл по углю породе, м	25,4 47,6
Число шпурометров на 1м по углю породе, м	12,7 23,8
К и ш.	по углю 0,9 по породе 0,35
Тип ВВ	Т-19
Расход ВВ	на цикл 37,2 на 1м 18,6
Тип электродетонаторов	ЭДКЗ-0П и ЭДКЗ-ПМ15
Расход электродетонаторов	на цикл 38 на 1м 19
Тип взрывной машинки	пив-100м
Величина внутренней забойки, м	0,55
Материал внутренней забойки	Ампула с водой длиной 1м и пвж из глины 0,15м
Расход смазочного ДБ	на цикл 0,7 на 1м 0,35
Подвигание забоя за взрыв	по углю 2 по породе 2
Выход угля за цикл, т	18,8
Выход породы за цикл, м ³	18,4
Расположение мешков (полиэтиленовых) с водой вместимостью 20 и 30 л	

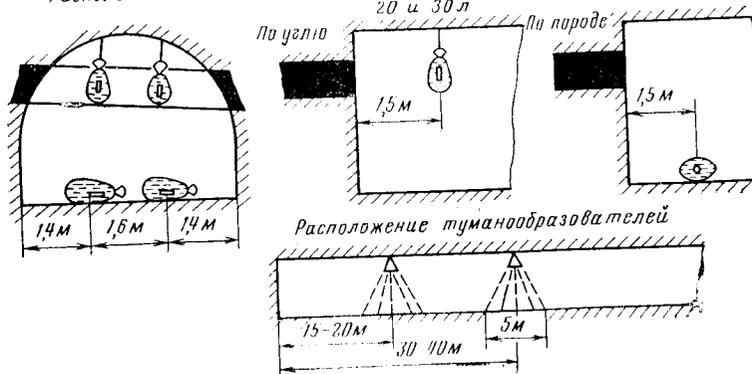
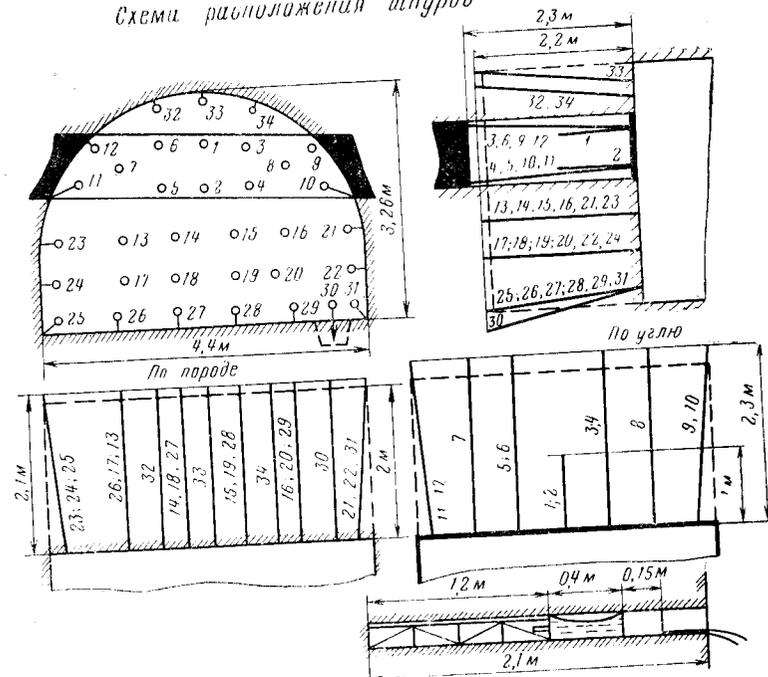


Рис. 34. Паспорт буровзрывных работ

производят осмотр забоя, зарядание шпуров, монтаж и проверку взрывной сети.

Второй сигнал — боевой (два продолжительных). По этому сигналу взрывники зажигают огнепроводные шнуры и удаляются в укрытия или из укрытия включают

Схема расположения шпуров



Порядковый номер шпура, взрываемый за один прием	Длина шпура, м	Углы наклона шпуров к забойке (градусы)		Величина заряда в шпуре, кг	Тип электродетонаторов, количество рядов взрывания	Применяемые шпуры
		горизонтальный	вертикальный			
1, 2	1,0	90	90	0,3	ЭДКЗ-ПМ15(1МП)	I
3, 4, 5, 6	2,3	90	90	0,9	ЭДКЗ-ПМ15(2МП)	
7, 8	2,3	90	90	0,9	ЭДКЗ-ПМ15(3МП)	
9, 10, 11, 12	2,4	85	85	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(4МП)	
13, 14, 15, 16	2,1	90	90	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(1МП)	
17, 18, 19, 20	2,1	90	90	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(2МП)	
21, 22, 23, 24	2,2	90	90	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(3МП)	II
26, 27, 28, 29, 30	2,2	90	80	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(4МП)	
25, 31	2,2	85	85	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(5МП)	
32, 33, 34	2,2	90	80	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(6МП)	

Рис. 34. Продолжение

электрический ток (при электрическом взрывании зарядов).

Третий сигнал — отбой (три коротких), подается после осмотра места взрыва, он означает окончание взрывных работ.

Требования к состоянию забоя перед заряданием шпуров: непрерывное и деятельное проветривание забоя; проходческое оборудование и инструменты должны быть убраны и надежно защищены от ударов породы при взрыве; крепь должна соответствовать паспорту крепления; в подготовительных выработках на расстоянии до 20 м от места взрыва не должно быть необрушенной породы (угля), вагонеток и других предметов, грозящих выработку более чем на 1/3 ее поперечного сечения и затрудняющих проветривание забоя и выход из него. Расположение шпуров, глубина, их диаметр и углы наклона должны соответствовать паспорту буровзрывных работ. Шпуры должны быть очищены от буровой мелочи. В шахтах, опасных по газу или пыли, в забое и во всех выработках, примыкающих к нему на протяжении 20 м, содержание метана не должно достигать 1%. Должны быть также выполнены мероприятия по борьбе с пылью. Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполнено, то заряжать шпуры запрещается.

Зарядание шпуров. Заряжать разрешается столько шпуров, сколько будет взорвано за один прием. Взрывание зарядов должно производиться немедленно после их подготовки к взрыву. Перед заряданием шпуры должны быть очищены от буровой мелочи и пыли специальной чисталкой или продувкой сжатым воздухом. Запрещается заряжать неочищенные шпуры или пробуренные не по паспорту.

При зарядании шпуров разрешается пользоваться только круглым забойником (деревянным, алюминиевым или пластмассовым). При этом каждый патрон заряда вводят в устье шпура, проталкивая им в шпур ранее введенные патроны, затем весь заряд забойником досылают до забоя шпура и слегка прижимают. Это исключает образование промежутков между патронами, заполненных буровой мелочью, наличие которых может привести к неполному взрыву заряда или выгоранию ВВ. Патрон-боевик досылают к заряду отдельно. Запрещается в одном заряде применять более одного патрона-боевика. Свободную от заряда часть шпура заполняют забойкой из негорючего сыпучего или пластичного материала (чаще применяют песок, глину или смесь глины с песком). Из пластичного материала изготавливают пыжи длиной 10—15 см, которые затем забойником по одному досылают в шпур. Первый пыж досылают до заряда,

второй пыж прижимают к первому, а последующие хорошо уплотняют забойником. Для ускорения процесса зарядания и получения высокого качества забойки применяют передвижные шнековые пыжеделательные машины ППМ-90. При изготовлении пыжей машиной смесь глины с песком загружают в приемную воронку и шнеком выдавливают через насадку. Производительность машины ППМ-90 70 м/мин песчано-глиняного жгута диаметром 38 мм. Машина обслуживает один или несколько близко расположенных забоев. Если в забое имеется сжатый воздух, то забойку шпуров можно производить увлажненным песком с помощью пневмозабойника. При этом из сосуда вместимостью около 4 л песок сжатым воздухом через нагнетательную трубку выбрасывается в шпур, но перед этим на заряд помещается глиняный пыж. Имеются пневмозабойники и для забойки пластичным материалом, при этом забойный материал сжатым воздухом по трубке выдавливается в шпур. При проходке стволов в качестве забойки используют воду.

Для механизации зарядания шпуров гранулированными ВВ в шахтах, не опасных по газу или пыли, создано несколько типов пневмозарядников, с помощью которых заряд ВВ сжатым воздухом вводится в шпур, а патрон-боевик — обычным способом.

§ 26. Огневое иницирование зарядов

При огневом иницировании применяют зажигательные трубки и патроны-боевики. Зажигательная трубка (ЗТ) — это отрезок огнепроводного шнура (ОШ), соединенный с капсюлем-детонатором (КД). Зажигательные трубки изготавливают в специальном помещении склада взрывчатых материалов (ВМ). Огнепроводный шнур и КД при этом осматривают, места утолщения, утонения и повреждения ОШ вырезают. Если в гильзе КД имеются соринки, то их осторожно удаляют легким постукиванием открытым дульцем о ноготь пальца. Огнепроводный шнур, отрезанный перпендикулярно к его оси, вводят в КД прямым движением без вращения до соприкосновения с чашечкой. Закрепление КД на огнепроводном шнуре производят: при металлических гильзах — обжатием края гильзы у дульца специальным обжимом; при бумажных — обматыванием конца ОШ прорезиненной лентой до размеров внут-

ренного диаметра КД с последующим прямым вводом его в дульце, затягиванием ниткой или шпагатом дульца гильзы детонатора.

Длина ОШ зажигательной трубки должна быть такой, чтобы после зажигания первой трубки осталось достаточно времени на поджигание остальных трубок и на отход взрывника в укрытие. Во всех случаях длина ОШ зажигательной трубки должна быть не менее 1 м и чтобы конец его выступал из шнура не менее чем на 25 см. Зажигательные трубки длиной более 10 м применять запрещается.

Патрон-боевик — это патрон ВВ, снабженный зажигательной трубкой или электродетонатором. Патроны-боевики изготовляют на месте взрывных работ (кроме проходки стволов) перед заряданием и в количестве, необходимом для инициирования зарядов за один прием. При проходке стволов патроны-боевики изготовляют на поверхности в зарядных будках, расположенных от стволов, зданий и сооружений не ближе 50 м. Спуск и подъем патронов-боевиков должен производиться с соблюдением «Единых правил безопасности при взрывных работах». При изготовлении патрона-боевика разворачивают на торце патрона ВВ бумажную оболочку и деревянной, медной, алюминиевой или пластмассовой иглой в торце делают углубление, куда вводят КД зажигательной трубки на всю длину его, бумагу оболочки собирают в складки и прочно обвязывают шпагатом вокруг ОШ (рис. 35).

Патроны порошкообразных аммиачно-селитренных ВВ при изготовлении патронов-боевиков должны раз-

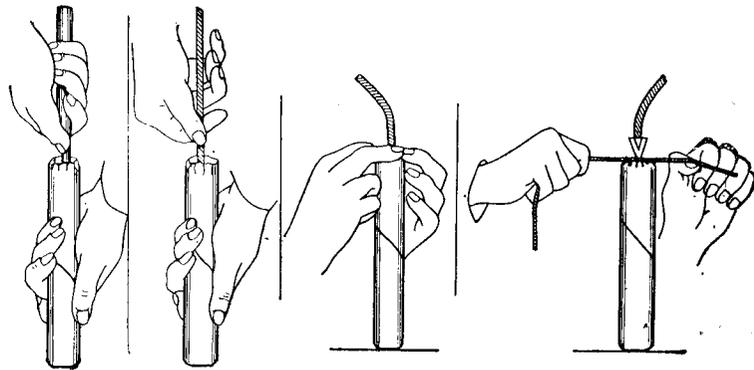


Рис. 35. Последовательность изготовления патрона-боевика

минаться руками. Если в патроне имеются неразминающиеся комки ВВ, то применять его для изготовления патрона-боевика запрещается. Патроны-боевики из прессованного аммонита разрешается изготовлять только из патронов с гнездами под детонатор заводского изготовления. В подземных выработках разрешается взрывать при последовательном поджигании ОШ зажигательных трубок не более 16 зарядов. При применении зажигательных патронов их число не должно превышать 10 на забой. При электроогневом взрывании число взрываемых зарядов не ограничивается.

Для контроля за временем поджигания ОШ на открытых работах применяют контрольную трубку, изготовленную из капсуля-детонатора с бумажной гильзой. Длина ОШ контрольной трубки должна быть на 60 см меньше длины самого короткого ОШ зажигательной трубки, но не короче 40 см. Контрольную трубку поджигают первой и помещают на расстоянии не менее 5 м от зарядов, но не на пути отхода взрывника в безопасное место. На подземных работах применяют контрольный отрезок ОШ без детонатора.

При взрыве контрольной трубки или догорания контрольного отрезка ОШ необходимо прекратить поджигание и уйти в укрытие.

Взрывник должен вести счет взрывам. Если счет взрывов затруднен или взорвались не все заряды, то подходить к месту взрыва разрешается не ранее чем через 15 мин, после последнего взрыва. Если взорвались все заряды, то подходить к месту взрыва можно: на открытых работах после окончания подвижки пород, но не ранее чем через 5 мин, а на подземных работах после полного проветривания забоя, но не ранее чем через 15 мин после последнего взрыва.

§ 27. Электрическое иницирование зарядов

Электрический способ иницирования зарядов можно применять в любых условиях, в том числе и в шахтах, опасных по газу или пыли. Патроны-боевики изготовляют так же, как и при огневом иницировании. Разрешается прокалывать торец патрона ВВ иглой, не разворачивая бумажную оболочку, и закреплять электродетонатор накидыванием петли провода на конец патрона-боевика.

Все электродетонаторы перед выдачей их со склада должны быть проверены в специальном помещении

склада ВМ на соответствие их сопротивлений пределам, указанным на этикетках тары. Концы детонаторных проводов после проверки должны быть накоротко замкнуты до подсоединения их к взрывной сети.

При монтаже взрывной сети концы проводов на соединениях должны быть тщательно зачищены, сращены и изолированы с помощью специальных зажимов или изоляционной лентой. В шахтах, опасных по газу или пыли, все провода электровзрывной сети должны соединяться только специальными зажимами. Взрывную сеть монтируют только в направлении от забоя до укрытия и после заряжания шнуров. Концы смонтированной части взрывной сети должны быть накоротко замкнуты до подсоединения их к следующей части взрывной сети или к магистральным проводам, концы которых также должны быть замкнуты до подсоединения их к измерительному прибору или источнику тока.

Все электроустановки, кабели, контактные и другие провода должны быть обесточены с момента начала монтажа взрывной сети в пределах опасной зоны.

После окончания монтажа электровзрывной сети необходимо проверить проводимость и измерить ее сопротивление. Электроизмерительный прибор при этом должен находиться в укрытии взрывника. Продолжительность контакта прибора с сетью не должна превышать 4 с. Если измеренное сопротивление сети отличается от расчетного более чем на 10%, то необходимо устранить причины, вызвавшие это отклонение.

Выход взрывника (мастера-взрывника) из укрытия и подход к месту взрыва разрешается после полного проветривания забоя, отсоединения магистральных проводов от источника тока, замыкания их накоротко, но не ранее чем через 5 мин после взрыва. На открытых работах подходить к месту взрыва можно после окончания смещения пород.

Если при включении тока взрыва не произошло, то взрывник должен отсоединить магистральные провода от источника тока, замкнуть их концы, взять ключ от источника тока и лишь после этого искать повреждение. Подходить к зарядам в этом случае можно не ранее чем через 10 мин.

Взрывание с помощью детонирующего шнура применяют на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу или пыли. Детонирующий шнур разрезают на отрезки требуемой длины. Один конец отрезка детониру-

ющего шнура вводят в патрон-боевик или заряд по всей его длине, второй конец соединяют с магистральным шнуром внакладку на длине не менее 10 см. Крепление шнуров производят плотно изоляционной лентой, тесьмой или шпагатом. Отрезки ДШ, идущие от зарядов, присоединяют к магистральному шнуру так, чтобы направление распространения детонации по шнурам-ответвлениям совпадало с направлением детонации по магистральному шнуру. Детонация ДШ возбуждается капсюлем-детонатором или электродетонатором, которые крепят внакладку на расстоянии 10—15 см от конца шнура. При пересечении шнуров между ними должна применяться прокладка из грунта или дерева толщиной не менее 10 см. Короткозамедленное инициирование детонирующим шнуром достигается применением пиротехнических реле КЗДШ-69.

§ 28. Особенности взрывных работ в шахтах, опасных по газу или угольной пыли

В шахтах, опасных по газу или угольной пыли, взрывные работы можно вести только в забоях, непрерывно проветриваемых свежей струей воздуха, причем количество и скорость воздуха должны соответствовать правилам безопасности. Взрывание можно производить только предохранительными патронированными ВВ, электрическим способом, электродетонаторами мгновенного и короткозамедленного действия с максимальным временем замедления в угольных и смешанных забоях не более 135 мс, а в чистопородных забоях не более 195 мс. При проходке с поверхности вертикальных стволов допускается применение непереходных ВВ и электродетонаторов замедленного действия при содержании метана менее 1%, подтоплении забоя ствола водой перед взрыванием не менее чем на 20 см, взрывании с поверхности, при отсутствии людей в стволе и на поверхности на расстоянии 50 м от ствола.

При углубке стволов с действующих горизонтов и проведении горизонтальных и наклонных выработок по пустым породам допускается применение непереходных ВВ и электродетонаторов замедленного действия при отсутствии метана в забое и соблюдении следующих условий: выработка должна проветриваться свежей струей воздуха, в забое не должно быть угольных пластов и пропластков, пе-

ред заряданием шпуров и перед каждым взрыванием должно производиться измерение концентрации метана газоанализатором. При подходе забоя к угольному пласту на 5 м и после пересечения его на расстоянии 20 м обязательно применение предохранительных ВВ и электродетонаторов мгновенного и короткозамедленного действия. В шахтах III категории и сверхкатегорных по газу ведение взрывных работ допускается только по особому разрешению технического директора производственного объединения. Взрывные работы по углю в восстающих выработках, проводимых снизу вверх, разрешают только по предварительно пробуренным на всю их длину скважинам. На пластах, опасных по внезапным выбросам угля или газа, по углю допускают только сотрясательное взрывание. В угольных забоях выработок, проводимых узким забоем, весь комплект зарядов должен взрываться за один прием, при проведении выработок широким забоем и длине его более 5 м разрешается взрывать заряды в два приема (по длине забоя), причем шнуры второго приема должны заряжаться только после взрывания зарядов первого приема и уборки угля.

При проведении выработок смешанным забоем взрывание зарядов в шпурах по углю и породе можно производить за один или два приема. В последнем случае зарядание и взрывание зарядов в шпурах по породе допускаются только после проветривания забоя, уборки отбитого угля и принятия мер, обеспечивающих безопасность работ в забое. Запрещается взрывание зарядов, если на расстоянии ближе 10 м от забоя имеется неубранный уголь. Запрещается взрывать заряды без забойки. Величина забойки при взрывании по углю и породе должна быть равна: в шпурах глубиной 0,6—1 м — половине глубины шпура; в шпурах глубиной более 1 м — не менее 0,5 м; в скважинах — не менее 1 м.

Глубина шпуров должна быть не менее 0,6 м. Расстояние от заряда до ближайшей открытой поверхности должно быть не менее 50 см по углю и 30 см по породе. Заряд, состоящий из двух и более патронов ВВ, досылают в шпур одновременно, а патрон-боевик — отдельно. Расстояние между соседними шпуровыми зарядами должно быть не менее: по углю для ВВ IV класса — 0,6 м, для ВВ V класса — 0,5 м, а для ВВ VI класса — 0,4 м, по породе с $f < 7$ — 0,45 м и с $f > 7$ — 0,3 м.

Перед заряданием, перед каждым взрыванием зарядов (в шахтах, опасных по газу) и при осмотре забоя после каждого взрыва необходимо производить измерение концентрации метана в забое по всему сечению на расстоянии 10 см от него и в выработках, не примыкающих к забою, на протяжении 20 м. Измерение концентрации метана необходимо производить и в укрытии мастера-взрывника, откуда производят взрывание.

В шахтах, опасных по пыли, перед каждым взрыванием в выработках, проводимых по углю или смешанным забоем, должно производиться орошение осевшей угольной пыли с добавлением смачивателей у забоя и по периметру в выработке, примыкающей к нему на протяжении 20 м от взрывааемых зарядов. При проведении выработок по углю и в смешанных забоях пластов с газообильностью свыше 10 м³/т суточной добычи, в забоях с суффлярными выделениями газа и на пластах, опасных по пыли, независимо от категории шахты по газу должны применяться водораспылительные завесы, создаваемые распылением воды из полиэтиленовых мешков с помощью взрыва специальных ВВ. Для завес применяют мешки вместимостью 20 л, подвешиваемые в выработке на расстоянии не более 1,5 м от забоя, или вместимостью 30 л, укладываемые на почву выработки (рис. 36). Распыление воды из каждого мешка производят взрыванием одного патрона угленита Э-6 (0,2 кг) или СП-1 с электродетонатором ЭДКЗ-ОП за 15—25 мс до взрыва шпуровых зарядов. При этом максимальное время последней ступени замедления при применении электродетонатора короткозамедленного действия не должно превышать 220 мс, по выбросоопасным пластам и породам — 135 мс, по пустым породам — 300 мс. Расход воды на завесу должен быть не менее 5 л/м² площади поперечного сечения выработки.

В шахтах, опасных по газу всех категорий, должна применяться гидрозабойка шпуров из заполненных водой полиэтиленовых ампул диаметром 37—38 мм и длиной 35—50 см. Длина водяной забойки не менее 35 см, длина запирающей забойки из глины не менее 15 см.

Если при измерении будет обнаружено метана у забоя 1% и более или в выработке и у забоя не осуществлены мероприятия по борьбе с пылью, то зарядание и взрывание зарядов запрещаются.

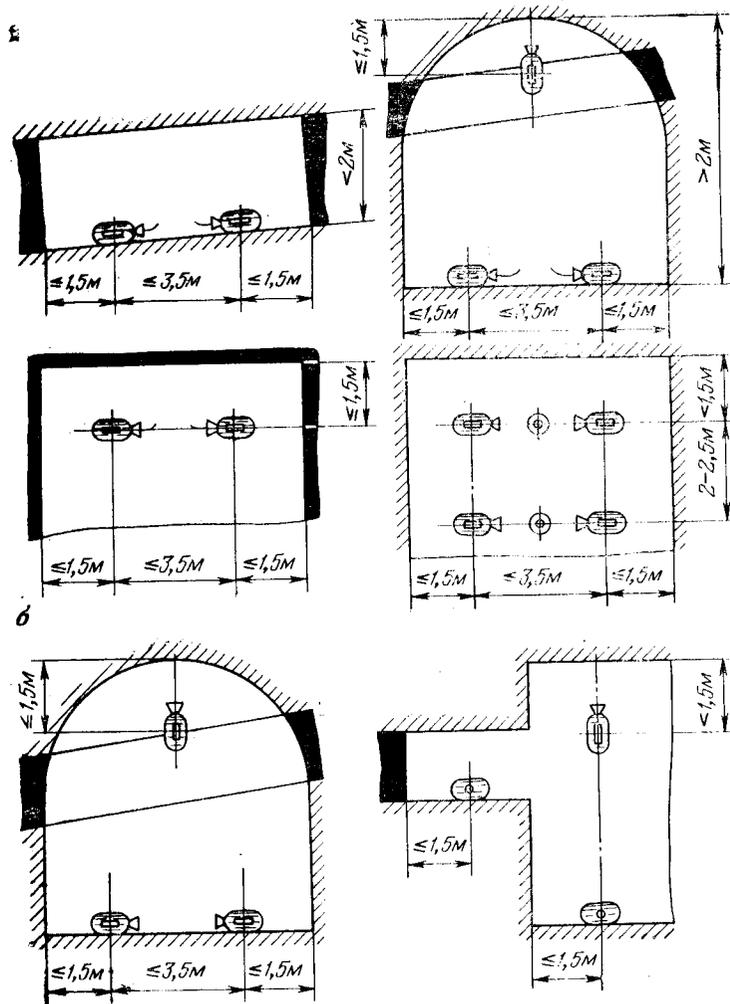


Рис. 36. Схемы расположения сосудов с водой в забое выработки: а — в выработках с одним обнажением; б — в выработках с двумя обнажениями

§ 29. Отказы, неполные взрывы и выгорание зарядов

Невзорвавшийся заряд, оставшийся на месте его заложения, называют отказом. Отказы вызывают потери рабочего времени на их ликвидацию и создают

большую опасность, особенно отказы отдельных зарядов, не обнаруженные при осмотре забоя.

При огневом взрывании причиной отказа могут быть дефекты в капсулах-детонаторах и огнепроводном шнуре, несоблюдение правил изготовления зажигательных трубок, пропуски при поджигании ОШ во время взрывания и др. Для предупреждения отказов необходимо тщательно проверять и отбраковывать капсулы-детонаторы, ОШ, зажигательные патроны и электрозажигатели, строго соблюдать правила изготовления зажигательных трубок, патронов-боевиков и правила взрывания зарядов.

При электрическом взрывании причиной отказа могут быть дефекты в электродетонаторах, детонаторных и магистральных проводах, неправильное подсоединение детонаторных проводов во взрывную сеть, плохо выполненные счалки, несоответствие мощности источника тока сопротивлению взрывной сети и др. Для предупреждения отказов при электрическом взрывании необходимо тщательно проверять электродетонаторы и провода, соблюдать правила монтажа взрывной сети и проверки ее перед взрыванием, систематически проверять исправность взрывных приборов и машинок.

При обнаружении отказа (или подозрении на него) в подземных условиях взрывник должен закрестить забой и уведомить об этом руководителя взрывных работ или заменяющее его лицо сменного надзора. До ликвидации отказов производить какие-либо работы в забое запрещается. Работы по ликвидации отказов должны производиться по указанию руководителя взрывных работ, начальника участка или лица сменного надзора.

Если взрывные работы ведутся мастером-взрывником, то отказы должны быть ликвидированы им немедленно. Если ликвидировать отказы невозможно, то мастер-взрывник обязан поступать так же, как и взрывник. Если в отказах обнаружены детонаторные провода, то они должны быть немедленно замкнуты накоротко.

Каждый отказ после окончания смены должен быть записан в специальный журнал. Ликвидацию отказов в шнурах разрешается производить взрыванием зарядов во вспомогательных шнурах, пробуренных параллельно отказавшим, на расстоянии не ближе 30 см от них. При котловых зарядах это расстояние должно быть не менее 50 см.

Для установления направления отказавших шпуров разрешается вынимать из их устья до 20 см забойки. После взрыва заряда во вспомогательном шпуре взрывник (мастер-взрывник) обязан тщательно осмотреть взорванную породу и собрать обнаруженные ВВ отказавшего заряда. Лишь после этого рабочих допускают к разборке и уборке породы вручную с соблюдением мер предосторожности, пока не будет установлено отсутствие остатков ВМ отказавшего заряда.

Вследствие неустойчивой детонации могут быть неполные взрывы (часть заряда в шпуре остается невзорванной) и выгорание зарядов ВВ. Неполные взрывы по опасности приравнивают к отказам. Выгорание ВВ в шпурах представляет большую опасность, так как может вызвать взрыв метана или угольной пыли. Причины неустойчивой детонации следующие: недостаточная восприимчивость ВВ к детонации, особенно предохранительных; недостаточная мощность детонатора; неустойчивая скорость детонации, обусловленная свойствами ВВ (слеживаемость, повышенная влажность, неравномерная плотность); переуплотнение ВВ в процессе ведения взрывных работ; образование пылевых пробок или воздушных промежутков между патронами в заряде; увлажнение ВВ в мокрых шпурах. Предохранительные ВВ наиболее склонны к снижению устойчивости детонации вследствие уплотнения ВВ взрывами соседних зарядов, к выгоранию и неполным взрывам. Для предупреждения неполных взрывов и выгорания ВВ необходимо применять доброкачественные ВВ и детонаторы, правильно заряжать шпуры и следить за соблюдением минимально допустимых расстояний между зарядами в шахтах, опасных по газу или пыли. В последние годы получили распространение прямые (призматические) и веерные врубы, уменьшающие вероятность сближения зарядов, а следовательно, и случаев переуплотнения и выгорания их.

ГЛАВА VIII

ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ВМ

§ 30. Хранение ВМ

Хранение и учет расходования ВМ должны быть организованы так, чтобы исключалась порча, хищение и обеспечивались удобства и безопасность операций по

приемке и выдаче их. Хранить ВМ разрешается в специальных складах. Взрывчатые материалы по степени опасности при хранении и транспортировании делят на группы: I — ВВ с содержанием нитроэфиров более 15% и нефлегматизированные гексоген и тетрил; II — аммиачно-селитренные ВВ, тротил и его сплавы с нитросоединениями, ВВ с содержанием нитроэфиров до 15%, флегматизированный гексоген и детонирующий шнур; III — пороха; IV — детонаторы и КЗДШ; V — перфораторные заряды и снаряды с установленными в них взрывателями. По назначению склады ВМ разделяют на базисные и расходные; по расположению хранилищ — на поверхностные, полууглубленные (хранилища углублены в землю до карниза), углубленные (толщина грунта над хранилищами до 15 м) и подземные (толщина грунта над которыми более 15 м), а по сроку службы — на постоянные (срок службы более 3 лет), временные (срок службы до 3 лет) и кратковременные (срок службы до 1 года).

На угольных шахтах устраивают постоянные подземные расходные склады.

В шахтах разрешается устройство раздаточных камер для выдачи ВМ взрывникам и приемки возврата от них в конце смены. Камеры располагают в обособленно проветриваемой выработке на расстоянии не менее 25 м от действующих выработок. Вместимость раздаточных камер не более 1000 кг ВВ и соответствующего количества СВ. ВВ и СВ хранят в отдельных помещениях, отгороженных друг от друга кирпичной (бетонной) стеной толщиной не менее 25 см.

Порядок получения ВМ, правила учета и хранения ВМ. Разрешение на право производства взрывных работ с указанием срока действия и свидетельство на право получения ВМ шахте выдают органы Госгортехнадзора СССР. Разрешение на право хранения ВМ в складе выдают управления внутренних дел на основании заявления руководителя предприятия и акта комиссии о приемке склада ВМ. Разрешение на право хранения ВМ в постоянных складах выдают на срок до 3 лет.

ВМ, доставленные в склад, должны быть немедленно помещены в хранилище и оприходованы на основании заводских, транспортных документов или наряда-накладной, составленной по установленной форме. Учет прихода, расхода ВМ и остатка на конец каждого суток на складе ведут в прошнурованной книге установленной

формы. Отпуск ВМ со склада взрывникам для производства взрывных работ производят на основании наряда-путевки, которую подписывают начальник участка (смены) или его помощники, руководитель взрывных работ, а на шахтах, опасных по газу или пыли, также начальник участка вентиляции и техники безопасности или его заместитель.

§ 31. Транспортирование ВМ

Транспортирование ВМ. Перевозить ВМ можно различными видами транспорта с соблюдением инструкции Единых правил безопасности при взрывных работах по транспортированию ВМ. Перевозку ВМ с базисных складов на расходные производят обычно автотранспортом.

Спуск ВМ в шахту разрешается в клетях и бадьях после предварительного оповещения об этом машиниста подъема, рукоятчика, стволового и лица, ответственного за подъем. При спуске или подъеме ВМ по стволу в надшахтном здании и околоствольном дворе допускается присутствие только взрывника, раздатчика, нагружающих и разгружающих ВМ рабочих, рукоятчика, стволового и лица, ответственного за хранение и транспортирование ВМ в шахте. Ящики или мешки с ВМ (кроме I группы) должны занимать не более 2/3 высоты клетки, но не выше двери клетки, а ящики с ВМ I группы ставятся только в один ряд. При спуске ВМ в вагонетках последние должны быть прочно закреплены в клетях, а ящики с ВМ не должны выступать выше бортов вагонетки. Детонаторы спускают отдельно от ВВ и укладывают только в один ряд. Скорость доставки ВМ по стволам, горизонтальным и наклонным выработкам должна быть не выше 5 м/с. Разрешаются спуск и подъем в одной клетке нескольких взрывников и подносчиков с ВМ из расчета не менее 1 м² пола клетки на одного человека. Доставку ВМ по горизонтальным выработкам можно производить как аккумуляторными, так и контактными электровозами в специальных или попутных порожняковых составах.

Взрывчатые материалы I и IV групп можно перевозить в обычных вагонетках, футерованных изнутри деревом, или в закрытых вагонетках с деревянным кузовом, при этом ящики укладывают в один ряд. СВ кон-

тактными электровозами можно перевозить только в вагонетках, закрытых сплошной деревянной крышкой. Остальные ВМ можно перевозить в обычных вагонетках, загруженных до бортов. СВ и ВВ в одном составе должны находиться в разных вагонетках, разделенных между собой порожними вагонетками не менее чем на 3 м. Состав с ВМ должен сопровождать взрывник или раздатчик. Впереди электровоза и сзади состава обязательны световые опознавательные знаки, с которыми должны быть ознакомлены все работающие в шахте. Все лица, занятые на перевозке ВМ, должны быть проинструктированы о правилах их перевозки. Доставку ВМ к месту работы разрешают взрывникам (мастерам-взрывникам), стажерам-взрывникам и проинструктированным рабочим под наблюдением взрывника. Взрывчатые вещества и средства взрывания необходимо переносить в отдельных сумках. При переноске ВВ и СВ взрывник может переносить не более 12 кг ВВ, при переноске только ВВ — до 20 кг, а в заводской упаковке на расстояние до 300 м — до 40 кг.

ГЛАВА IX

ДАВЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

§ 32. Понятие о горном давлении

До проведения горной выработки в нетронутом массиве горных пород отсутствуют какие-либо перемещения их частиц. В то же время породы, расположенные на некоторой глубине от поверхности земли, испытывают воздействие массы толщи вышерасположенных пород. Следовательно, породы находятся в состоянии напряженного равновесия. Вертикальная составляющая напряжения σ_z на глубине H в элементарном кубике с ребром 1 см (рис. 37)

$$\sigma_z = \gamma H,$$

где γ — средневзвешенная плотность толщи пород.

Горизонтальные составляющие напряжений в условиях всестороннего сжатия

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z k,$$

где k — коэффициент бокового распора;

$$k = \mu / (1 - \mu),$$

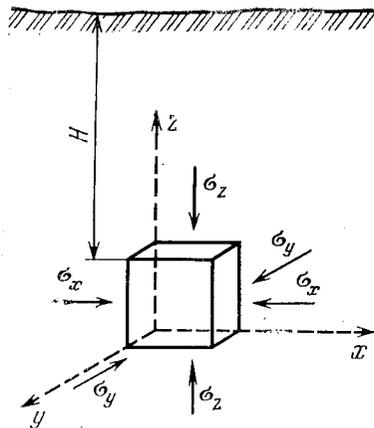


Рис. 37. Схема к определению напряжений в массиве пород

мающие вертикальные напряжения σ_z увеличиваются в 3—5 раз по сравнению с напряжениями до проведения выработки. В кровле при плоском очертании ее и в почве возникают растягивающие напряжения. В глубину массива пород от выработки напряжения уменьшаются и на некотором расстоянии достигают значений напряжений нетронутого массива.

В результате концентрации напряжений горные породы вокруг выработки деформируются, особенно на обнаженных поверхностях (кровля, почва, бока). Если напряжения не превышают предел упругости данной породы, то деформации будут упругими, а обнажения устойчивыми. Такие обнажения бывают в монолитных породах с $f \geq 10$. Устойчивые обнажения не требуют возведения крепи.

Если напряжения превышают предел упругости данной породы, то деформации становятся пластическими, а обнажения неустойчивыми. Для поддержания выработок в этом случае необходимо возводить горную крепь. Устойчивые обнажения с течением времени могут стать неустойчивыми, поэтому в выработках с большим сроком службы, проведенных в породах с устойчивыми обнажениями, также приходится возводить крепь. Крепь препятствует развитию деформаций в породах вокруг выработки, принимая на себя давление горных пород.

Горное давление — это силы (напряжения), возникающие в массиве пород, окружающем горную выработку.

где μ — коэффициент Пуассона, т. е. абсолютная величина отношения поперечной деформации к продольной.

Для большинства пород $\mu \approx 0,2$, тогда $k = 0,25$. Следовательно, $\sigma_x = \sigma_y = 0,25\sigma_z$.

При проведении горной выработки ранее существовавшее равновесие нарушается. В породах, окружающих выработку, происходит перераспределение и изменение напряжений. В боках (стенках) выработки сжи-

мающие вертикальные напряжения σ_z увеличиваются в 3—5 раз по сравнению с напряжениями до проведения выработки. В кровле при плоском очертании ее и в почве возникают растягивающие напряжения. В глубину массива пород от выработки напряжения уменьшаются и на некотором расстоянии достигают значений напряжений нетронутого массива.

В результате концентрации напряжений горные породы вокруг выработки деформируются, особенно на обнаженных поверхностях (кровля, почва, бока). Если напряжения не превышают предел упругости данной породы, то деформации будут упругими, а обнажения устойчивыми. Такие обнажения бывают в монолитных породах с $f \geq 10$. Устойчивые обнажения не требуют возведения крепи.

Если напряжения превышают предел упругости данной породы, то деформации становятся пластическими, а обнажения неустойчивыми. Для поддержания выработок в этом случае необходимо возводить горную крепь. Крепь препятствует развитию деформаций в породах вокруг выработки, принимая на себя давление горных пород.

Горное давление — это силы (напряжения), возникающие в массиве пород, окружающем горную выработку.

Горное давление вызывается в основном массой горных пород над выработкой, а также тектоническими силами и температурными изменениями. Проявляется горное давление в виде прогиба, растрескивания, различного рода сдвижений, деформаций и разрушений пород (угля) вокруг выработки, нагрузки на крепь, целики и массив угля, прилегающие к выработке. Различают горное давление первичное, установившееся, неустановившееся, вертикальное и боковое. Первичное давление вызвано перераспределением напряжений в массиве горных пород при проведении выработок. Установившееся давление не изменяется с течением времени. Неустановившееся давление изменяется с течением времени вследствие ведения горных работ, ползучести пород и других причин. Горное давление зависит от глубины разработки, структуры и физико-механических свойств горных пород, мощности и угла падения пластов угля, формы и размеров поперечного сечения, расположения выработок, способа, скорости проведения их, а также механической характеристики крепи.

На величину проявления горного давления в подготовительных выработках оказывают влияние ведение очистных работ и сближенность пластов угля. При приближении забоя лавы давление на участках выработки впереди ее возрастает, а позади на некотором расстоянии оно достигает максимума.

При наличии сближенных пластов и отработке одного из них напряжения в породах второго пласта изменяются. Над и под выработанным пространством отработанного пласта напряжения уменьшаются, а у оставленных при разработке целиков угля и вблизи границ выработанного пространства — возрастают (опорное горное давление). С увеличением глубины разработки возрастают напряжения в породах и интенсивность смещения их, что приводит к значительным деформациям пород и разрушениям крепи.

§ 33. Определение величины горного давления в выработках

Горное давление в горизонтальных выработках. Существует несколько гипотез действия горного давления на крепь выработок. Одной из них является гипотеза свода обрушения проф. М. М. Протодяконова. По этой гипотезе в породах над горизонтальной выработкой об-

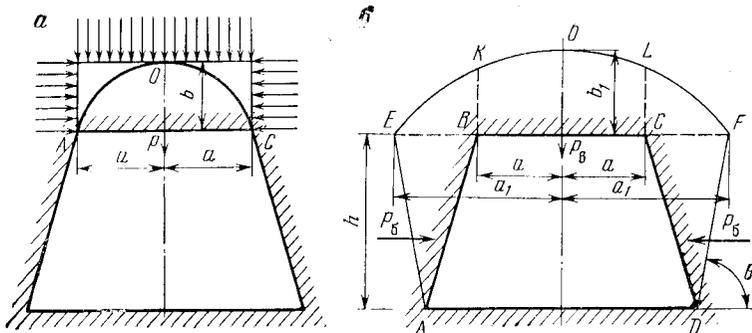


Рис. 38. Схемы к определению горного давления на горизонтальную выработку

разуется свод естественного равновесия в форме параболы, который воспринимает давление вышележащих пород, на крепь же оказывает влияние лишь порода, заключенная внутри свода (рис. 38,а). Высота свода определяется по формуле

$$b = a/f,$$

где a — половина ширины выработки в проходке, м; f — коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова.

Для выработок со сроком службы более одного года М. М. Протодьяконов рекомендовал высоту свода определять по формуле

$$b = 2a/f.$$

Величина вертикального горного давления равна массе породы, заключенной в своде, и определяется по формулам:

на 1 м длины выработки

$$P_v = \frac{4}{3} \frac{a^2 \gamma_k}{f}; \quad (8)$$

на одну крепежную раму

$$P'_v = \frac{4}{3} \frac{a^2 \gamma_k l}{f},$$

где γ_k — плотность пород кровли, т/м³; l — расстояние между крепежными рамами, м.

При сроке службы выработки более одного года давление на 1 м длины выработки

$$P_v = \frac{8}{3} \frac{a^2 \gamma_k}{f}; \quad (9)$$

на одну крепежную раму

$$P'_v = \frac{8}{3} \frac{a^2 \gamma_k l}{f}.$$

Если в стенках выработки породы недостаточно устойчивые ($f \leq 4$), то горная крепь будет испытывать давление и со стороны боков (P_6). Боковое горное давление определяется как давление сползающей призмы ABE или DCF (рис. 38,б), нагруженной сверху породой призмы BKE (CLF). При этом пролет и высота свода обрушения увеличиваются. Полу пролет свода обрушения

$$a_1 = a + h \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_6}{2}.$$

Высота свода обрушения

$$b_1 = \frac{a + h \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_6}{2}}{\operatorname{tg} \varphi_k},$$

где h — высота выработки в проходке, м; φ_6 — угол внутреннего трения пород в боках выработки, градус; φ_k — угол внутреннего трения пород кровли, градус.

Величина вертикального горного давления на 1 м выработки

$$P_v = \gamma_k a b_1.$$

Величина бокового горного давления на 1 м выработки

$$P_6 = \frac{h \gamma_6}{2} (2b_1 + h) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_6}{2},$$

где γ_6 — плотность пород в боках выработки, т/м³.

Горное давление в наклонных выработках. Над наклонной выработкой, как и над горизонтальной, образуется свод естественного равновесия. На крепь будут давить породы, заключенные в своде, но с учетом угла наклона выработки. Величина вертикального горного давления P раскладывается на две составляющие: 1) нормальную N , перпендикулярную к оси выработки, и 2) тангенциальную T , направленную параллельно оси выработки (рис. 39). Величина вертикального горного давления P определяется так же, как и для горизонтальной выработки по формулам (8) и (9), а величина составляющих

$$N = P \cos \alpha; \quad T = P \sin \alpha,$$

где α — угол наклона выработки, градус.

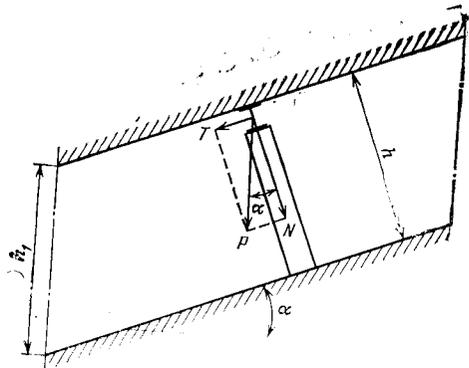


Рис. 39. Схема к определению горного давления в наклонной выработке

Крепежные рамы в наклонных выработках устанавливают в плоскости, перпендикулярной к оси выработки. Поэтому при расчете крепи основной расчетной величиной является нормальная составляющая N . Тангенциальная составляющая T стремится сдвинуть крепь вниз, поэтому она используется для расчета элементов межрамных связей (распорок, стяжек). При углах наклона выработок $0-45^\circ$ в расчетах принимается действительный угол, при углах $45-75^\circ$ — угол 45° . Тогда $N = P \cos 45^\circ = 0,7P$.

При углах наклона более 75° давление рекомендуется определять, как для вертикальных выработок.

Боковое давление в наклонных выработках.

$$P_6 = \frac{h_1 \gamma_6}{2} (2b_1 + h_1) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_6}{2},$$

где $h_1 = h / \cos \alpha$ — вертикальная высота выработки, м.

Горное давление в вертикальных выработках. Существует несколько гипотез, объясняющих горное давление на крепь вертикальных выработок. По гипотезам М. М. Протодяконова и П. М. Цимбаревича в сыпучих или условно сыпучих породах (трещиноватых с малым сцеплением) давление на крепь может быть определено согласно теории давления грунта на подпорную стенку высотой, равной глубине ствола.

При натуральных наблюдениях в стволах и на моделях выявлено, что с некоторой глубины давление на крепь мало меняется с глубиной, а больше зависит от свойств пород и размеров площади сечения ствола, т. е. вокруг ствола образуется ограниченная кольцевая зона, которая и определяет нагрузку на крепь.

На основании натуральных наблюдений ВНИМИ предложено нагрузку на крепь ствола в коренных породах средней устойчивости и неустойчивых определять по формуле

$$p = n n_y n_n p^u [1 + 0,1(R - 3)],$$

где n — коэффициент перегрузки; n_y — коэффициент условий работы крепи; n_n — коэффициент неравномерности распределения нагрузки по периметру крепи; $p^u = (5 \div 23) \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ — нормативная нагрузка; R — радиус ствола в свету, м.

Рекомендовано принимать: при бетонной, тубинговой и блочной крепях $n = 1,5$ и $n_y = 0,67$; для набрызгобетонной крепи $n = 1,25$ и $n_y = 0,5$. Величина n_n принимается при последовательной и параллельной схемах проходки ствола равной $2-2,75$, а при совмещенной $1,75-2,25$ в зависимости от угла падения пород ($0-30^\circ$).

ГЛАВА X

КРЕПЕЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

§ 34. Классификация крепежных материалов

Крепежные материалы — материалы, применяемые для изготовления крепи горных выработок. По назначению они классифицируются на основные, используемые для несущих конструкций крепи (дерево, металл, бетон, железобетон, камень, стеклопластик), вяжущие, идущие на приготовление растворов, бетонов и стеклопластиков (цемент, смола), и вспомогательные (водоизоляционные материалы, химические реагенты, изделия из стали).

Крепежные материалы должны удовлетворять следующим основным требованиям: обладать высокой прочностью, быть устойчивыми против коррозии и гниения, иметь невысокую стоимость, не быть дефицитными и огнеопасными, противостоять воздействию подземных вод и шахтной атмосферы.

Выбирают крепежные материалы в зависимости от величины горного давления и ожидаемых смещений пород, конструкции и условий работы крепи, назначения и сро-

ка службы выработки. Выбор рационального материала крепи для конкретных условий — важная не только техническая, но и экономическая задача. Ведь в СССР ежегодно только на угольных шахтах проводится около 6500 км горных выработок, из них 95% подготовительных выработок, на крепление и поддержание которых расходуется около 5 млн. м³ леса, 1 млн. т металла, 250 тыс. м³ бетона и железобетона.

§ 35. Дерево как крепежный материал

Для крепления горных выработок используют преимущественно хвойные породы дерева (сосна, ель, лиственница). В зависимости от формы, размеров и характера обработки поверхности применяют два сорта леса: круглый (бревна, подтоварник, стойки) и пиленый (пластины, распилы, брусья, доски, обаполы).

Бревна — отрезки ствола дерева длиной от 5 до 9 м и диаметром более 12 см; подтоварник — ствол длиной от 3 до 9 м и диаметром от 8 до 11 см; стойки — ствол длиной от 0,5 до 5 м и диаметром от 7 до 34 см. Диаметр круглого леса принимают в верхнем торце.

Пластины (распилы) — две части бревна (стойки), полученные при распиливании по продольной оси (рис. 40,а).

Брусья — бревна, опиленные с четырех сторон, прямоугольного или квадратного поперечного сечения (рис. 40,б).

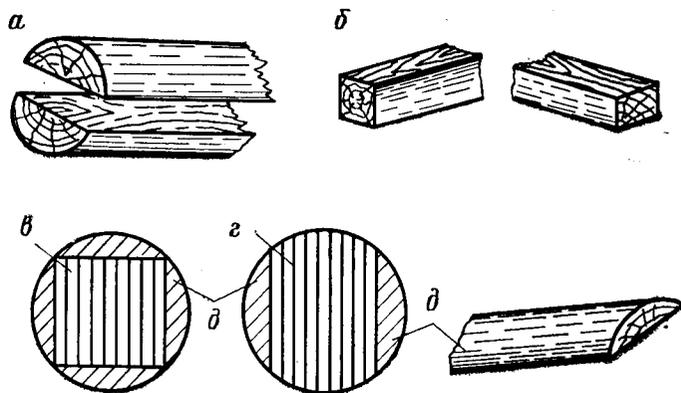


Рис. 40. Сорта пиленого леса

Доски получают путем распиловки брусьев или бревен, бывают обрезные (рис. 40,в) и необрезные (рис. 40,г).

Обаполы (горбыли) — крайние части бревна, распиленного на брусья или доски (рис. 40,д).

Лес применяют для крепления горных выработок из-за его достоинств: стойкость к агрессивным водам, небольшая плотность (0,6—0,8 т/м³) и сравнительно небольшая стоимость, однако он недолговечен из-за гниения, огнеопасен и характеризуется сравнительно небольшой прочностью. Применяют лес обычно при сроке службы выработки до 2—3 лет. Увеличить этот срок можно путем консервирования леса (пропитка антисептиками), применением сухого здорового леса, интенсивного проветривания выработок и др.

§ 36. Металл как крепежный материал

Горную крепь изготовляют из черных металлов — стали и чугуна. Сталь в основном применяют в виде различных прокатных профилей (двутавры, швеллеры, рельсы, специальные профили СВП) для изготовления несущих конструкций — рам, арок, колец. Чугунное и стальное литье главным образом идет для изготовления тьюбингов. Для изготовления хомутов, анкерной крепи и арматуры железобетонной крепи применяют горячекатаную гладкого или периодического профиля сталь и проволоку. Для соединения элементов и деталей конструкций крепи и армировки используют готовые металлические изделия (метизы) — болты, винты, гвозди, скобы и др.

Для горной крепи в основном (около 90%) применяют специальный взаимозаменяемый профиль (рис. 41,а), изготовляемый шести типоразмеров: СВП-14, СВП-17, СВП-19, СВП-22, СВП-27, СВП-33, где цифра обозначает массу 1 м (кг).

В ЧССР и ВНР для изготовления крепи выпускаются колоколообразные взаимозаменяемые профили проката десяти типоразмеров массой 10—36 кг/м, а в Великобритании, Франции и ФРГ — семи типоразмеров — от 13 до 44 кг/м.

Широкое применение профиля СВП объясняется экономичностью сечения в отношении расхода металла, почти одинаковыми моментами сопротивления относительно главных осей инерции, что исключает скручивание и придает устойчивость элементам крепи. На шахтах

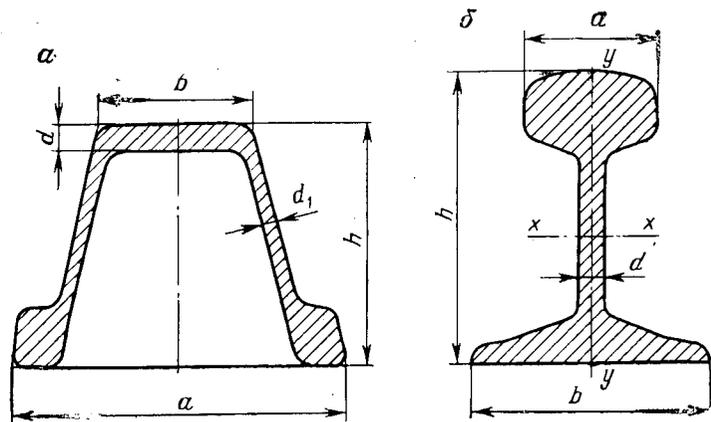


Рис. 41. Поперечные сечения проката

применяют рудничные рельсы Р18, Р24, Р33, Р38 (рис. 41,б), где цифра обозначает массу 1 м (кг).

Металл является одним из самых современных крепежных материалов. Его достоинства: высокая прочность на растяжение и сжатие, долговечность, возможность многократного использования, огнестойкость, хорошо поддается обработке (резке, гнутью, сверлению и т. д.).

Недостатки металла: большая масса, дефицитность, высокая стоимость, подверженность коррозии (в среднем от коррозии погибает в год 10—12% металла), особенно

Таблица 5

Прокат	Масса 1 м, кг	Размеры сечения, мм				
		h	a	b	d	d ₁
Спецпрофиль СВП						
СВП-14	14,7	88	121	55	7,8	5,6
СВП-17	17,1	94	131,5	60	8,5	6
СВП-19	19,2	102	136	60	9,5	6,2
СВП-22	21,9	110	145,5	60	11	6,4
СВП-27	27,0	123	149,5	59,5	13	7,4
СВП-33	35,4	137	166	66	14,5	8,2
Рудничные рельсы						
Р18	18,06	90	40	80	10	—
Р24	24,14	107	51	92	10,5	—
Р33	33,48	128	60	110	12	—
Р38	38,42	135	68	114	13	—

в подземных условиях. Для защиты металла от коррозии в шахтах применяют краски, лаки, эмали и др. Срок службы металла как крепежного материала составляет не менее 10—15 лет.

Характеристика спецпрофилей СВП и рудничных рельсов приведена в табл. 5.

§ 37. Вяжущие вещества и растворы

Вяжущими веществами называют тонко измельченные естественные или искусственные материалы, которые при смешивании их с водой образуют пластическую массу, постепенно превращаются в твердое тело. Вяжущие вещества разделяются на воздушные, затвердевающие только на воздухе, и гидравлические, затвердевающие как на воздухе, так и в воде. Для горной крепи применяют только гидравлические вяжущие вещества и чаще всего портландцемент (силикатный цемент).

Качество цемента оценивается его маркой, которая соответствует пределу прочности в мегапаскалях (МПа), умноженному на 10, при сжатии образцов балочек размером 40×40×160 мм. Балочки изготавливаются за 28 сут до испытания из смеси, состоящей из одной части цемента (по массе), трех частей песка и не менее 0,4 части воды. Для шахт применяют цементы марок 300, 400, 500 и 600.

Под действием агрессивных шахтных вод портландцемент способен разрушаться. В этих случаях применяют специальные цементы: глиноземистый, пуццолановый, шлаковый, сульфатостойкий и др. Кроме того, чтобы снизить усадку или образование микротрещин, применяют безусадочные цементы.

Растворы представляют собой смесь цемента, песка и воды. В пластичном состоянии их применяют при каменной кладке, торкретировании стенок выработок, тампонировании пустот за крепью, закреплении анкеров и др. Для горной крепи применяют растворы марок 50, 75 и 100. Приготавливают растворы вручную или в растворомешалках (в зависимости от его количества).

Кроме цементных растворов могут быть и полимерные растворы. Они состоят из вяжущего вещества (карбамидные, фурфурольные, эпоксидные, полиэфирные смолы), отвердителя (растворы соляной или щавелевой кислоты), растворителя, наполнителя, замедлителя и пластификатора. Полимерные растворы применяют для упрочнения песков и трещиноватых пород.

§ 38. Бетон и железобетон

Бетон — искусственный каменный материал, полученный при твердении смеси цемента, воды и заполнителей (песка, щебня или гравия).

Состав бетонной смеси обозначают как отношение $1 : П : Ш$, где 1 — одна часть цемента; П — число частей песка; Ш — число частей щебня или гравия (по массе). Для горной крепи чаще всего применяют составы 1 : 2 : 3, 1 : 3 : 5; 1 : 4 : 6. Составные части бетонной смеси тщательно перемешивают с добавлением воды в бетономешалках.

В зависимости от содержания цемента в 1 м^3 бетонной смеси различают бетоны жирные (более 250 кг), средние (200—250 кг) и тощие (до 200 кг), а в зависимости от содержания воды в 1 м^3 бетонной смеси — жесткие (130—170 л), пластичные (170—230 л) и литые (более 230 л). По плотности различают бетоны тяжелые (плотность 1800 кг/м^3 и выше) и легкие (плотность до 1800 кг/м^3).

Для крепления горных выработок применяют жирные, жесткие и тяжелые бетоны, обеспечивающие высокую прочность и водонепроницаемость крепи.

Прочность бетона определяется его маркой, которая соответствует пределу прочности на сжатие в мегапаскалях, умноженное на 10, 3—5 бетонных кубиков со стороной 20 см в возрасте 28 сут, твердеющих при температуре $15\text{—}20^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90—100 %.

При возведении монолитных бетонных и железобетонных крепей в горных выработках применяют бетон марок 100, 150, 200. Для изготовления сборных железобетонных крепей применяют бетон марок 300, 400 и выше плотностью 2,1—2,3 т/м^3 .

Достоинства бетона как крепежного материала: высокая прочность при работе на сжатие, монолитность, долговечность, огнестойкость. Однако бетону свойственны и недостатки: большая плотность, незначительное сопротивление изгибающим и растягивающим нагрузкам (в 7—12 раз меньше, чем при сжатии).

В горном деле применяют также специальные бетоны: торкрет-бетон и набрызгбетон (пневмобетон).

Торкрет-бетон — это мелкозернистый бетон, состоящий из цемента марки 400, 500 (до 750 кг на 1 м^3

смеси), песчано-гравийного заполнителя с крупностью зерен до 5 мм и воды.

Набрызгбетон в отличие от торкрет-бетона содержит более крупный заполнитель (до 25 мм), а содержание цемента на 1 м^3 смеси составляет 350—400 кг.

Железобетон — это бетон, армированный стальной арматурой. В железобетоне хорошо используются свойства обоих материалов: бетон в основном работает на сжатие, а стальная арматура — на растяжение. Железобетон может быть монолитным и сборным (из готовых элементов).

Для улучшения совместной работы бетона и арматуры в сборных конструкциях широко применяют элементы с предварительно напряженной арматурой (струобетон).

§ 39. Искусственные камни

К искусственным камням, применяемым в качестве крепежного материала, относят кирпич, бетониты и бетонные блоки.

Кирпич получают из глины путем формовки с последующим обжигом в печах. Размеры стандартного кирпича $250 \times 120 \times 65 \text{ мм}$. Для крепления горных выработок применяют кирпич марок 150 и 175 плотностью $1600\text{—}1900 \text{ кг/м}^3$.

Бетониты (бетонные камни) изготавливают из обычного бетона или шлакобетона массой до 40 кг с размерами в длину от 300 до 500 мм, в ширину и высоту от 150 до 200 мм. Марка бетонитов должна быть не ниже 150.

Бетонные блоки — это бетониты больших размеров и массой 200—300 кг и более.

Существенным недостатком применения кирпича и бетонитов в качестве крепежных материалов является возведение их вручную, в связи с чем в подземных условиях их применяют довольно редко.

§ 40. Новые крепежные материалы

В СССР ведутся работы по созданию и использованию новых крепежных материалов. К ним относят пластбетон, углепласт, стеклопластики, химические составы на

основе синтетических смол для закрепления анкеров в шпурах (скважинах) и упрочнения горных пород.

Пластбетон — бесцементный и безводный каменный материал, состоящий из вяжущего вещества, песка и щебня. В качестве вяжущего вещества используют синтетические смолы (фурфурол-ацетоновую, эпоксидную, мочевино-формальдегидную и др.) и специальные химические добавки (сульфобензойная кислота, полиэтилен, полиамин и др.). Такой бетон характеризуется высокой прочностью при сжатии (40—70 МПа), химической стойкостью против агрессивных вод и высокой водонепроницаемостью.

Углепласт — крепежный материал из угольной пластмассы, получаемый горячим прессованием измельченного каменного угля (до 13 мм), смешанного с древесными опилками, с добавкой фенолформальдегидной смолы (20% от массы угля и опилок) или холодным отверждением в присутствии сульфобензойной кислоты. Прочность на сжатие углепласта 40—70 МПа. Из углепласта изготавливают кольца и тубинги, которые используют в Кузбассе для крепления восстающих выработок (печей) диаметром 1,3 м.

Стеклопластики — отвержденные синтетические смолы, армированные стекловолокном в виде стеклотканей, жгутов, холста или стеклоткани. В качестве вяжущего вещества в стеклопластике применяют полиэфирные, фенольные, эпоксидные и другие полимерные смолы, сырьем для которых являются природные или нефтяные газы и продукты перегонки нефти.

Стеклопластики обладают большой прочностью, не подвержены коррозии и гниению, долговечны и негигроскопичны, огнестойки и легче любых крепежных материалов. Учитывая положительные качества стеклопластиков, в СССР ведутся работы по созданию из этих материалов крепи для шахт. Элементы крепи (стойки, верхняки, затяжки) изготавливают из стеклопластика прессованием или методом литья. Недостаток этих материалов — высокая стоимость.

Для закрепления анкеров разработаны и применяются химические составы на основе полиэфирных, фенольных и формальдегидных смол, а для закрепления мелкозернистых обводненных песков при проведении штреков на шахтах объединения «Тулауголь» применяют химические растворы на основе мочевино-формальдегидных смол.

КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

§ 41. Требования к горной крепи и ее классификация

Горная крепь — искусственные сооружения, возводимые в горных выработках для предотвращения обрушения и пучения окружающих пород, сохранения необходимых размеров и рабочего состояния выработок.

Крепь горных выработок должна удовлетворять следующим основным техническим и экономическим требованиям:

быть достаточно прочной, надежной и долговечной в работе (поддерживать выработку в рабочем и безопасном состоянии в течение всего срока службы), не угрожать выработке;

по площади должна занимать в выработке как можно меньше места, не мешать выполнению производственных процессов, оказывать минимальное сопротивление движению воздуха;

обеспечивать возможность механизации возведения крепи и изготовления ее элементов;

быть транспортабельной, нетрудоемкой при возведении и ремонте, предусматривать возможность ее максимального извлечения из погашаемых выработок и дальнейшего повторного использования;

конструкция и материал должны соответствовать сроку службы выработки, а сумма материальных и трудовых затрат на изготовление, возведение, эксплуатацию и ремонт в течение срока службы выработки должны быть минимальными.

В отдельных случаях крепь должна быть огнестойкой, морозостойкой, водо- или газонепроницаемой, сейсмостойкой.

Всем этим требованиям одновременно не удовлетворяет ни одна конструкция горной крепи, поэтому при выборе ее необходимо учитывать конкретные горно-геологические условия.

Горную крепь классифицируют по следующим признакам:

по расположению выработок в пространстве — на крепь горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок;

по роду выработок — на крепь капитальных, подготовительных и очистных выработок;

по основному материалу — на деревянную, металлическую, каменную, бетонную, железобетонную и смешанную;

по сроку службы — на временную и постоянную;

по конструкции — на рамную, сплошную, штанговую и комбинированную;

по типу или характеру взаимодействия с боковыми породами — на жесткую, шарнирную, подагливую;

по форме поперечного сечения выработок — на прямоугольную, трапециевидную, полигональную, сводчатую, арочную, кольцевую, эллиптическую и др.;

по местоположению на трассе выработки — на крепь протяженных участков, выходов на поверхность (устьев стволов и штолен), сопряжений и пересечений;

по условиям работы — на обычную и специальную.

§ 42. Деревянные крепи

Основной конструкцией деревянной крепи является неполная крепёжная рама (рис. 42, а, в, г), состоящая из трех элементов: верхняка 1 и двух стоек 2. Реже применяют полные крепёжные рамы (рис. 42, б), когда в них добавляют четвертый элемент — лежень 3.

Неполные крепёжные рамы применяют в породах с $f=3\div 9$, а полные — с $f=1\div 2$ и пучащих породах почвы.

Крепёжные рамы трапециевидной формы с горизонтальным верхняком и углом наклона стоек в раме $80-85^\circ$ применяют при любом угле залегания пласта. Несимметричной формы крепёжные рамы применяют в штреках, чтобы не нарушать сплошности пород кровли: при залегании пласта до 12° (реже до 25°) рамы устанавливают с наклонным верхняком по кровле пласта (рис. 42, в), при крутом (более 55°) залегании — с горизонтальным верхняком и наклоном одной стойки по кровле пласта (рис. 42, г). Применяют также рамы прямоугольной формы (в печах, просеках и др.).

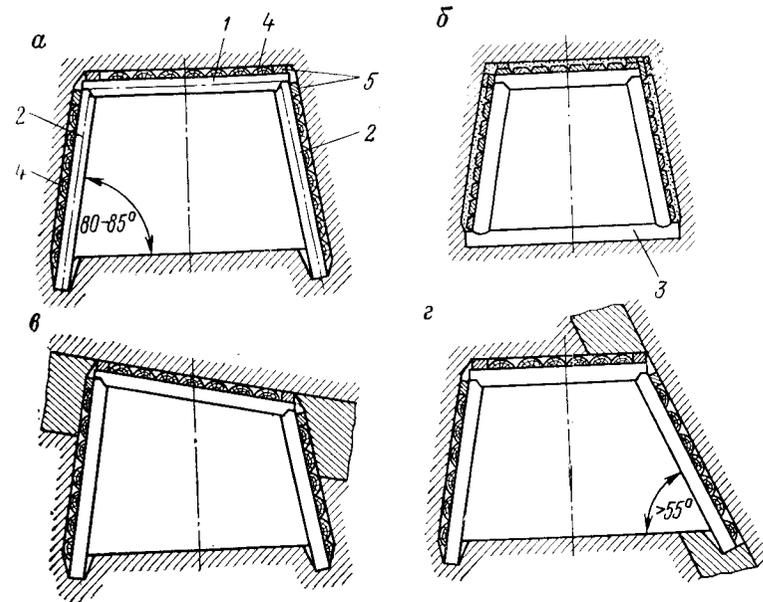


Рис. 42. Деревянные крепёжные рамы:
а, в, г — неполные; б — полные

Элементы рам изготавливают из круглого леса диаметром 16—34 см. В зависимости от крепости пород и ширины выработки крепёжные рамы устанавливают вплотную одна к другой (сплошная рамная крепь) или на расстоянии 0,5—1,2 м одна от другой (крепь вразбежку). В последнем случае кровлю и бока выработки затягивают обаполами или досками 4 (см. рис. 41, а).

Под шагом установки крепи понимают расстояние между рамами.

Соединение элементов крепи между собой называют замком. В зависимости от величины и направления горного давления применяют различные типы замков: в лапу, в паз, в зуб и др. (рис. 43).

Наиболее распространенным типом замка является соединение в лапу, так как оно позволяет воспринимать горное давление как со стороны пород кровли, так и со стороны боков выработки.

Крепёжные рамы являются жесткой крепью. Для придания им вертикальной податливости нижние концы стоек заостряют по форме конуса или клина (рис. 43, ж, з).

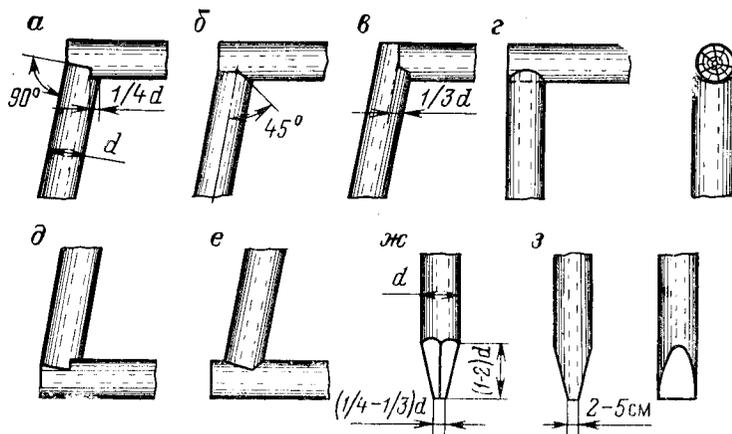


Рис. 43. Соединения элементов крепи и узлы податливости деревянных рам:

a, б, в — стоек и верхняков в лапу, *г* — в паз; *д* — стоек и лежней в лапу; *е* — в зуб; *ж* — заострение стоек на конус; *з* — в виде клина

з). Под действием горного давления заостренные концы стоек сминаются и рама оседает, не разрушаясь. Этой податливости (10—15 см) недостаточно для крепи, расположенной в зоне очистных работ. Она не предохраняет ее от поломки. Для предотвращения смещения нижних концов стоек внутрь выработки их устанавливают в лунки глубиной 15—25 см (в зависимости от крепости пород). В горизонтальных выработках крепежные рамы необходимо устанавливать в плоскости, перпендикулярной к продольной оси выработки.

Возведение неполной крепежной рамы начинают с установки стоек в лунки. Стойки удерживают обаполами, прибиваемыми к ранее установленным рамам. На стойки укладывают верхняк. В зазор между рамой и боками выработки (у замков) забивают клинья 5 (см. рис. 42, *a*), а обапола снимают. Для обеспечения продольной устойчивости крепи между соседними рамами против замков устанавливают распорки. После этого производят затяжку сначала кровли, а затем боков выработки в направлении снизу вверх. Концы затяжек соединяют на раме внахлестку. Пространство между затяжками и боками выработки засыпают (забучивают) мелкой породой. При возведении полной крепежной рамы вначале укладывают лежень, а на него устанавливают стойки и укладывают верхняк. Остальное делают

так, как и при возведении неполной крепежной рамы.

Целью расчета деревянной крепи является определение прочных размеров верхняков, стоек и затяжек. Так как стойки по расчету получаются меньше диаметра верхняка, по конструктивным соображениям (обеспечение плотности и прочности замка) их принимают такого же диаметра, что и верхняк.

Диаметр верхняка

$$d = 1,61a \sqrt[3]{10\gamma l / (f\sigma_n)}, \quad (10)$$

где a — половина ширины выработки в проходке по кровле, см;

γ — плотность пород кровли, кг/см³; l — расстояние между осями рам, см; f — коэффициент крепости пород кровли по шкале проф. М. М. Протождьяконова; σ_n — допустимое напряжение на изгиб, Н/см².

Толщина деревянной затяжки (см)

$$c = kl \sqrt{10\gamma a / (f\sigma_n)},$$

где $k=0,87$ — коэффициент, принимаемый для затяжек из досок; $k=1,3$ — то же, для затяжек из обаполов.

Остальные обозначения такие же, как в формуле (10). После расчета окончательно принимаются элементы деревянной крепи из стандартного леса и согласовываются с типовыми сечениями горизонтальных и наклонных горных выработок, закрепленных деревянной крепью, при откатке в вагонетках вместимостью 1—4 м³, разработанных Центрогипрошахтом.

В СССР около 16% протяженности поддерживаемых подготовительных выработок закреплено деревянной крепью, что объясняется легкостью обработки элементов и доставки их в выработку, а также простотой возведения и ремонта крепи. Вместе с тем деревянные крепи недолговечны, опасны в пожарном отношении, имеют недостаточную податливость.

Первоначальные затраты на крепление 1 м выработки деревянной крепью в 1,5—2,5 раза ниже, чем металлической крепью, но стоимость поддержания выработок, закрепленных деревянной крепью, в 2—3 раза выше, чем стоимость поддержания выработок, закрепленных металлической крепью.

Учитывая достоинства и недостатки деревянной крепи, ее целесообразно применять в выработках со сроком службы до 2—3 лет при умеренном горном давлении.

§ 43. Металлические крепи

На угольных шахтах СССР более 60% капитальных и подготовительных выработок закреплено металлическими рамными крепями. Применяют следующие основные конструкции металлических крепей: трапецевидные, арочные и кольцевые жесткие крепи из двутавровых балок № 14—20 (номер означает высоту балки в сантиметрах), арочные и кольцевые податливые крепи из спецпрофиля СВП.

Жесткие крепи применяют в выработках с длительным сроком службы и в условиях установившегося горного давления.

Наибольшее распространение (около 90%) от всех металлических крепей получили податливые крепи из СВП, которые бывают трех-, четырех- и пятизвенные.

Арочная податливая трехзвенная крепь АП-3 (рис. 44,а) состоит из отдельных арок, каждая из которых имеет три основных элемента (звена): верхняк 1 и две стойки 2, соединенные между собой четырьмя скобами 3 с планками 4 и гайками 5. Концы верхняка телескопически входят в стойки. Благодаря такому соединению, обеспечивается податливость арки за счет скольжения верхняка относительно стоек. Величина вертикальной податливости арки достигает 300 мм и зависит от степени затягивания гаек на скобах. При затягивании гаек до отказа крепь работает как жесткая.

Первоначальная величина нахлестки составляет 400 мм. Скобы устанавливают на расстоянии 100 мм от концов соединения, расстояние между скобами 200 мм. Для предотвращения вдавливания в почву внутрь нижнего конца стоек вваривают отрезки спецпрофиля, а при слабых породах в почве для этой же цели применяют стальные башмаки, опирающиеся на прогоны. Устанавливают арки через 0,5—1,25 м. Вдоль выработки арки соединяют между собой тремя межрамными стяжками 6: одной верхней и двумя боковыми из полосовой стали или из равнобоких уголков, боковин спецпрофиля. Стяжки прикрепляют к арке скобами. Для этих арок применяют спецпрофиль открытой частью к породе.

Арочная податливая трехзвенная крепь АКП-3 по конструкции аналогична крепи АП-3, но отличается от последней расположением спецпрофиля (открытой частью к выработке), меньшей на 100 мм

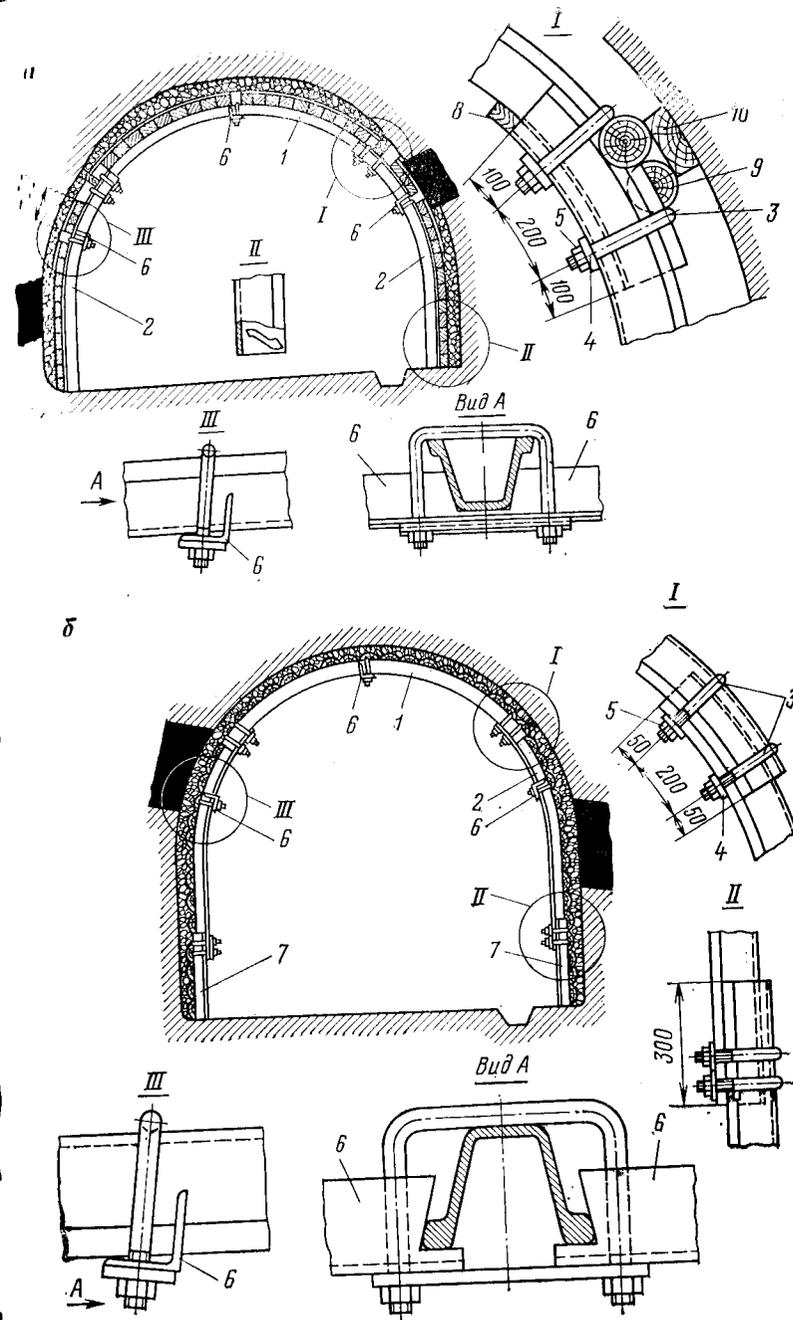


Рис. 44. Арочные податливые крепи из спецпрофиля СВП

величиной нахлестки в замках соединений и формой скоб, облегчающих спецпрофиль по контуру.

Крепи АП-3 и АКП-3 предназначены для крепления горизонтальных и наклонных (до 30°) одно- и двухпутных выработок, находящихся как в зоне с установившимся горным давлением, так и в зоне влияния очистных работ на пластах мощностью до 1 м, углах залегания до 25° в породах с $f=2\div 9$ и осадкой кровли до 300 мм.

Арочная податливая пятизвенная крепь АКП-5 (рис. 44,б) предназначена для крепления выработок в зоне влияния очистных работ (откаточных и вентиляционных штреков) на пластах мощностью более 1 м, углах залегания до 25°, в породах с $f=2\div 9$ и осадкой кровли более 300 мм.

Арка состоит из верхняка 1 и двух составных стоек, скрепленных внахлестку скобами. Применение дополнительных стоек 7 обеспечивает податливость крепи 500, 700 и 1000 мм.

Возведение трех- и пятизвенной арочной податливой крепи начинают с установки стоек, которые двумя боковыми стяжками соединяют с ранее установленной аркой. На стойки укладывают верхняк, чтобы нахлестка равнялась 300 и 400 мм, и соединяют их двумя парами скоб, предварительно заложив в замках между днищами стойки и верхняка деревянные прокладки 8. Гайки на скобах затягивают гаечным ключом с рукояткой 0,45 м до видимого изгиба планок. После установки арки ее расклинивают в замках на деревянных распорках 9 клином 10, затягивают кровлю и бока выработки железобетонными, металлическими, стеклопластиковыми или деревянными затяжками, а пустоты за затяжками заполняют мелкой породой.

Тип спецпрофиля выбирают в зависимости от площади сечения выработки в свету после осадки: СВП-14 и СВП-17 — до 7 м², СВП-19 и СВП-22 — от 7 до 10 м² и СВП-27 и СВП-33 — свыше 10 м².

Для расчета плотности крепи или расстояния между арками при составлении паспортов проведения и крепления выработок рекомендуется принимать несущую способность (сопротивление) одной арки в зависимости от типа спецпрофиля и режима работы арки (табл. 6).

Указанные несущие способности арок относят к крепи штреков, расположенных на пологих пластах: в штреках, расположенных на наклонных пластах, ука-

Таблица 6

Режим работы	Несущая способность (сопротивление) арки (кН) из спецпрофиля					
	СВП-14	СВП-17	СВП-19	СВП-22	СВП-27	СВП-33
В податливом режиме	110— 130	140— 150	160— 170	180— 190	200— 220	230—250
В жестком режиме (после истощения податливости)	230— 240	250— 260	270— 280	290— 300	310— 350	360—400

занную несущую способность арок уменьшают на 18—20% из-за несимметричного давления горных пород.

Упрощенный расчет арочной металлической податливой крепи сводится к определению максимального расстояния между арками

$$l_{\max} = Pf / (40a^2\gamma), \quad (11)$$

где P — несущая способность (сопротивление) арки (принимается по табл. 6), кН; f — коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодяконова; a — половина ширины выработки в проходке, м; γ — плотность горных пород, т/м³.

Кольцевая податливая четырехзвенная крепь КП предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 45°) горных выработок при наличии значительного всестороннего горного давления или пучащих пород в почве при неустановившемся горном давлении.

Крепь из спецпрофиля СВП представляет собой кольца, состоящие из четырех элементов (сегментов). Замковые соединения аналогичны арочной податливой крепи. Кольца между собой скрепляют 3—4 стяжками. Промежутки между рамами сверху и с боков затягивают железобетонными, металлическими решетчатыми или деревянными затяжками. Возведение крепи начинают с установки на почве нижнего сегмента, затем боковых и последним — верхнего.

Разработаны и осваиваются промышленностью новые конструкции крепей с болтовыми и кулачковыми замками податливости.

К достоинствам металлической податливой крепи из профиля СВП относят: все элементы крепи изготовляют из одного профиля, наличие конструктивной податливости, легкость возведения, возможность извлечения и по-

вторного использования после рихтовки деформированных элементов крепи в холодном состоянии.

Недостатки крепи: несовершенная конструкция замка, большое число деталей (более 30), высокая стоимость.

Металлическую крепь применяют для крепления капитальных и подготовительных выработок со сроком службы 3—15 лет. Применяют также и в выработках со сроком службы до трех лет, но при условии обязательного извлечения крепи (при погашении выработки) и повторного использования ее. По нормативам Минуглепрома СССР должно извлекаться не менее 70—85% крепи погашаемых выработок и повторно использоваться.

Применение металлической крепи в больших объемах позволило значительно улучшить безопасное состояние горных выработок и сократить затраты на их ремонт.

§ 44. Бетонные и каменные крепи

Формы поперечного сечения горных выработок при бетонной и каменной крепях обычно одинаковые. Центрогиппрошахтом разработаны унифицированные сечения горных выработок, закрепленных монолитным бетоном: при вертикальном горном давлении для пород с $f = 3-9$ применяют крепь с вертикальными стенами и сводчатым перекрытием (рис. 45,а); при значительном горном давлении сверху и с боков для пород с $f = 1-2$ — крепь подковообразной формы (рис. 45,б); для сложных горно-геологических условий при расчетной нагрузке до 0,35—0,5 МПа — крепь подковообразной формы с обратным сводом (рис. 45,в) или цилиндрическая крепь (рис. 45,г). В практике чаще применяют бетонную крепь с вертикальными стенами и сводчатым полуциркулярным или коробовым (трехцентро-

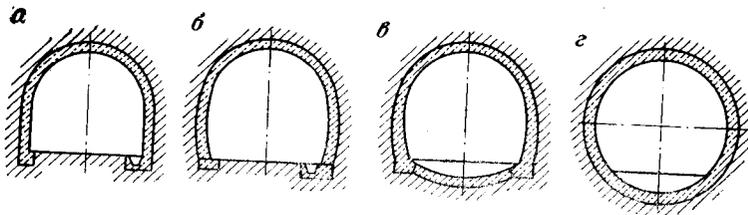


Рис. 45. Монолитные бетонные крепи

вым) перекрытием, в которой различают фундаменты, стены и свод.

В зависимости от крепости горных пород бетонную крепь возводят с отставанием от забоя до 20 м. Участок выработки между забоем и местом возведения бетонной крепи поддерживают временной крепью. Возведение бетонной крепи начинают с устройства фундаментов. Для возведения стен и свода, придания им формы, размеров и поддержания незатвердевшего бетона применяют передвижные или сборно-разборные (деревянные, металлические или смешанные) опалубки. Бетонную смесь укладывают равномерно с двух сторон сначала стен, а затем свода. Толщина стен зависит от площади сечения выработки, крепости горных пород и обычно составляет 25—35 см. Укладывают бетонную смесь за опалубку вручную (при небольших объемах работ) или механизированным способом с помощью различных типов бетоноукладчиков. Конструкцию опалубки и сроки ее снятия указывают в паспорте проведения и крепления выработки.

Достоинства бетонной крепи: большой срок службы, хорошее сцепление с окружающими породами, крепление выработок любой формы поперечного сечения, возможность механизированного возведения, небольшие затраты на поддержание, хорошие аэродинамические качества. Недостатки: высокая стоимость работ по возведению, невозможность повторного использования, после возведения не сразу воспринимает горное давление.

Бетонные и каменные крепи в основном являются сплошными и жесткими. Поэтому бетонную монолитную крепь применяют для крепления капитальных выработок (околоствольные дворы, камеры, квершлагги и т. п.) при значительном, но установившемся горном давлении в породах с $f = 1-9$.

Разновидностью монолитной бетонной крепи является крепь из торкрет-бетона и набрызгбетона. Отличительной особенностью этих крепей являются способ приготовления бетонной смеси и способ ее укладки (безопалубочное бетонирование).

Технология и организация работ по безопаубочно-му бетонированию заключается в следующем: перед началом работ с помощью сжатого воздуха очищают рабочие поверхности выработки, затем смачивают их водой. После этого включают цемент-пушку (набрызг-

машину) и сухая смесь под действием сжатого воздуха (давление 0,2—0,3 МПа) поступает по шлангу в сопло, где смешивается с водой, торкрет-бетон наносят на горные породы слоями толщиной 2—3 см, а набрызгбетон — слоями 5—7 см. Каждый последующий слой наносят через 15—20 мин. Суммарная толщина крепи составляет 15—20 см и больше в зависимости от условий ее применения.

Достоинства набрызгбетонной крепи: отсутствие опалубки, высокий (до 90%) уровень механизации возведения крепи, непрерывность процесса крепления, большая несущая способность и малая трудоемкость возведения.

Недостатки: значительные потери (отскок до 60%) бетонной смеси при нанесении на поверхность выработки, высокая запыленность рабочего места, зависимость качества крепи от квалификации оператора.

Набрызгбетонную крепь применяют как в самостоятельном виде (при $f > 6$), так и в сочетании с анкерной крепью, металлической сеткой, металлическими арками (при $f < 6$). Можно применять также при ремонте каменной, бетонной и железобетонной крепей. В большинстве случаев можно осуществлять ремонт крепи без прекращения эксплуатации выработок. Набрызгбетонную крепь широко применяют в горнорудной промышленности и меньше — в угольной.

Каменную крепь возводят из штучных камней на цементно-песчаном растворе 1:3. Работы начинают с устройства фундамента, затем выводят стены одновременно с обеих сторон. Пустоты за крепью забучивают мелкой породой или заливают тощим цементно-песчаным раствором состава 1:5—1:7. Достоинство каменной крепи — способность воспринимать горное давление сразу после возведения. Недостатки: большая трудоемкость работ по возведению крепи, наличие швов, снижающих прочность и монолитность крепи. В качестве постоянной крепи в настоящее время каменную цепь применяют редко (чаще применяют при ремонте выработок, закрепленных бетонной крепью, так как в этом случае не требуется установки опалубки).

ДонУГИ и Донгипрошахтом разработаны сборные крепи из крупноразмерных бетонных блоков для крепления одно- и двухпутных выработок подковообразной формы с обратным сводом и без него, находящихся в зоне установившегося горного давления.

§ 45. Железобетонные крепи

По способу изготовления железобетонные крепи подразделяют на монолитные и сборные. Монолитные железобетонные крепи изготовляют на месте их возведения в выработке. По форме они аналогичны бетонным. Возводят эту крепь так же, как и бетонную, но перед бетонированием выполняют операции по изготовлению и установке арматурного каркаса. Арматура крепи может быть гибкой, состоящей из стержней круглого или периодического профиля диаметром 8—25 мм, или жесткой, изготовленной из двутавровых или швеллерных балок, спецпрофиля или рельсов в виде рам, арок и колец. Крепь с жесткой арматурой называют также металлобетонной.

Донгипрошахтом разработаны крепи ограниченной податливости из спецпрофиля СВП-27 с бетонным заполнением: с замкнутым контуром — МПКЗ (рис. 46,а) и с арочным (незамкнутым) контуром МПКА (рис. 46,б). Эти крепи предназначены для крепления капитальных горных выработок глубоких шахт в сложных горно-геологических условиях.

Монолитную железобетонную крепь применяют в капитальных выработках со значительным и неравномерным горным давлением, а также для крепления сопряжений капитальных выработок при большом сроке службы.

Недостатки бетонной крепи свойственны и монолитной железобетонной. Кроме того, возведение ее сложнее, дороже и длительнее. Все это ограничивает применение монолитной железобетонной крепи для крепления горных выработок.

Сборные железобетонные крепи изготавливают на заводах железобетонных изделий, доставляют в готовом виде в выработки, где возводят путем сборки (монтажа) готовых элементов.

По конструкции сборные железобетонные крепи можно разделить на два типа: рамные, состоящие из отдельных рам, арок и колец, устанавливаемых вразбежку, и сплошные, собираемые из плит, блоков или тюбингов.

Элементы крепи первого типа имеют массу не более 100—120 кг, так как в основном возводятся вручную; элементы крепи второго типа имеют массу 200—500 кг

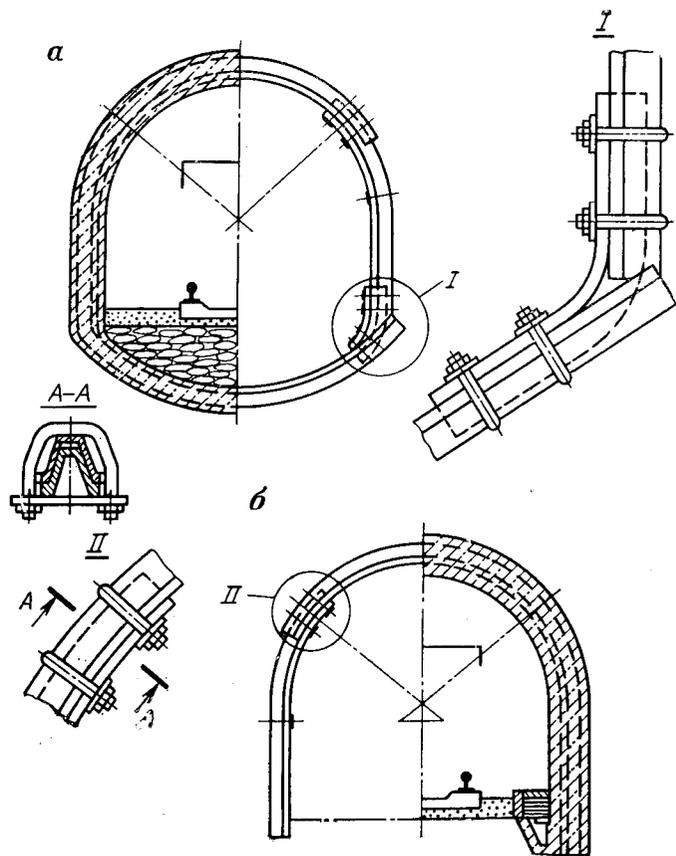


Рис. 46. Монолитные железобетонные крепи

и для их возведения применяют дуговые, стреловые или рычажные крепеукладчики.

Межрамные промежутки ограждают железобетонными, металлическими решетчатыми, стеклотканевыми или деревянными антисептированными затяжками. Рамные крепи при умеренном горном давлении и сроке службы больше 3—5 лет могут заменить в капитальных и подготовительных выработках металлическую крепь, снизив расход стали в 3—5 раз.

Сборные железобетонные крепи применяют в выработках при сроке службы более 3—5 лет с установившимся горным давлением и реже с неустановившимся (податливые конструкции). Достоинства сборной желе-

зобетонной крепи: огнестойкость, долговечность, индустриальность изготовления, воспринимает горное давление сразу после ее установки, возможность механизированного возведения, скорость возведения выше, а стоимость меньше по сравнению с монолитной железобетонной крепью. Недостатки: большая масса и высокая стоимость железобетонных элементов, невозможность повторного использования, незначительная несущая способность на изгиб.

На угольных шахтах СССР около 10% протяженности подготовительных выработок закреплено сборными железобетонными крепями, включая и смешанные конструкции.

Разработано и испытано в производственных условиях большое число железобетонных крепей сплошной конструкции. Рассмотрим наиболее совершенные из них.

Крепь КТАГ (крупноразмерная тубинговая арочная гладкая) конструкции ВНИИОМШСа (рис. 47, а) имеет незамкнутую форму цилиндрического очертания с радиусом в свету $R_{св}=1,9\pm 3$ м. В продольном направлении крепь состоит из арок шириной 1000 мм. Устанавливают крепь с перевязкой горизонтальных швов. Это достигается за счет применения тубингов 1 и полутубингов 2 массой соответственно до 500 и 250 кг. Число тубингов в арке крепи 5—7 шт. Тубинги в арку соединяют шарнирно, благодаря цилиндрической выпуклости с одной стороны и аналогичной вогнутости — с другой. Для монтажа в тубингах предусмотрены металлические петли. Возводят крепь снизу вверх, укладывая тубинги и расклинивая их временными распорками. После укладки последнего замкового тубинга

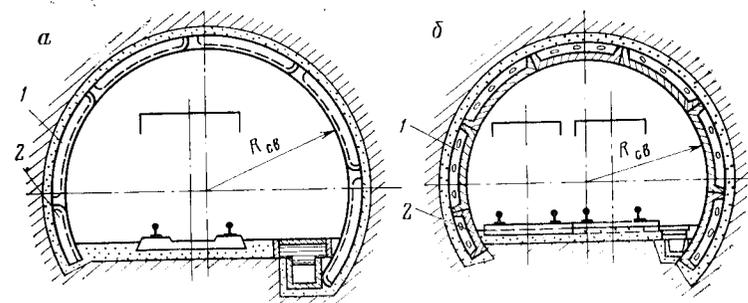


Рис. 47. Сборные железобетонные тубинговые крепи

арку забучивают равномерно с двух сторон, а распорки удаляют. Выпускается семь типоразмеров тубингов, что позволяет крепить ими выработки площадью сечения 7,4—17 м² в свету.

Крепь ГТК (гладкостенная тубинговая крепь) конструкции КузНИИшахтостроя (рис. 47,б) аналогична крепи КТАГ и отличается лишь размерами и массой тубингов. Ширина тубинга 750 мм, масса от 180 до 530 кг. Выпускается девять типоразмеров тубингов, что позволяет крепить ими выработки площадью сечения в свету от 8 до 26 м² (радиус от 1,7 до 3,4 м в свету).

Крепи КТАГ и ГТК предназначены для крепления горизонтальных капитальных горных выработок, расположенных вне зоны влияния очистных работ при отсутствии пучения пород, в том числе для глубоких горизонтов шахт.

§ 46. Анкерные крепи

Конструктивно анкерные крепи отличаются от ранее рассмотренных крепей. Анкерные крепи представляют собой систему стержней (штанг), закрепленных в шпурах (скважинах) и расположенных в определенном порядке в породах, окружающих выработку. К штангам подвешивают опорные плиты, подхваты из прокатных профилей, а также затяжку. Анкеры, работая на растяжение, удерживают породы от расслоения, сдвижения и обрушения.

В слоистых породах большой мощности анкерами скрепляют (сшивают) отдельные слои пород в одно целое (рис. 48,а) или прикрепляют (подшивают) к устой-

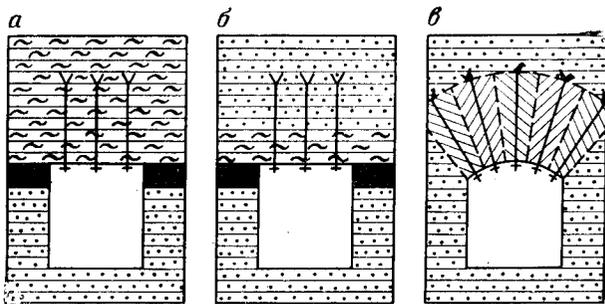


Рис. 48. Схемы установки анкерной крепи

чивой основной кровле (рис. 48,б). В неслоистых монолитных породах большой мощности анкеры располагают в виде расходящихся лучей, в результате чего образуются сжатые породные клинья, которые не могут обрушаться в выработку из-за их самозаклинивания (рис. 48,в). Анкерованием могут подвергаться также бока и почва выработок.

В настоящее время в отечественной и зарубежной горной практике известно более 200 различных конструкций деревянных, металлических, железобетонных и полимерных анкерных крепей. Чаще всего для крепления кровли и боков выработок применяют металлические и деревянные анкеры, для крепления почвы — железобетонные и деревянные.

По характеру закрепления анкерные крепи разделяют: с закреплением в донной части (замковые анкеры) и с закреплением по всей длине скважины или значительной ее части. Преимущественное распространение получили металлические анкеры, которые изготовляют из круглой стали диаметром 16—25 мм и длиной 1—3 м в зависимости от конкретных условий.

Металлический замковый анкер АД-1 конструкции ДонУГИ (рис. 49,а) состоит из стержня 4 с резьбой на обоих концах, клиньев 2 и 3 с приваренной к клину 2 гайкой 1, опорной плиты 5 и натяжной гайки 6. Перед установкой анкера клин 2 с гайкой 1 навинчивают на верхний конец стержня, а клин 3 прикладывают к стержню 4 и поддерживают трубой. Вместе с трубой анкер вводят в шпур и ударами по трубе надвигают нижний клин 3 на верхний 2. Дальнейшее закрепление анкера в шпуре происходит за счет подачи верхнего клина вниз при вращении штанги ключом через ее квадратный хвостовик. Затем на хвостовик навешивают верхняк или опорную плиту 5 и затягивают гайку 6. Анкеры можно извлекать и использовать повторно.

Металлические анкеры применяют в выработках любой площади поперечного сечения, находящихся вне зоны влияния очистных работ (квершлагги, полевые штреки и др.), в породах с $f=4\div 9$ и сроке службы до 2 лет. В подготовительных выработках анкерную крепь применяют самостоятельно или в сочетании с другими крепями. Положительной особенностью металлических анкеров является их способность воспринимать нагрузку сразу после установки.

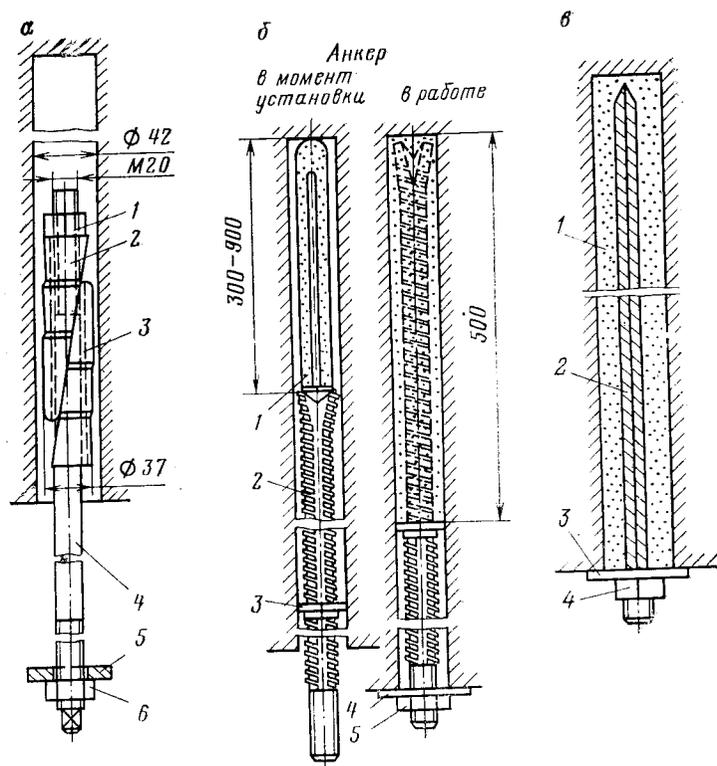


Рис. 49. Конструкции анкеров

Металлический анкер с закреплением быстротвердеющим химическим составом АКХ конструкции ИГД им. А. А. Скочинского (рис. 49,б) принципиально отличается от металлических замковых анкеров тем, что он закрепляется по всей длине шпура или в значительной ее части с помощью быстротвердеющего состава. Анкер АКХ состоит из стального стержня 2 периодического профиля диаметром 18—25 мм с резьбой на наружном конце, ампулы с закрепителем 1 (смесь песка с полимерной смолой), уплотнительного резинового кольца 3, опорной плиты 4 и натяжной гайки 5. В шпур сначала вводят одну или несколько ампул с закрепителем, затем стержень с резиновым кольцом. При вращении стержня ампулы в шпуре разрываються, содержимое их перемешивается и

130

заполняет пространство между стержнем и породой, а затвердевая, оно закрепляет анкер в шпуре. К работе анкеры готовы через 1—2 ч. Анкеры АКХ называются также полимерными. Стержни можно изготавливать также из дерева или из полимерных материалов.

Анкеры с химическим закреплением по сравнению с замковыми анкерами имеют следующие преимущества: простота конструкции, меньшая трудоемкость установки, большая прочность закрепления, возможность применения даже в слабых породах ($f=1\div 3$), простая механизация установки.

Железобетонный анкер (рис. 49,в) состоит из арматуры 2 (стальные стержни периодического или круглого профиля диаметром 16—22 мм, отрезки канатов), цементно-песчаного или цементного раствора 1, нагнетаемого в шпур, опорной плиты 3 и натяжной гайки 4. Такие анкеры называют инъектируемыми. Наибольшее распространение имеют забивные анкеры, арматурные стержни которых забивают в шпуры после нагнетания в них раствора. Через 3—5 ч к концам анкеров устанавливают опорные плиты или подхваты и производят их натяжение.

Достоинства железобетонных анкеров: простота конструкции, небольшая стоимость, долговечность. Недостатки: не воспринимают нагрузку сразу после установки, трудность контроля заполнения шпуров бетоном.

Деревянные анкеры (дуб, лиственница, сосна) изготовляют длиной 1—2 м и диаметром 40—60 мм с двумя взаимно перпендикулярными прорезями на торцах и двумя клиньями. Применяют их преимущественно в подготовительных и нарезных выработках (скаты, печи, просеки) площадью сечения до 3—4 м² со сроком службы до 1,5 года, а также укрепления пучащих пород почвы.

Деревянные анкеры характеризуются малой массой, небольшой стоимостью, простотой изготовления и установки. Однако они имеют небольшую прочность и подвержены гниению.

Достоинства анкерной крепи: небольшая разница между поперечным сечением выработки в проходке и в вывету, незначительные затраты на материалы и установку, возможность механизированного возведения. Недостатки: ограниченность применения, переход при ремонте на рамную крепь.

9*

131

§ 47. Смешанные и комбинированные крепи

Смешанными называют крепи, несущие элементы которых выполнены из различных крепежных материалов. Смешанные крепи бывают рамными или сплошными, жесткими или податливыми. Наибольшее распространение получили рамные трапециевидные крепи, состоящие из двух железобетонных (трубчатых, пустотелых прямоугольного или трапециевидного сечения) стоек и металлического верхняка из спецпрофиля, двутавра, реже рельса.

Смешанная рамная крепь конструкции ДонУГИ (рис. 50,а) состоит из двух железобетонных стоек 1 с наружным диаметром 200 мм и верхняка 2 из спецпрофиля СВП-14, СВП-17, СВП-19, СВП-22, СВП-27 (реже двутавра № 16—20). Шарнирно-подвешной верхняк 2 соединяют со стойкой при помощи обхвата 3 и скобы 4, последняя опирается на деревянную прокладку 5, устанавливаемую на верхний торец стойки 1 (узел I). Жесткая крепь предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 25°) горных выработок со сроком службы более 3 лет, проводимых по пластам угля мощностью до 0,5 м и при угле залегания пластов до 12° или вне зоны влияния очистных работ при отсутствии бокового давления и пучения пород почвы ($f \geq 4$).

Крепь может быть не только жесткой, но и податливой. Податливость (300 мм и более) достигается за счет применения конического железобетонного башмака 6, вставляемого в нижнюю часть стоек (узел II). Податливая крепь применяется в тех же горно-геологических условиях, но при мощности пласта до 1,2 м.

Смешанная рамная крепь конструкции ИГД им. А. А. Скочинского (рис. 50,б) бывает жесткой (ППС-2) и податливой (СП-2). Трапециевидные рамы крепи ППС-2 и СП-2 состоят из двух железобетонных пустотелых стоек 1 прямоугольного сечения и металлических верхняков 2 из спецпрофиля или двутавровых балок, аналогичных по конструкции крепи ДонУГИ. Податливые стойки крепи СП-2 отличаются от жестких стоек крепи ППС-2 тем, что нижний их конец 3 изготавливают ослабленным за счет уменьшения диаметра продольной арматуры и толщины стенок.

Жесткие (ППС-2) и податливые (СП-2) крепи применяются соответственно в тех же условиях, что жест-

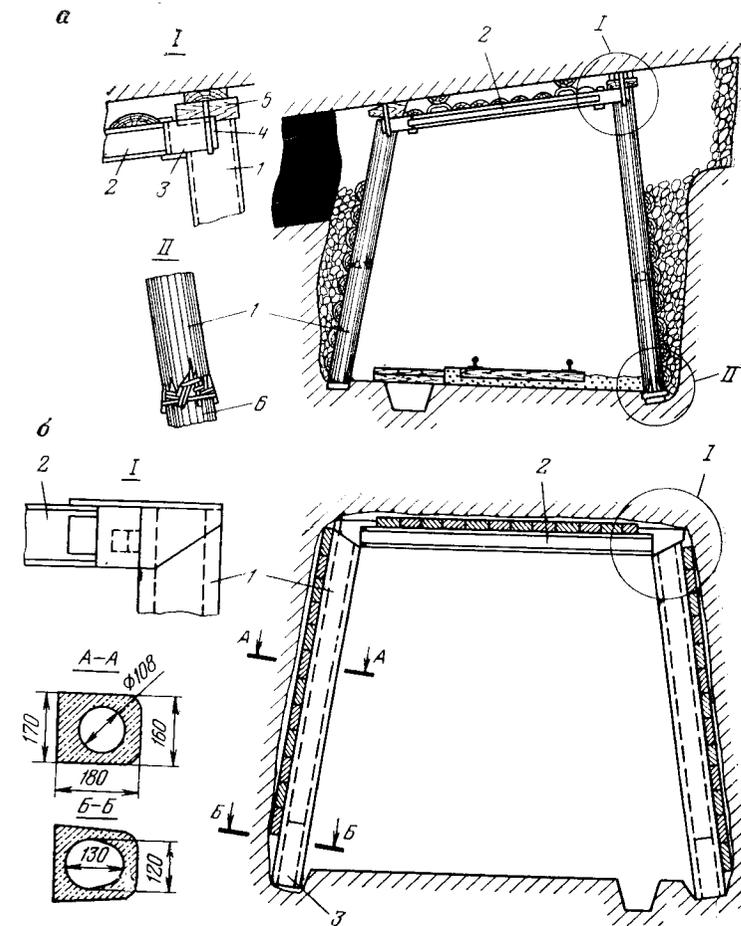


Рис. 50. Смешанные рамные крепи

кие и податливые крепи конструкции ДонУГИ. Возводят смешанную крепь так же, как и крепь из однородных материалов аналогичных конструкций.

Рамную крепь из деревянных стоек и металлических верхняков (рельс, двутавр, спецпрофиль СВП) чаще всего применяют для камерных рам при креплении сопряжений и пересечений горных выработок (см. § 49).

Смешанная сплошная крепь состоит из каменных или бетонных стен и двутавровых балок перекрытия, укладываемых через 0,5—0,8 м друг от

друга. Пространство между ними перекрывают железобетонными затяжками, бетонными сводиками или бетонируют. Такую крепь применяют для крепления капитальных сопряжений и камер околоствольных дворов, наклонных стволов, когда нежелательно нарушать сплошность пород кровли, при сроке службы более 5 лет.

Комбинированными называют крепи, в которых сочетаются две и более конструкции крепи.

Комбинированная анкер-металлическая крепь КузНИИ шахтостроя представляет собой сочетание анкерной и металлической арочной крепи из спецпрофиля СВП. Крепь предназначена для крепления одно- и двухпутных выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ, в том числе для глубоких горизонтов шахт.

Комбинированная сталебетоно-анкерная крепь КузНИИ шахтостроя состоит из монолитного бетона, анкеров, подхватов и решетчатой металлической затяжки. Крепь предназначена для крепления горизонтальных и наклонных капитальных выработок большой площади сечения, камер и сопряжений околоствольного двора, в том числе для глубоких горизонтов шахт.

§ 48. Межрамные ограждения

Межрамные ограждения (затяжки) служат для равномерного распределения давления горных пород на рамные крепи и предохранения людей и оборудования от местных вывалов породы с кровли и боков выработки.

На угольных шахтах СССР применяют железобетонные, металлические, стеклотканевые и стеклопластиковые межрамные ограждения, а в выработках со сроком службы до двух лет также деревянные затяжки.

Деревянные затяжки рекомендуют применять толщиной 2,5—5 см или из круглого леса диаметром 4—6 см и длиной на 15—20 см больше, чем расстояние между деревянными рамами, так как затяжки укладывают внахлестку. Несущая способность затяжки из распилов толщиной 2,5; 3,5 и 4 см при расстоянии между рамами крепи 1 м составляет соответственно 12; 23 и 30 кПа, а затяжки из круглого леса диаметром 4,5 и 6 см соответственно 58 и 85 кПа.

Железобетонные затяжки применяют при креплении выработок рамными металлическими, железобетонными и смешанными крепями при сроке службы более двух лет. Наибольшее применение получили затяжки прямоугольного профиля длиной 75—150 см, шириной 20—50 см, толщиной 4,5—5,5 см, массой 18—40 кг, несущей способностью 20—50 кПа.

Металлические решетчатые затяжки МРЗ конструкции ЦНИИподземмаша представляют собой сварную решетку из пяти продольных стержней диаметром 6 мм с загнутыми на концах петлями и из 17 или 24 поперечных — диаметром 3 мм. По длине выработки затяжки соединяют стержнями, а по периметру — внахлестку. Размеры затяжек 100×100 см или 150×100 см, масса 2,4—3,6 кг, несущая способность 85 кПа.

В западноевропейских угледобывающих странах затяжки изготавливают из гофрированной стали или корытных профилей проката.

Рулонные стеклопластиковые ограждения представляют собой стеклоткань толщиной 2,5 мм и шириной 80—120 см, пропитанную полимерными смолами. Стеклоткань свернута в рулон длиной 50 м. Масса 1 м² ткани 0,9 кг.

Затраты труда на изготовление 1 м² стеклопластикового ограждения примерно в 10 раз меньше, чем затраты на изготовление 1 м² железобетонных затяжек.

Рулонные стеклопластиковые ограждения применяют в основном на шахтах Кузбасса, где закреплено с использованием этого ограждения около 30 км горизонтальных и наклонных выработок (главным образом при металлической крепи). Срок службы таких выработок составил 6—10 лет. На шахтах «Абашевская», «Капитальная», «Пионерка» рулонный стеклопластик применяют в сочетании со сварной стальной решеткой (ячейки 100×100 или 150×150 мм) из проволоки диаметром 5—7 мм. Такое ограждение значительно прочнее и экономичнее, чем железобетонные затяжки.

В качестве межрамного ограждения применяют торкрет-бетон и набрызгбетон по породе или металлической сетке (затяжке).

Кровлю выработок затягивают железобетонными, металлическими решетками и деревянными затяжками всплошную, а бока в породах с $f < 3$ — всплошную, с $f = 4 ÷ 7$ — вразбежку и с $f \geq 8$ — не затягивают.

В выработках, проводимых буровзрывным способом, чтобы не выбивало боковые затяжки, их устанавливают с отставанием от забоя на 5—10 м.

Трудоемкость возведения различного типа затяжек достигает 30—45% общей трудоемкости по установке постоянной крепи.

Пустоты между затяжкой и породой подлежат заполнению. Суммарный объем их на угольных шахтах превышает 1 млн. м³ в год.

§ 49. Крепи закруглений, сопряжений и пересечений горных выработок

На закруглении (плавный поворот выработки в горизонтальной плоскости) рамы устанавливают по радиальным направлениям, а ширину выработки увеличивают.

Сопряжением выработок называют примыкание одной выработки к другой под прямым или острым углом. Пересечение выработок — это двустороннее сопряжение. Сопряжения и пересечения выработок, общее число которых на действующих угольных шахтах страны превышает 150 000 отличаются большим многообразием. Конструкции их зависят от назначения и сроков службы выработок, материала и вида крепи, условий залегания и устойчивости вмещающих пород.

В местах сопряжений и пересечений выработок обнажения кровли, а следовательно, и горное давление значительно больше, чем в самих выработках, поэтому в таких местах устанавливают усиленные крепи, которые имеют плоское или сводчатое перекрытие, закрепляемое деревянной, металлической, смешанной (с металлическими верхняками) или комбинированной (с анкерованием пород) крепью.

При сопряжении под прямым углом двух горизонтальных или горизонтальной и наклонной выработок, закрепленных деревянной трапецевидной крепью (плоское перекрытие), применяют камерные рамы и полурамы.

Камерная рама (рис. 51,а) представляет собой трапецевидную или прямоугольную неполную крепежную раму, состоящую из двух деревянных стоек 1 с окованными полосовой сталью верхними концами (узел 1) и деревянного или металлического верхняка 2 (рельс,

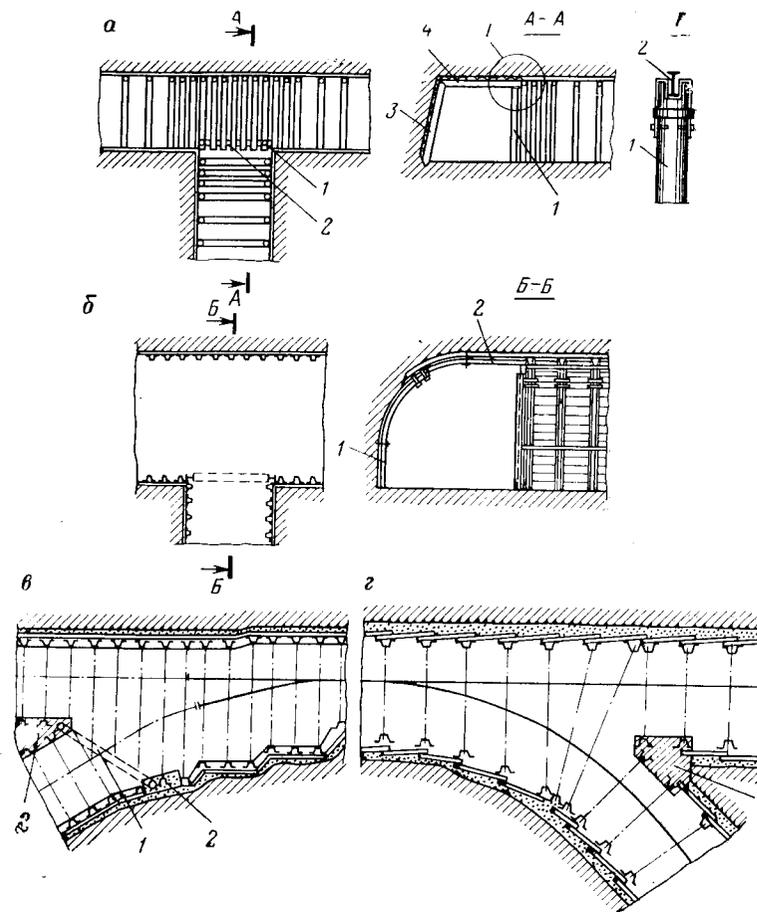


Рис. 51. Крепи сопряжений горных выработок с деревянной и металлической арочной крепью

двутавр, спецпрофиль СВП). Полурамы состоят из стоек 3 и верхняков 4, которые опираются на верхняк камерной рамы. Крепь на сопряжениях сгущается или выполняется сплошной.

При сопряжении под прямым углом двух горизонтальных выработок, закрепленных металлической арочной податливой крепью, применяют камерную раму из двутавры, на которую укладывают полуарки из спецпрофиля СВП (рис. 51,б). Каждая полуарка состоит из обычной стойки, арочной металлической крепи 1 и верх-

няка 2 (такая же стойка). Верхняки крепят к камерной раме скобами с планками и гайками. Рамы между собой соединяют стяжками.

При сопряжении под острым углом двух горизонтальных выработок, закрепленных металлической арочной податливой крепью, и больших пролетах сопряжений применяют арки и полуарки (рис. 51,в), устанавливаемые на металлические балки 1, которые опираются в свою очередь на бетонные колонны 2. На рис. 51,г показана крепь сопряжения под острым углом двух выработок, закрепленных металлической арочной податливой крепью, без камерных рам и опорных балок, а также без применения полуарок. Острые углы обычно неустойчивы, поэтому их крепят бетоном или камнем 1. При креплении сопряжений под острым углом применяют рамы различных типоразмеров. Это один из наиболее экономичных вариантов крепления сопряжений. На сопряжениях используют железобетонные или металлические решетчатые затяжки.

Пересечения горных выработок крепят аналогично.

§ 50. Особенности конструкций крепи наклонных выработок

Крепь наклонных выработок возводят из тех же материалов, что и крепь горизонтальных выработок. Конструкции крепи изменяются в зависимости от назначения и срока службы выработки, устойчивости боковых пород и угла наклона.

Деревянные крепи применяют при сроке службы выработок до 2—3 лет и умеренном горном давлении для крепления участковых бремсбергов, уклонов, людских ходков, скатов и гезенков. При углах наклона до 20° выработки крепят трапецевидными, а при больших углах наклона — прямоугольными рамами. Рамы устанавливают в плоскости, перпендикулярной к продольной оси выработки. Если породы почвы или кровли склонны к сползанию, то рамы устанавливают с наклоном 5—10° (200—250 мм) в сторону, противоположную направлению сдвижения пород. Соединение элементов крепи осуществляют в основном в лапу, реже в паз. Крепь должна быть тщательно расклинена.

Устойчивость крепи обеспечивается применением распорок и опорных рам. В выработках с углом наклона до 20° (рис. 52,а) распорки 1 ставят между соседни-

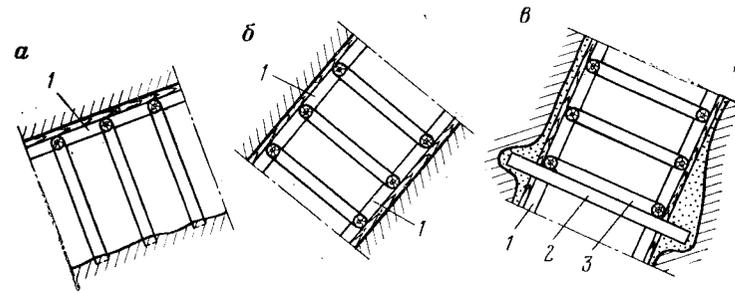


Рис. 52. Деревянные крепи для наклонных выработок

ми рамами у кровли, а при углах наклона 20—30° — у кровли и почвы выработки. Нижней опорой стоек являются лунки. Выработки с углом наклона 30—45° (рис. 52,б) крепят полными крепёжными рамами. Между верхняками и лежнями соседних рам устанавливают распорки 1. Выработки с углом наклона более 45° крепят венцовой крепью (рис. 52,в) на стойках 1 с возведением через каждые 4—8 м опорных венцов или опорных рам 2. Концы верхняков и лежней опорных рам заводят в боковые породы на глубину 0,5—0,7 м. Затем устанавливают обычные рамы 3. В слабых породах применяют сплошную венцовую крепь.

Печи, сбойки и другие наклонные (до 45°) выработки небольшой площади поперечного сечения, проводимые по пласту угля без подрывки боковых пород, крепят рамами из двух-трех стоек, подбиваемых под распил.

Металлические податливые крепи АП-3 и АКП-3 применяют при сроке службы выработок более 3 лет при угле наклона до 30° в породах с $f=2-9$. При всестороннем горном давлении, особенно со стороны пород почвы, и угле наклона выработок до 45° применяют кольцевую податливую крепь КП. Устойчивость металлическим аркам придают с помощью соединительных планок, распорок по периметру выработки и тщательной расклинки.

Бетонные и каменные крепи применяют для крепления наклонных стволов, капитальных бремсбергов и уклонов при сроке службы более 10—15 лет. При углах наклона до 15° используют сводчатую крепь с вертикальными стенками или крепь с плоским железобетонным перекрытием, когда кровлю надо со-

хранить плоской. При углах наклона $15-45^\circ$ фундаментам крепи придают уступную форму, чтобы предотвратить сползание крепи. При углах наклона $45-75^\circ$ применяют крепь с обратным сводом, а при углах более 75° выработки крепят замкнутой крепью круглого сечения с устройством опорных венцов через $10-20$ м.

Сборные железобетонные крепи ГТК применяют для крепления капитальных наклонных (до 25°) выработок, проводимых в породах с $f=3-6$, со сроком службы более 15 лет. После установки очередной арки выполняют тампонаж закрепного пространства толщим цементно-песчаным раствором.

Анкерные крепи применяют при углах наклона до 25° в породах с $f=4-9$ и сроке службы выработок до 2 лет. Форма поперечного сечения выработок прямоугольная или трапециевидная.

Смешанные и комбинированные крепи также применяют для крепления наклонных выработок. Комбинация крепежных материалов и конструкция крепей при этом такая же, как и в горизонтальных выработках.

§ 51. Временные предохранительные крепи

При проведении горизонтальных и наклонных горных выработок все работы в забое по уборке горной массы после взрывных работ, а также возведение постоянной крепи должны проводиться под защитой временной крепи, которая предохраняет людей, машины и механизмы в призабойной части от ударов при падении кусков породы.

Временную предохранительную крепь устанавливают в выработке до возведения постоянной крепи. По конструкции ее подразделяют на ограждающую, поддерживающую и упрочняющую.

Ограждающая выдвигная крепь (рис. 53, а) выполняется в виде выдвигных перекрытий, состоящих из двух консольных балок 1 (стальные трубы диаметром 75 мм, двутавр № 12—14, спецпрофиль СВП-14) длиной 6—8 м, подвешиваемых к верхнякам рам 4 или арок, на переносных скобах или хомутах 2. На выдвигные балки укладывают щиты, сбитые из распилов или брусьев 3. По мере подвигания забоя скобы (хомуты) переносят ближе к забою и крепь передвигают. Кроме выдвигных полков, применяют выдвигные щиты изго-

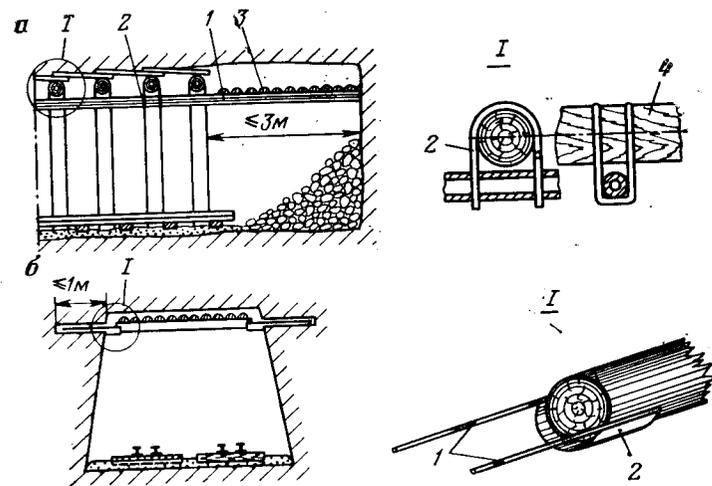


Рис. 53. Временные предохранительные ограждающие крепи

товленные из листовой стали. Ограждающие (консольные) крепи наиболее распространены в настоящее время на отечественных шахтах.

В качестве временной ограждающей крепи используют также подвесную (штыревую) крепь (рис. 53, б), которая отличается от вышеописанной тем, что в боках выработки под кровлей закладывают в шпур (глубина до 1 м) металлические штыри 1 с козырьком 2, на которые устанавливают верхняки с затяжками. Применяют крепь в выработках прямоугольной или трапециевидной формы поперечного сечения в породах с $f \geq 5$.

Поддерживающую крепь выполняют чаще всего из металлических рам (швеллер, двутавр № 10—12) или арок (спецпрофиль СВП-14), допускающих легкую установку, разборку и переноску их ближе к забою. Рамы и арки устанавливают через 1,2—1,8 м одна от другой. Применяют их при креплении выработок каменной, бетонной или железобетонной крепью.

Упрочняющая—это анкерная или набрызг-бетонная крепь. Крепи этого типа, как правило, оставляют за постоянной (не извлекают).

При проведении выработок проходческими комбайнами также необходимо применять временные предохранительные крепи. В последние годы созданы передвижные механизированные крепи типа КПМ, не

требующие для перестановки ручного труда и обеспечивающие возведение постоянной крепи с отставанием от забоя без прекращения работы комбайна.

При рамной крепи временную крепь возводят в призабойном пространстве на участке до 3 м от забоя после взрывания шпуров, проветривания и осмотра забоя. На начало нового цикла постоянная рамная крепь должна быть возведена вплотную к забою. При каменной, бетонной или железобетонной крепи временную крепь возводят на участках в 20—60 м от забоя (в зависимости от условий и свойств боковых пород).

§ 52. Паспорт проведения и крепления горных выработок

Паспорт проведения и крепления выработки — это технический (проектный) документ, определяющий для конкретной выработки способ проведения, материал, конструкцию и порядок возведения крепи, а также расход крепёжных материалов на 1 м. Он составляется в соответствии с Правилами безопасности и с учетом горно-геологических и горнотехнических особенностей выработки. Он состоит из графического материала и пояснительной записки к нему.

Графическая часть должна содержать: разрезы выработки в масштабах 1:100 или 1:50, в которых должны быть показаны форма (конфигурация) и размеры выработки, боковые породы, расположение пласта угля по отношению к выработке, конструкции и размеры постоянной и временной крепей, расположение затяжек, расстояние между осями рам, минимальное и максимальное отставание от забоя постоянной и временной крепей, размещение проходческого оборудования и вентиляторов местного проветривания с вентиляционными трубами, расположение откаточных путей, величины зазоров между крепью и транспортными средствами (электровозом, вагоном, конвейером), размещение водяных (сланцевых) заслонов, мест складирования материалов, размеры водоотводных каналов, тротуаров; детали крепи в масштабе 1:10 (конструкция замка при креплении рамами или арками, заделка стоек в почву и др.); характеристику выработки, размеры поперечного сечения, способ откатки и тип вагонетки; таблицу расхода крепёжных материа-

лов (при креплении выработки бетоном или железобетоном в паспорте крепления указываются конструкция опалубки и сроки ее снятия); схему электроснабжения.

Пояснительная записка к паспорту проведения и крепления подготовительной выработки должна содержать: краткую характеристику угля, боковых пород и их устойчивости, а также предполагаемых геологических нарушений в пределах проектной длины выработки;

обоснование выбора материала и конструкции крепи;

описание способа проведения и безопасного ведения работ по возведению крепи.

К паспорту в зависимости от способа проведения выработки прилагается паспорт буровзрывных работ и проект на установку вентилятора местного проветривания.

Паспорт проведения и крепления составляется для каждой выработки начальником участка и главным технологом шахты, а утверждается директором или главным инженером шахты. Ведение горных работ без утвержденного паспорта или с нарушением его запрещается. Паспорт крепления должен быть пересмотрен, если изменились горно-геологические или производственные условия. До начала работы начальник участка обязан ознакомить всех рабочих и надзор участка под роспись с паспортом проведения и крепления горной выработки.

При выполнении графической части паспорта проведения и крепления выработки рекомендуется пользоваться типовыми сечениями горных выработок и технологическими схемами проведения горизонтальных и наклонных выработок при буровзрывном или комбайновом способе проведения.

ГЛАВА XII

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 53. Способы и схемы проведения выработок

Проведением горной выработки называют комплекс работ по выемке, погрузке и транспор-

тированию горной массы, возведению крепи, наращиванию транспортных устройств и коммуникаций, обеспечивающих определенную скорость подвигания забоя.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок в зависимости от устойчивости горных пород и их обводненности различают обычные и специальные способы проведения горных выработок.

Обычные способы применяют в устойчивых породах, допускающих обнажение забоя и боков выработки, а также при небольших притоках воды или газа.

Специальные способы применяют в неустойчивых, рыхлых, сыпучих породах, не допускающих обнажения пород без предварительного применения специальных средств по их упрочнению, или в устойчивых породах, но дающих при их пересечении большие притоки воды или газа.

При обычных способах проведения горных выработок в зависимости от свойств и однородности пересекаемых пород различают: проведение выработок в однородных породах, когда забой выработки пересекает только один вид породы и проведение выработок в неоднородных породах, когда забой выработки пересекает два-три вида пород.

Проведение выработок по однородным крепким породам осуществляют в основном буровзрывным способом. В однородных мягких и неоднородных породах наряду с буровзрывным способом применяют комбайновый, гидравлический и комбинированный (буровзрывной с комбайновым, комбайновый с гидравлическим и др.) способы.

Способы отделения угля или породы от массива и область их рационального применения зависят от коэффициента крепости пород, а также поперечного сечения и длины выработки.

Способ проведения горной выработки характеризуется технологической схемой ее проведения, т. е. расстановкой машин и механизмов по отделению горной массы от массива, погрузке ее и транспортированию из забоя, возведению крепи.

Технологическую схему проведения выработки выбирают в зависимости от горно-геологических (мощность и угол залегания пласта, крепость и устойчивость вмещающих пород, водообильность и газоопасность пород) и производственно-технических усло-

вий или факторов (площадь сечения, протяженность, срок службы, скорость проведения выработки, способы доставки горной массы, материалов и оборудования). Если горно-геологические факторы влияют на выбор способа проведения выработки, то производственно-технические — на выбор оборудования и основные показатели работ.

Различными институтами разработаны технологические схемы проведения горизонтальных и наклонных горных выработок буровзрывным и комбайновым способами с учетом выбора оптимального набора горнопроходческого оборудования, порядка выполнения проходческих работ и формы организации труда для конкретных условий.

Внедрение оптимальных технологических схем будет способствовать увеличению скорости проведения выработок в 1,5—1,7 раза и производительности труда проходчиков в 1,2—1,8 раза по сравнению со средним достигнутым уровнем.

§ 54. Организация работ и труда при проведении горных выработок

Правильная организация работ — это достижение наибольшей скорости проведения выработки, высокой производительности труда и снижение стоимости 1 м выработки.

Организация труда проходчиков имеет свою специфику, так как рабочим местом проходческой бригады является небольшой участок горной выработки, прилегающий непосредственно к забою, который постоянно перемещается. На этом участке сосредоточивается несколько машин и механизмов и проходчики выполняют все производственные процессы, которые делают на основных и вспомогательных.

Основные процессы связаны с проведением и креплением выработки. Их выполняют непосредственно в забое или вблизи его (выемка угля или породы, погрузка их в транспортные средства, возведение постоянной крепи).

Вспомогательные процессы обеспечивают условия для выполнения основных проходческих процессов (возведение временной крепи, навеска вентиляционных труб, настилка временных рельсовых путей или наращивание конвейеров, устройство водоот-

водной канавки, прокладка труб и кабелей и др.). При проведении выработок производственные процессы повторяются в определенной последовательности.

Проходческим циклом называют совокупность основных и вспомогательных проходческих процессов, при однократном выполнении которых за определенное время забой выработки подвигают на установленную величину.

Состав процессов проходческого цикла меняется в зависимости от способа и применяемой технологической схемы проведения выработки. Время, затраченное на выполнение одного цикла, называют продолжительностью цикла. Для удобства организации и учета выполненной работы каждым звеном рекомендуется выполнять в смену целое число циклов (один, два, три). Чем больше будет выполнено циклов в месяц, тем больше скорость проведения выработки.

В зависимости от организации работ при проведении выработок основные процессы выполняют последовательно (один за другим) или с частичным совмещением (одновременно), насколько позволяют принятая технология и техника безопасности. Вспомогательные процессы необходимо выполнять параллельно с основными, чтобы они не влияли на продолжительность цикла. Запрещается совмещать зарядание шпуров, взрывание зарядов и проветривание забоя после взрывания с какими-либо другими процессами.

Для каждого подготовительного забоя составляется график организации работ, который наглядно (графически) показывает, как должны протекать во времени процессы проходческого цикла (рис. 54). По вертикали

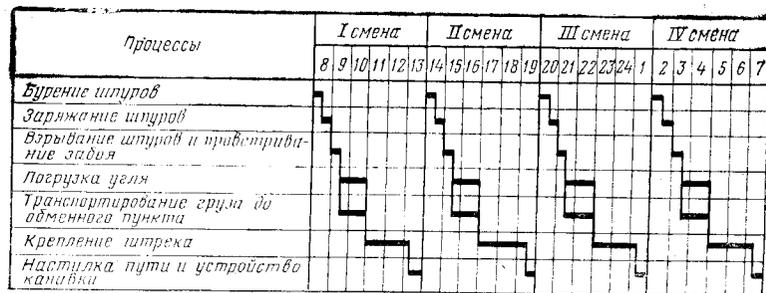


Рис. 54. График организации работ по проведению штрека по углю

в определенной последовательности перечисляются основные и вспомогательные процессы цикла, а по горизонтали в определенном масштабе длительность цикла, смены или суток с отметкой продолжительности выполнения каждого процесса.

Проведение выработок по графикам циклической организации работ обеспечивает четкость и организованность в выполнении проходческих процессов, способствует лучшему использованию техники, увеличивает скорость проведения и производительность труда, снижает стоимость проведения 1 м выработок и обеспечивает рост заработной платы проходчиков.

Основной формой организации труда при проведении выработок является комплексная кругло-суточная бригада проходчиков, представляющая группу рабочих нескольких смежных профессий, объединенных общим местом работы, единым производственным планом и коллективной ответственностью. Проходчики бригады выполняют все работы, предусмотренные графиком циклическости. Заработную плату по результатам работы за месяц распределяют между членами бригады пропорционально тарифным ставкам и числу отработанных дней. Поэтому рабочие всех смен заинтересованы в общем результате работы. Каждая смена передает следующей смене рабочее место и оборудование, подготовленные для бесперебойной и производительной работы.

Бригаду из 15—20 человек и более возглавляет бригадир из наиболее опытных и квалифицированных рабочих, являющийся организатором работы бригады. Бригада делится на звенья по числу рабочих смен. Во главе звена стоит звеньевой. Иногда в состав бригады кроме проходчиков входят электрослесари, машинисты электровозов, мастера-взрывники, такелажники-доставщики, оплата труда которых производится по сдельно-премиальной системе в зависимости от скорости проведения выработки.

Бригада проходчиков, как правило, занята на проведении одной выработки. В практике имеет место, когда одна бригада выполняет работы в двух-трех близко расположенных забоях, что способствует концентрации работ, увеличению производительности труда и скорости проведения.

Обеспечению устойчивой скорости проведения горизонтальных и наклонных выработок, повышению

производительности труда проходчиков, укреплению чувства коллективизма, повышению заинтересованности каждого члена бригады в полном использовании резервов производства способствует работа комплексных круглосуточных бригад по прогрессивному методу бригадного подряда (хозрасчета). Сущность этого метода заключается в том, что между администрацией шахты и бригадой заключается договор, в котором указываются обязательства обеих сторон: администрации — по обеспечению проходки машинами и механизмами, материалами, а бригады — по скорости проведения выработки, сроку выполнения и качеству работ. Договором предусматривается также порядок оплаты труда и премирования рабочих с оплатой по конечному результату и распределением заработной платы с применением коэффициента трудового участия.

Важным фактором организации работ является режим работы бригады в течение месяца, недели, суток и смены. В зависимости от числа рабочих дней в месяце (неделе) режим работы может быть непрерывным и прерывным. При непрерывном режиме работы бригада в среднем работает 30 дней в месяц, а при прерывном — 22 или 25 дней. 22 рабочих дня принимают при прерывной рабочей неделе с двумя общевыходными днями, когда трудящиеся работают 5 дней в неделю, а 25 рабочих дней принимают при прерывной рабочей неделе с одним общим выходным днем и представлением второго выходного дня по скользящему графику в течение недели. Бригада работает 6 дней в неделю.

При 30-часовой рабочей неделе продолжительность рабочего дня проходчика составляет 6 ч. Суточный режим работы также может быть непрерывным и прерывным. Непрерывный суточный режим работы принимают при скоростных проходках выработок (четыре смены). Прерывный режим работы может быть одно-, двух- и трехсменный. Для лучшего ухода за машинами и механизмами наибольший эффект в подготовительных забоях обеспечивает трехсменный суточный режим работы, когда четвертая смена — ремонтная.

§ 55. Скорость проведения горизонтальных и наклонных выработок

Ежегодно на угольных шахтах страны проводят около 7 тыс. км горизонтальных и наклонных вырабо-

ток. Основным является буровзрывной способ проведения.

Средние скорости проведения выработок: буровзрывным способом составляют 60 м/мес, производительность труда рабочих — 1,26 м³/чел-смену; проходческими комбайнами — 160 м/мес, производительность труда рабочих — 1,81 м³/чел-смену.

Среднемесячная скорость проведения горизонтальных и наклонных горных выработок должна быть не меньше нормативной (табл. 7). Нормативы разработаны для механизированного проведения выработок узким забоем с совместной выемкой горной массы. При

Таблица 7

Горнотехнические условия	Нормативная скорость, м/мес	Скоростное проведение, м/мес
При комбайновом способе проведения выработок		
Горизонтальные и наклонные выработки, проводимые по углю	210—220	380
То же, проводимые смешанным забоем с присечкой породы до 50 %	190—200	320
То же, проводимые смешанным забоем с присечкой породы более 50 %	170—180	280
При буровзрывном способе проведения и механизированной погрузке		
Полевые штреки и квершлаг	60—80	140
Горизонтальные и наклонные выработки, проводимые снизу вверх по углю	100—140	230
То же, проводимые смешанным забоем с подрывкой пород до 50 %	80—120	190
То же, проводимые смешанным забоем с подрывкой породы более 50 %	70—100	170
Наклонные выработки, проводимые сверху вниз по углю	70—90	150
То же, смешанным забоем при подрывке породы до 50 %	60—80	130
То же, смешанным забоем при подрывке породы более 50 %	55—70	120
То же, по породе	50—60	100

пользовании нормативами допускается применение к ним поправочных коэффициентов: при отдельной выемке угля и породы $k=0,8$; при проведении выработок широким забоем $k=0,7$; при проведении по породам с $f>6$ $k=0,9$ и $f>10$ — $k=0,8$; при проведении выработок площадью сечения свыше 14 м² в проходке $k=0,9$; при проведении наклонных выработок с углом наклона

более $\pm 16^\circ$ $k=0,9$; при капее воды $k=0,85$; при применении мероприятий по предотвращению внезапных выбросов угля, газа или породы $k=0,75$, а при со- трясательном взрывании $k=0,6$. При одновременном влиянии нескольких неблагоприятных факторов величину общего поправочного коэффициента к нормативу определяют путем перемножения отдельных поправочных коэффициентов, который должен быть не ниже 0,6.

В практике проведения горных выработок имеется немало примеров скоростного проведения горных выработок со скоростью до 500—1000 м/мес при буровзрывном способе проведения и до 1500—2500 м/мес — при комбайновом. При скоростных проходках за сутки выполняют четыре, шесть, восемь и более циклов. Качественной характеристикой цикла является величина подвигания забоя за цикл.

Подвигание забоя за цикл рекомендуется принимать:

1) при применении буровзрывных работ в выработках, проводимых по породе, не менее 1—1,7 м; в выработках, проводимых по углю, — не менее 2 м; в выработках, проводимых по углю с подрывкой породы, — не менее 1,3—2 м;

2) при проведении выработок проходческими комбайнами по породе или по углю с присечкой породы — не менее 2 м; по углю — не менее 3 м;

3) при применении отбойных молотков — не менее 1,5 м.

Скорость проведения выработки в месяц

$$L = l_{ц} n N,$$

где $l_{ц}$ — подвигание забоя за цикл, м; n — число циклов в сутки; N — число рабочих дней в месяц.

От скорости проведения горных выработок зависят сроки строительства новых и реконструкции существующих шахт, своевременная подготовка новых горизонтов, применение прогрессивных столбовых систем разработки, а также нормальная работа действующего очистного фронта.

Основными условиями скоростного проведения горных выработок являются комплексная механизация всех процессов проходческого цикла, организация работ по графикам цикличности и интенсификация горнопроходческих работ. Необходимо также стремиться к максимально возможному совмещению процессов во вре-

мени, что обеспечивает сокращение продолжительности проходческого цикла и увеличение скорости проведения выработок.

Скоростному проведению горных выработок способствует создание укрупненных комплексных проходческих бригад, многозабойное обслуживание, внедрение бригадного подряда, выделение проходческих работ в самостоятельный участок на шахте. Условием скоростного проведения горных выработок является хорошее обеспечение забоев высокопроизводительным оборудованием и запасными частями к нему, материалами (крепежными, рельсами, шпалами, вентиляционными трубами) и инструментом.

ГЛАВА XIII

ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В КРЕПКИХ И СРЕДНЕЙ КРЕПОСТИ ОДНОРОДНЫХ ПОРОДАХ

К выработкам, проводимым в крепких и средней крепости однородных породах, относят квершлагги и полевые штреки. До настоящего времени эти выработки проводят в основном буровзрывным способом.

Проходческий цикл при проведении выработок в крепких и средней крепости однородных породах буровзрывным способом состоит из следующих основных процессов: бурения шпуров, заряжания шпуров и взрывания зарядов ВВ, проветривания и приведения забоя в безопасное состояние, погрузки и транспортирования породы, возведения постоянной крепи.

§ 56. Буровзрывные работы

Производство буровзрывных работ (бурение шпуров, заряжание шпуров и взрывание зарядов ВВ) в забоях выработок должно производиться в соответствии с паспортом буровзрывных работ при строгом соблюдении единых правил безопасности при взрывных работах.

Эффективность буровзрывных работ зависит от правильного выбора средств бурения, глубины и числа шпуров, типа ВВ и СВ, схемы расположения шпуров и последовательности взрывания зарядов.

Бурение шпуров — это один из наиболее длительных

и трудоемких процессов, на который затрачивается до 30—50% общей продолжительности проходческого цикла. Выбор типов бурильных машин и установочных механизмов зависит от крепости пород, площади сечения выработки и вида применяемой энергии в забое. При $f < 8$ целесообразно применять электрические буровые установки вращательного действия БУЭ-1М (площадь сечения в свету 6—9 м²), БУЭ-2 и БУЭ-3 (площадь сечения в свету 9—25 м²) или колонковые сверла СЭК-1, ЭБГП-1 и др. При $f = 8 \div 16$ наиболее эффективно применение буровых установок вращательно-ударного действия: электрической (БУЭ-3) или пневматических (БУ-1М, БУР-2, СБУ-2М). Установку БУ-1М применяют в выработках площадью сечения в свету от 6 до 20 м², БУР-2 — до 25 м². Для бурения шпуров при проведении квершлагов и полевых штреков используют буропогрузочные машины 1ПНБ-2Б (площадь сечения не менее 5,2 м² в свету и $f < 6$) и 2ПНБ-2Б (площадь сечения не менее 8 м² в свету и $f < 12$).

Для бурения шпуров в породах средней крепости и крепких при любой площади поперечного сечения выработок применяют пневматические ручные бурильные машины ударно-поворотного действия ПР-20В, ПР-27ВБ, ПР-30ВС, ПР-30К, которые устанавливают на пневмоподдержках, а для бурения шпуров в породах, крепких и весьма крепких, применяют пневматические колонковые бурильные машины ПК-50, ПК-60, ПК-75, устанавливаемые на манипуляторах бурильных установок и кареток.

Исходя из стандартного диаметра патронов ВВ для угольных шахт (32 и 36 мм) диаметр шпуров соответственно принимают равным 36 и 41—43 мм. Бурение шпуров ведут съемными буровыми коронками, армированными твердыми сплавами.

Глубина шпуров является основным техническим параметром проходческих работ, которая определяет объем работ основных процессов на цикл и скорость проведения выработки. Глубина шпуров зависит от свойств пересекаемых пород, площади забоя, типа бурового оборудования и организации работ. При бурении шпуров бурильными установками и механизированной погрузке породы глубину шпуров принимают равной 2,25—3 м, а при бурении колонковыми бурильными машинами — 2—2,25 м. На практике чаще всего глубину шпуров принимают равной 1,5—2,5 м.

Глубина шпуров

$$l = L / (Nn\eta),$$

где L — скорость проведения выработки, м/мес; N — число рабочих дней в месяце; n — число циклов в сутки; η — коэффициент использования шпуров.

Число шпуров в забое выработки оказывает существенное влияние на эффективность взрывных работ. Предварительно число шпуров определяют по формулам или принимают по данным практики. Окончательно число шпуров устанавливают путем опытных взрывов.

Заряжание шпуров и взрывание зарядов ВВ. Перед заряжением шпуров их очищают от буровой мелочи. Тип ВВ принимают в зависимости от крепости пород, обводненности забоя, опасности шахты по газу или угольной пыли, согласно табл. 2 и 3.

Расход ВВ за цикл и среднюю величину заряда на шпур определяют по формулам (3) и (6).

В качестве средств взрывания применяют предохранительные электродетонаторы ЭДЗД с семью ступенями замедления, а в шахтах, опасных по газу или пыли, — предохранительные: мгновенного ЭД-8ПМ, ЭДКЗ-ОП и короткозамедленного действия ЭДКЗ-ПМ15 семи ступеней замедления, ЭДКЗ-ПМ25 четырех ступеней замедления, позволяющих в определенной последовательности взрывать шпуровые заряды.

Расположение шпуров. В практике проведения квершлагов и полевых штреков применяют много различных вариантов схем расположения шпуров, которые выбирают в зависимости от крепости и структуры пород, площади сечения выработки, типа бурового оборудования.

При одной поверхности обнажения широко применяют клиновые врубы, состоящие из двух вертикальных и реже горизонтальных рядов шпуров, образующих соответственно вертикальный или горизонтальный клин. При выборе схемы вертикально-клинового вруба определяющим фактором является крепость пород. При $f = 3 \div 4$ лучших результатов достигают при применении одинарных вертикально-клиновых врубов (рис. 55,а), при $f = 5 \div 7$ — двойных вертикально-клиновых врубов, при $f = 8 \div 12$ — тройных вертикально-клиновых врубов.

Вертикально-клиновые врубы рационально применять в выработках с площадью сечения не менее 7 м² при к. и. ш. не менее 0,8. Недостатки клиновых врубов:

ограниченное подвигание забоя за взрыв (1—2 м), невозможность точного бурения шпуров под заданными углами к плоскости забоя.

В условиях практики широко применяют спирально-шагающий вруб (рис. 55, б), состоящий из четырех—восьми шпуров различной длины (длина самого короткого шпура составляет 1/2—1/3 длинных шпуров), расположенных по спирали в плоскости забоя. Заряды в них взрывают за один прием последовательно, начиная от центра. Число и длина шпуров, величина зарядов и расстояние между ними принимают в зависимости от крепости породы, площади сечения выработки, типа ВВ. Расстояние между шпурами по спирали увеличивают от 20 до 50 см. Спирально-шагающий вруб применяют в породах различной крепости. Подвигание забоя за одно взрывание составляет 1,8—2,5 м при к. и. ш. 0,9—0,95.

Конструкция зарядов, как правило, колонковая. В качестве забойки применяют пыжи из глины, крупнозернистый песок, гранулированный шлак или водонаполненные полиэтиленовые ампулы. Зарядание и забойку шпуров можно механизировать путем применения пневмозарядников, пневмозабойников и механических устройств для изготовления пыжей.

В шахтах, опасных по газу или пыли, взрывание разрешается только электрическое. В качестве источника тока применяют прибор ПИВ-100м. Взрывание производит мастер-взрывник из укрытия или с безопасного (не менее 75 м) расстояния от забоя.

Основным способом проведения квершлагов и полевых штреков является буровзрывной, которому свойственны следующие достоинства: применение в породах любой крепости, получение необходимой кусковатости породы, использование в выработках любого поперечного сечения и любого угла наклона. Недостатки: циклический характер работ, требующих повторного бурения и зарядания шпуров, взрывания зарядов и проветривания забоя; возможность воспламенения метана и угольной пыли в шахтах, опасных по газу или пыли; выделение большого количества вредных для здоровья человека газообразных продуктов взрыва; резкое увеличение трещин при взрыве, что ведет к увеличению горного давления; инициирование выбросов породы в определенных условиях на больших глубинах и др.

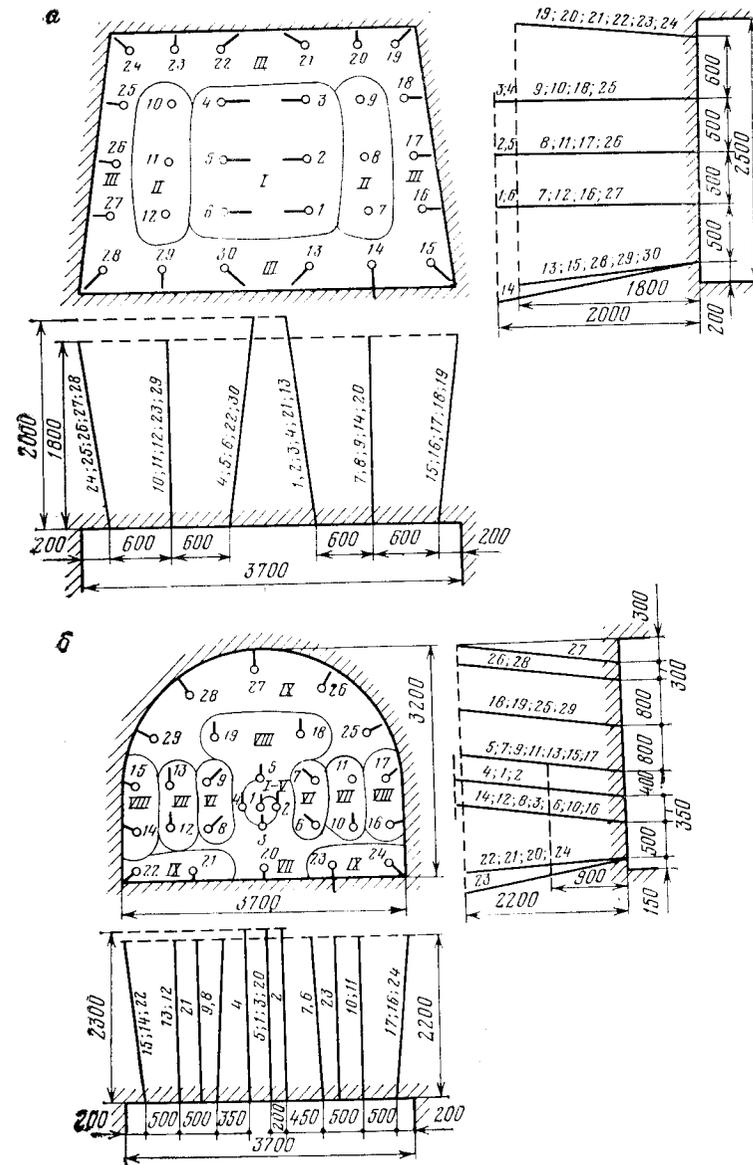


Рис. 55. Схемы расположения шпуров и очередность их взрывания (I, II ...)

Поэтому, учитывая недостатки буровзрывного способа там, где технически возможно и экономически целесообразно, его необходимо заменить комбайновым, который рекомендуют применять для проведения горных выработок по породам с $f < 6$ при площади сечения выработок до 35 м² и длине их более 300 м.

§ 57. Проветривание и приведение забоя в безопасное состояние

После взрывания зарядов ВВ призабойная часть выработки заполняется газообразными продуктами взрыва. Поэтому для создания нормальных санитарных и безопасных условий труда проходчикам необходимо выработку проветривать, чтобы воздух в забое содержал не менее 20% кислорода по объему и не более 0,5% углекислого газа. Температура воздуха не должна превышать 26 °С при относительной влажности до 90%. Средняя скорость движения воздуха должна быть не менее 0,25 м/с. Разжижение продуктов взрыва и удаление их из забоя должны происходить не более чем за 30 мин после взрывания зарядов ВВ.

Квершлага и полевые штреки проводят как одиночные выработки с тупиковыми забоями, которые проветривают вентиляторами местного проветривания. По виду применяемой энергии их делят на электрические и пневматические, а по принципу работы — на осевые и центробежные. На угольных шахтах в основном применяют осевые вентиляторы ВМ-4М, ВМ-5М, ВМ-6М, ВМ-8М, ВМ-12М с электрическим приводом и вентиляторы ВМП-4, ВМП-5М, ВМП-6М с пневматическим приводом, когда правила безопасности запрещают применение электроэнергии. Реже применяют центробежные вентиляторы ВЦ-7, ВЦП-16 для проветривания выработок протяженностью свыше 1,5—2 км при высоком газовойделении.

Технические характеристики вентиляторов местного проветривания приведены в табл. 8.

Одиночные горные выработки с тупиковыми забоями проветривают вентиляторами местного проветривания по трем схемам: нагнетательной, всасывающей и комбинированной. На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяют нагнетательную схему проветривания (рис. 56), которая наиболее проста, экономична и безопасна. Вентилятор устанавливают на

Таблица 8

Показатель	Электрические вентиляторы						Пневматические вентиляторы		
	ВМ-4М	ВМ-5М	ВМ-6М	ВМ-8М	ВМ-12М	ВЦ-7	ВМП-4	ВМП-5М	ВМП-6М
Подача, м ³ /мин	50—150	100—280	140—480	240—780	600—1900	90—640	45—160	80—280	120—480
Давление, даПа	145—70	240—60	340—75	420—80	350—80	140—900	220—40	200—50	290—60
Мощность двигателя, кВт	4	13	24	50	110	75	5	9	24
Расход сжатого воздуха при давлении 0,5 МПа, м ³ /мин	—	—	—	—	—	—	2,6—5	4—8	10—20
Максимальная площадь сечения проветриваемых выработок, м ²	5	10	16	20	24	14	5	10	16
Максимальная длина проветриваемых выработок, м:									
при одном вентиляторе	300	400	600	1000	1000	2500	250	400	600
при двух последовательно работающих вентиляторах	500	700	1000	1600	1600	—	450	600	1000
Масса вентилятора, кг	140	250	350	795	2300	1400	50	175	270

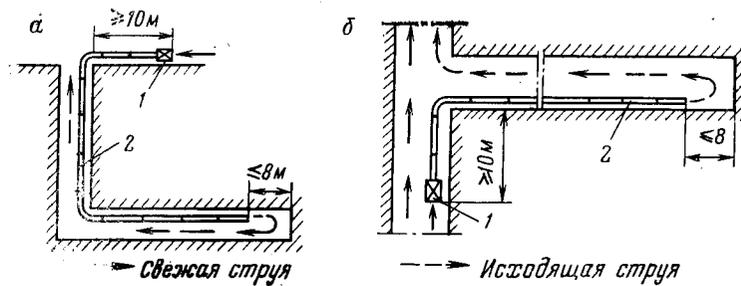


Рис. 56. Схемы нагнетательного проветривания квершлага (а) и полевого штрека (б):

1 — вентилятор; 2 — вентиляционный трубопровод

почве или подвешивают к крепи на свежей струе на расстоянии не менее 10 м от места выхода продуктов взрыва. Свежий воздух по трубам, проложенным по выработке, подается в забой, а отработанный — удаляется по всей выработке. По мере проведения выработки трубопровод наращивают. Отставание вентиляционных труб от забоя не должно превышать 8 м в газовых шахтах и 12 м в негазовых. Всасывающую и комбинированную схемы проветривания применяют на негазовых шахтах.

Вентиляционные трубы применяют матерчатые (прорезиненные), текстуритовые, пластикатные, капроновые и металлические. Более 90% всех вентиляционных трубопроводов местного проветривания выполняют в виде гибких вентиляционных труб диаметром 400; 500 и 600 мм, длиной звеньев 5; 10 и 20 м. Они имеют небольшую массу, транспортабельны, быстро устанавливаются и соединяются с помощью пружинящих колец. Текстуритовые трубы изготавливают диаметром 500—900 мм, длиной 5 и 10 м. Металлические трубы из листовой стали выпускают диаметром 300—800 мм звеньями по 3 м. Соединяют трубы с помощью фланцев болтами. При большой длине трубопроводов для уменьшения утечек воздуха в трубах размещают полиэтиленовые рукава.

Для нормализации микроклимата непосредственно в забоях подготовительных выработок (особенно глубоких шахт Донбасса, опасных по газу или пыли) применяют воздушно-душирующие электрические аппараты «Ветерок-3» или пневматические аппараты «Прохлада». Это простой и надежный способ регулирования микроклимата на рабочих местах.

В шахтах, где нормальные тепловые условия не обеспечиваются, необходимо применять искусственное охлаждение (кондиционирование) воздуха.

После проветривания выработки горный мастер или бригадир (звеньевой) измеряет содержание метана и дает разрешение рабочим на продолжение работы. Рабочие осматривают забой и с помощью ручного инструмента обрушают образовавшиеся навесы и отслоившиеся куски породы. При необходимости исправляют нарушенную постоянную крепь.

Перед погрузкой породы в забое выработки необходимо установить временную крепь. При рамной постоянной крепи в качестве временной в квершлагах и полевых штреках чаще всего применяют ограждающую выдвижную или ограждающую штыревую крепь, а при монолитной крепи — поддерживающую из металлических рам или арок, а также анкерные крепи.

§ 58. Погрузка и транспортирование породы

Погрузка породы наряду с бурением шпуров является наиболее длительным и трудоемким процессом, на который затрачивается до 30—40% общей продолжительности проходческого цикла. На угольных шахтах СССР погрузка породы почти полностью механизирована. Ручную погрузку применяют при небольших объемах работ или как вспомогательную.

В настоящее время механизацию погрузки породы при проведении горизонтальных выработок осуществляют погрузочными машинами, которые классифицируют по виду исполнительного рабочего органа — ковшовые типа ППН (погрузочная периодического действия нижнего захвата) и с нагребающими лапами типа ПНБ (погрузочная непрерывного действия бокового захвата); по конструкции ходовой части — колесно-рельсовые и гусеничные; по роду применяемой энергии — электрические и пневматические. Современные погрузочные машины иногда изготавливают с взаимозаменяемыми видами привода.

Для эффективного использования погрузочной машины в конкретных условиях необходимо учитывать площадь сечения выработки, крепость породы, наличие рельсовых путей, род энергии в забое, а также принятую организацию работ.

Технические характеристики погрузочных машин приведены ниже.

Тип машины	ППН-2	1ППН-5	МПК-3	1ПНБ-2	2ПНБ-2
Производительность, м ³ /мин	1	1,25	2,4	2	2
Вместимость ковша, м ³	0,25	0,32	1	Нагребающие лапы	
Фронт погрузки, м	2,5	4	Не ограничен		
Энергия	Электрическая (пневматическая)		Электрическая		
Крепость пород	Любая			<6	<12
Угол наклона выработ- ки, градус	±0	±0	±10	±8	±8
Масса, т	5	9	9,4	7	11,84

Ковшовые машины подразделяют на машины прямой погрузки — порода грузится непосредственно в вагонетки и ступенчатой погрузки — порода подается на перегрузочный конвейер, который передает породу в вагонетки или другие транспортные средства.

Погрузочная машина ППН-2 предназначена для погрузки породы в вагонетки при проведении однопутных выработок площадью сечения 5,3—8 м² в свету и высоте ее не менее 2,25 м.

Принцип работы машины ППН-2 (рис. 57,а) заключается в том, что машина с опущенным ковшом и прикрепленной к ней вагонеткой по рельсам подъезжает к взорванной породе. Ковш за счет напорного усилия машины внедряется в породу. После заполнения ковша включают механизм подъема и порода высыпается в вагонетку, а ковш под действием собственного веса опускается в первоначальное положение и цикл погрузки повторяется. Машину выпускают в двух вариантах — с электрическим или пневматическим приводом.

Машины ППН-2 несложны по конструкции и просты в управлении, могут работать в породах любой кре-

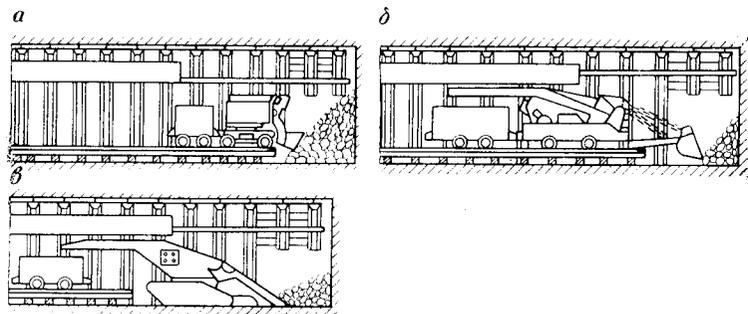


Рис. 57. Схемы погрузки породы

пости. Недостаток — ограниченный фронт погрузки, что при площади сечения выработок более 8 м² вызывает необходимость ручной подкидки пород к машине или использование двух машин, работающих параллельно.

Погрузочная машина 1ППН-5 предназначена для погрузки породы в вагонетки или на конвейер при проведении одно- или двухпутных выработок площадью сечения не менее 7,5 м² в свету. Машина конвейерно-ковшового типа (рис. 57,б). От машины ППН-2 отличается тем, что разгрузка ковша производится на перегрузочный конвейер машины, а затем уже в вагонетку или другие транспортные средства.

Погрузочная машина 1ПНБ-2 (рис. 57,в) предназначена для погрузки горной массы в вагонетки или на конвейер при проведении выработок площадью сечения не менее 5,6 м² в свету по породам с $f < 6$. Машина непрерывного действия с боковым захватом парными нагребающими лапами. Такой принцип работы обеспечивает большую производительность погрузки породы, чем ковшовые машины типа ППН. Наличие гусеничного хода позволяет иметь любой фронт погрузки.

Погрузочная машина 2ПНБ-2, по конструкции в основном аналогична машине 1ПНБ-2, но отличается большей прочностью, мощностью и размерами. Применяют при проведении выработок площадью сечения не менее 8 м² в свету по породам с $f < 12$.

Буропогрузочные машины 1ПНБ-2Б и 2ПНБ-2Б снабжены навесным бурильным оборудованием, позволяющим бурить шпуров для взрывных работ и под анкерную крепь. Навесное оборудование используют также для зарядания шпуров с люлек и подъема верхняков арочной металлической крепи. При уборке породы бурильная машина находится на сложном манипуляторе.

Перспективными являются ковшовые погрузочные машины МПК-3 на гусеничном ходу с боковой разгрузкой породы в обе стороны. Эти машины наиболее производительны работают при погрузке породы на конвейеры. Применяют их в выработках площадью сечения в свету не менее 14,4 м² при погрузке в вагонетки, площадь сечения 10,3 м² — на ленточный и 6,4 м² — на скребковый конвейеры. Производительность погрузочных машин и коэффициент их использования во времени зависят от равномерности дробления породы, кучности укладки ее у забоя, вида призабойного транспорта

и организации его работы, а также от квалификации обслуживающего персонала.

Существует несколько схем погрузки породы: в отдельные вагонетки с заменой грузеной на порожнюю, в состав вагонеток с заменой грузеной на порожний, на скребковый или ленточный конвейер.

Выбор схемы обмена вагонеток зависит от числа рельсовых путей в выработке, вместимости вагонеток, способа их откатки, числа и типа погрузочных машин.

В двухпутных выработках при погрузке породы в отдельные вагонетки вместимостью до 2 м^3 и использовании в забое одной-двух погрузочных машин 1 типа ППН применяют различные средства для обмена грузеных вагонеток на порожние: при работе одной погрузочной

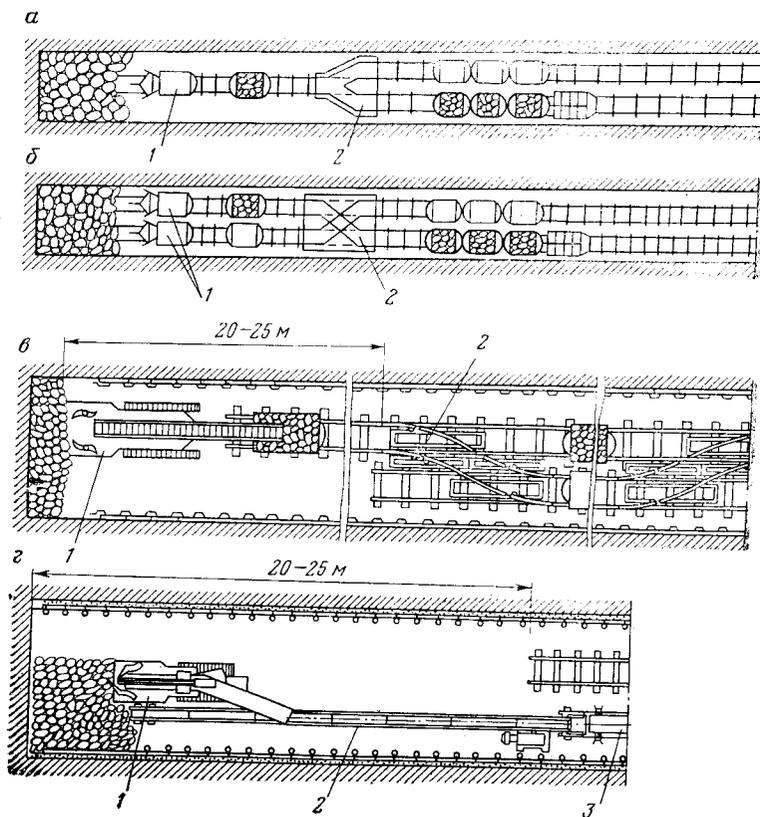


Рис. 58. Схемы обмена вагонеток в двухпутных выработках

зочной машины чаще всего используют врезную симметричную плиту-разминовку 2 (рис. 58,а), которую укладывают на расстоянии 5—6 м от забоя, соединяя оба постоянных рельсовых пути с одним временным.

Маневрирование с вагонетками заключается в том, что порожнюю вагонетку вручную или с помощью маневровой лебедки подают через плиту-разминовку к погрузочной машине. По окончании погрузки вагонетку через плиту-разминовку перегоняют на грузовой путь. Продолжительность маневров составляет 1,5—2 мин. Плита-разминовка имеет небольшую массу. По мере продвижения забоя через каждые 5—6 м ее передвигают погрузочной машиной на новое место.

При работе одной или двух погрузочных машин 1 типа ППН в двухпутных выработках обмен вагонеток производят с применением накладной двусторонней плиты-съезда 2 (рис. 58,б). Оба рельсовых пути настилают до забоя, что позволяет грузить породу поочередно или одновременно с обоих путей. По мере продвижения забоя через каждые 6—10 м плиту-съезд передвигают погрузочной машиной на новое место.

С целью обеспечения нормальной работы колесно-рельсовых погрузочных машин между забоем и постоянным рельсовым путем укладывают временные рельсовые пути, состоящие из отрезков рельсов длиной 1—2 м, приваренных к металлическим шпалам.

При применении погрузочных и буропогрузочных машин на гусеничном ходу 1 применяют накладные односторонние плиты-съезды 2 (рис. 58,в).

Использование накладных плит-разминок и плит-съездов исключает применение вагонеток вместимостью более 2 м^3 , так как операции по замене вагонеток выполняют в основном вручную, реже с помощью маневровых лебедок и электровозов.

Погрузочные машины 1 типа ПНБ (рис. 58,г) работают с высоким коэффициентом машинного времени при погрузке породы на скребковые конвейеры 2, которые легче наращивать по мере продвижения забоя. При большой длине выработки рекомендуется применять скребковый и ленточный 3 конвейеры, уложенные последовательно.

Для уменьшения продолжительности маневровых работ, исключения ручного труда проходчиков, и следовательно, увеличения производительности погрузочных машин и коэффициента их использования применя-

ют ленточные перегружатели с удлиненной стрелой, которые позволяют производить замену груженых составов на порожние как в двух-, так и в однопутных выработках. Перегружатели подразделяют на порталные УПЛ-2М, подвесные ППЛ-1, мостовые ППЛ-1К и др.

Перегрузатель УПЛ-2М применяют при погрузке породы в одно- и двухпутных прямолинейных выработках площадью сечения не менее $6,5 \text{ м}^2$ в свету (рис. 59,а). Используют перегружатель 2 в комплексе

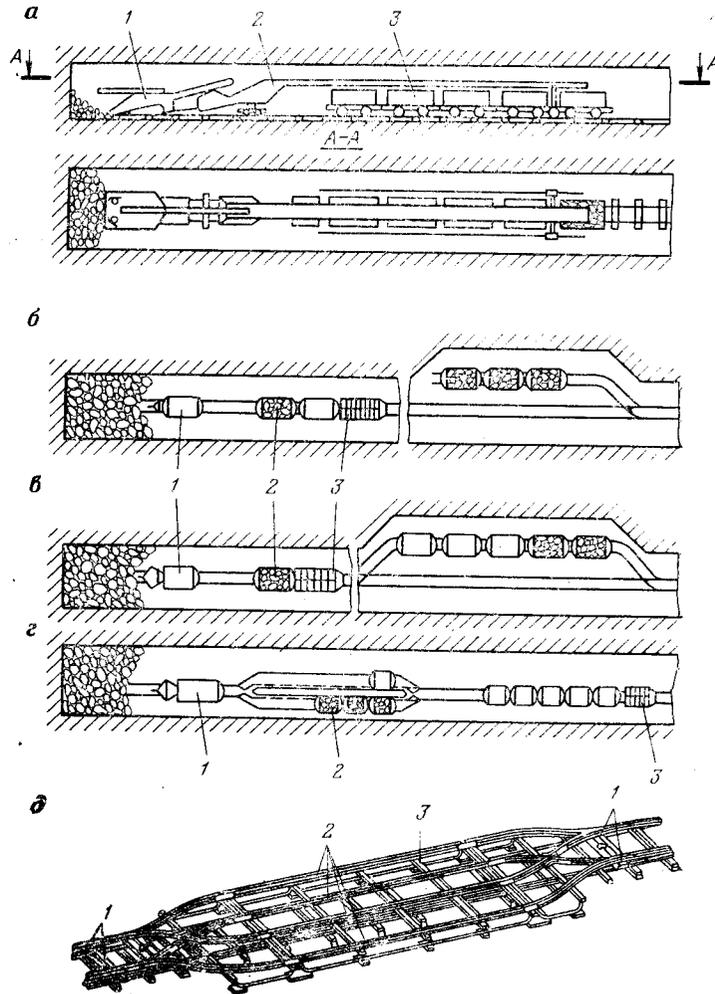


Рис. 59. Схемы обмена вагонеток в однопутных выработках
164

с погрузочными машинами 1 типа ПНБ и ППН. При максимальной длине перегружателя 23,3 м под ним размещают пять трехтонных вагонеток 3. В укороченном (до 14 м) виде перегружатель можно применять при проведении криволинейных участков горных выработок. Передвижение перегружателя УПЛ-2М по дополнительному рельсовому пути (ширина колеи 1800 мм и длина 12—16 м) производят погрузочной машиной.

Перегрузатель ППЛ-1 применяют при погрузке породы в прямолинейных двухпутных выработках, закрепленных металлической арочной крепью, площадью сечения не менее $8,8 \text{ м}^2$ в свету. Используют перегружатель в комплексе с буропогрузочными или погрузочными машинами типа ПНБ и ППН. Длина перегружателя 25 м. Во время работы перегружатель ППЛ-1 подвешивают к крепи с помощью монорельсового устройства, которое позволяет передвигать его вслед за продвижением забоя погрузочной машиной или маневровой тележкой. Монорельс наращивают отрезками по 4—8 м путем переноса его со стороны хвостовой части перегружателя ППЛ-1. Изготавливают его с электрическим (ППЛ-1Э) или пневматическим (ППЛ-1П) приводом.

Перегрузатель ППЛ-1К применяют в комплексе с комбайном 4ПП-2 или ПК-9р для перегрузки горной массы на скребковый конвейер или в вагонетки соответственно при площади сечения выработок не менее 7 и 8 м^2 в проходке. Длина перегружателя 22 и 35,2 м. Он опирается на почву выработки двумя опорами — передней на колесах и задней на лыжах. Передвижение к забою производится комбайном. Перегрузатель выбирают такой длины, чтобы под ним разместился состав вагонеток, необходимый для погрузки породы с одного цикла.

В однопутных выработках на практике при погрузке породы погрузочными машинами в отдельные вагонетки применяют тупиковые, замкнутые и накладные разминовки.

Тупиковая разминка (рис. 59,б) представляет рельсовое ответвление от основного пути (параллельно или под углом) на одну или несколько вагонеток. Устраивают ее на расстоянии 30—35 м от забоя. В выработках с недостаточной шириной проходчат расширения. Погрузочная машина 1 типа ППН загружает породу в вагонетки 2. Маневры осуществляют с по-

мощью электровоза 3, который подает под погрузку по одной вагонетке.

При погрузке породы погрузочной машиной 1 и использовании замкнутой разминовки (рис. 59, в) обмен вагонеток 2 осуществляют с помощью электровоза 3. Такие разминовки устраивают через 50—100 м на длину до одного состава вагонеток, необходимых для уборки породы с цикла. При недостаточной ширине выработки ее расширяют для устройства разминовки.

Обмен вагонеток с применением накладной разминовки (рис. 59, г) занимает до 1—1,5 мин, что в 2 раза меньше по сравнению со временем при применении замкнутой разминовки и в 2,5 раза меньше — при применении тупиковой разминовки.

Накладная разминовка (рис. 59, д) состоит из двух концевых 1 и одной или нескольких средних секций 2, собранных из рельсов и приваренных к металлическим шпалам 3. Разминовку укладывают на основной путь и по мере продвижения забоя передвигают лебедкой или погрузочной машиной. На одном пути размещают груженные вагонетки, а на другом — порожние. Длина разминовки позволяет разместить на каждой ветви до 5 однотонных или 2—3 большегрузные вагонетки. Маневровые работы осуществляют следующим образом: на одной ветви накладной разминовки размещают порожний состав, откуда по одной вагонетке вручную или маневровую лебедку подают к погрузочной машине. По окончании загрузки вагонетку откатывают, но уже на грузовую ветвь. При большом объеме погружаемой породы можно укладывать последовательно две-три разминовки недалеко одна от другой.

Более прогрессивным следует считать применение ленточных перегружателей и конвейеров. Перспективным является применение бункеров-поездов ПБЭ-1, БПС-2, ИСПБ-1 с составом из трех—пяти саморазгружающихся вагонов ВПК-7М и ВПК-10М вместимостью соответственно 7 и 10 м³.

§ 59. Возведение постоянной крепи

Возведение постоянной крепи наряду с бурением шпуров и погрузкой породы является наиболее длительным процессом. При проведении выработок буровзрывным способом на возведение рамной крепи затрачивает-

ся до 35%, а при комбайновом способе до 50% продолжительности проходческого цикла.

Основной причиной, не позволяющей механизировать процесс возведения рамной крепи, является сложность конструкции, представляющей многоэлементную систему, механизация возведения которой — очень сложная задача. Наиболее распространенные в настоящее время металлические арочные крепи из спецпрофиля СВП имеют большое число элементов (крепь АП-3 имеет 34, крепь АП-5 — 50 элементов, а с учетом штучной затяжки 80 и более элементов на 1 м выработки). Недостаточная механизация возведения крепи и, следовательно, высокая трудоемкость работ снижают производительность труда проходчиков и скорость проведения горных выработок.

При проведении горизонтальных выработок в крепких и средней крепости однородных породах постоянную крепь возводят из дерева, металла, камня, бетона и железобетона в зависимости от срока службы выработки и величины горного давления.

Конструкция, область применения и порядок работ по возведению постоянной крепи рассмотрены ранее.

Возведение постоянной крепи при проведении квершлагов и полевых штреков должно производиться в соответствии с паспортом проведения и крепления горной выработки при строгом соблюдении Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах.

§ 60. Вспомогательные процессы проходческого цикла

При проведении квершлагов и полевых штреков к вспомогательным процессам цикла относят настилку рельсового пути или наращивание конвейера, устройство водоотводной канавки, прокладку труб и кабелей, освещение забоя и выработки, маркшейдерское обслуживание, контроль за состоянием рудничной атмосферы. На выполнение вспомогательных процессов затрачивается до 15—30% общей продолжительности проходческого цикла.

Настилка рельсового пути. Применяют временные и постоянные рельсовые пути. Временные рельсовые пути служат для работы с них бурильных установок и погрузочных машин. Настилают временные пути вслед за подвиганием забоя звеньями в виде от-

резков рельсов длиной 1—2 м, приваренных к металлическим шпалам из швеллера или спецпрофиля СВП. По мере продвижения забоя временный путь заменяют постоянным с длиной рельсов 6—8 м.

Постоянные рельсовые пути служат для обеспечения работы рудничного транспорта в период эксплуатации. Верхнее строение рельсового пути состоит из балластного слоя, шпал, рельсов и креплений. В качестве балласта используют щебень или гравий. Допускается применение неразмокаемой породы ($f > 5$) от проведения выработок. Балласт можно не применять в выработках с пучащей почвой или при небольшом сроке службы выработок. Шпалы применяют железобетонные и деревянные, пропитанные антисептиками. Шпалы укладывают в балласт на $2/3$ их высоты. Расстояние между осями шпал должно быть не более 700 мм. Для удобства ремонтных работ в двухпутных выработках шпалы укладывают в шахматном порядке. После раскладки шпал на них укладывают подкладки и рельсы Р24 при откатке в вагонетках вместимостью до 2 м³ и Р33 или Р38 — при большей вместимости. Рельсы к шпалам прикрепляют костылями. Стыки рельсов соединяют с помощью двух накладок и четырех болтов. При прикреплении рельсов к шпалам необходимо путевым шаблоном проверить ширину колеи (расстояние между внутренними гранями головок рельсов). Стандартная ширина колеи на угольных шахтах составляет 600 и 900 мм. Рельсовые пути настилают с уклоном не более 0,005 (превышение 5 мм на 1 м длины выработок) в сторону околоствольного двора. Уклон пути проверяют ватерпасом. В местах разветвления путей укладывают стрелочные переводы.

В выработках, где транспортирование породы от забоя осуществляют скребковыми конвейерами, производят их наращивание по мере продвижения забоя.

Устройство водоотводных канавок. Канавки служат для отвода воды в водосборник околоствольного двора, откуда насосами ее откачивают на поверхность. При буровзрывном способе работ для образования канавки в почве выработки с одной стороны бурят и взрывают более глубокие шпуровые. Канавку сооружает бригада проходчиков одновременно с проведением выработки. Допускается окончательная отделка ее с отставанием от забоя до 20 м. Для обеспечения самотека воды канавке придают уклон 0,005 в сторону околоствольного двора

168

шахты. Канавки бывают прямоугольной и трапециевидной формы. Размеры их выбирают в зависимости от типа постоянной крепи выработки, притока воды и крепости пород по типовым сечениям горных выработок. В породах с $f > 10$ и притоках воды до 100 м³/ч канавки обычно не крепят, во всех остальных случаях крепят деревом, монолитным бетоном (рис. 60,а), железобетонными лотками (рис. 60,б). В местах передвижения людей и на погрузочных пунктах канавки сверху перекрывают деревянными щитами или железобетонными плитами.

Прокладка труб и кабелей. Для обеспечения проходческих забоев воздухом, водой и энергией применяют трубы и кабели, которые прокладывают в выработках так, чтобы они не мешали передвижению людей по вы-

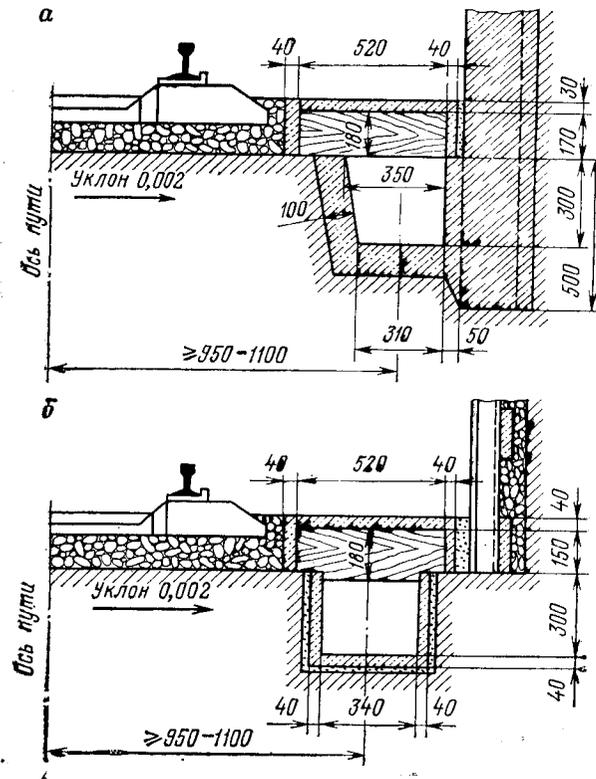


Рис. 60. Водоотливные канавки

работке и не могли быть повреждены подвижным составом не только при нормальном движении по рельсам, но и при сходе с них.

Вентиляционные прорезиненные трубы подвешивают крючьями вверху выработки к тросу диаметром 5—6 мм, который натягивают вдоль выработки. Трос и трубы необходимо заземлять. Нарращивает вентиляционные прорезиненные трубы проходческая бригада последовательно: вначале навешивают 5-метровое звено, по мере подвигания забоя его заменяют 10-метровым, затем опять 5-метровое, и только потом оба звена заменяют 20-метровым. Далее работы повторяют.

В зависимости от материала постоянной крепью трубы сжатого воздуха, дегазационные, водопроводные подвешивают с помощью хомутов, крючьев, подвесок и металлических штырей, заделываемых в крепь.

Силовые кабели подвешивают по одной стороне выработки, а осветительные, сигнальные и телефонные — по другой. В выработках, закрепленных деревянной и металлической арочной крепью, кабели подвешивают эластично на брезентовых подвесках. Расстояние между подвесками должно быть не более 3 м. Жесткое закрепление кабеля допускается только в выработках, закрепленных монолитной бетонной или железобетонной крепью. Подвеской, подключением к оборудованию и ремонтом кабелей занимаются электрослесари.

Освещение забоя и выработки. Безопасность и производительность труда проходчиков зависят от степени освещенности рабочего места. Кроме переносного (индивидуального) и местного (на проходческом оборудовании) освещения необходимо, чтобы выработка на длине до 100 м от забоя освещалась стационарными электрическими светильниками РП-100 и РП-200, подвешиваемыми через 4—8 м вдоль выработки. Хорошее освещение забоя выработки можно обеспечить также применением одного — двух прожекторов.

Маркшейдерское обслуживание. Контроль за проведением горных выработок производится маркшейдерской службой шахты. Особое внимание обращается на точность направления, уклона пути, поперечного сечения, радиусов закругления проводимой выработки. В промежутке между маркшейдерскими измерениями контроль осуществляют инженерно-технические работники участка и рабочие, которые для этих целей используют отвесы, рулетки, шаблоны, ватерпасы и др.

Для повышения точности контроля за проведением выработок и сокращения времени на эту работу применяют световые (УНС-2) и лазерные (ЛУН-3) указатели направления, которые создают световой луч на забой с большого расстояния.

Контроль за состоянием рудничной атмосферы. Контроль за состоянием рудничной атмосферы и соблюдением Правил безопасности осуществляют проходчики, технический надзор участка (работники участка вентиляции и техники безопасности (ВТБ)). В каждой смене должен быть прибор для определения содержания метана.

На шахтах все подземные рабочие должны быть обучены способам измерения содержания газа (метана или углекислого газа).

Все лица технического надзора при посещении шахты обязаны производить измерения метана и углекислого газа. В случае обнаружения недопустимого содержания газа лица технического надзора должны принять соответствующие меры.

На всех газовых шахтах в тупиковых выработках, проводимых с применением электроэнергии и проветриваемых вентиляторами местного проветривания, должна применяться аппаратура автоматического контроля количества воздуха и содержания метана.

§ 61. Комплексная механизация проведения квершлага и полевых штреков

Комплексная механизация достигается за счет применения комплектов и комплексов проходческого оборудования.

Комплект проходческого оборудования представляет набор машин и механизмов, позволяющий механизировать основные процессы цикла. Машины, входящие в комплект, не имеют кинематической связи, но связаны между собой технологически с целью их эффективного использования для повышения скорости проведения выработок и улучшения технико-экономических показателей работы. При применении комплектов оборудования остаются немеханизированными работы по креплению выработок и вспомогательные работы.

Различают комплекты для проведения горных выработок буровзрывным способом и с применением проходческих комбайнов. Комплекты оборудования для про-

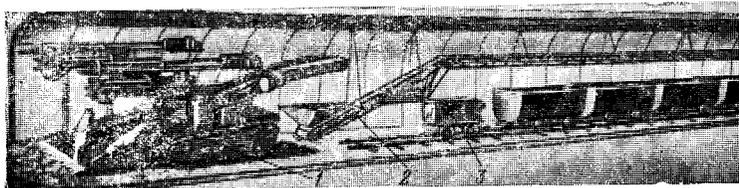


Рис. 61. Комплект проходческого оборудования для проведения горизонтальных выработок буровзрывным способом

ведения выработок буровзрывным способом (рис. 61) состоят из буропогрузочной машины 1, ленточного перегружателя 2 и маневровой тележки 3, служащей для обмена вагонеток и перемещения перегружателя. Вместо вагонеток можно применять конвейеры.

Комплекты оборудования для проведения выработок комбайновым способом состоят из проходческого комбайна, а остальное оборудование такое же, как при проведении выработок буровзрывным способом.

Проходческий комбайн — комбинированная горная машина для одновременного выполнения основных процессов, начиная с отделения от массива горной породы и кончая погрузкой ее в вагонетки или на конвейер.

Для проведения выработок по породе с $f=8-10$ разработаны роторные комбайны бурового действия «Ясиноватец-2», «ГОР-72», и комплекс «Союз-19у», прошедшие промышленные испытания на шахтах Донбасса и находящиеся в стадии конструктивной доработки.

Комбайновый способ по сравнению с буровзрывным имеет ряд достоинств: процесс проведения выработки приобретает непрерывный (поточный) характер, увеличивается безопасность работ, обеспечивается большая устойчивость выработки, повышается вдвое средняя скорость проведения выработки и на 50—100% производительность труда проходчика, снижается стоимость производимых выработок на 30—50%.

На угольных шахтах СССР протяженность выработок, проводимых комбайнами, достигает 40%, а парк проходческих комбайнов на шахтах составляет около 2000 шт.

Применение проходческих комбайнов позволяет перейти от циклической к непрерывной поточной организации работ с совмещением выполняемых процессов. Это

повышает скорость проведения выработок и производительность труда проходчиков.

Проблема комплексной механизации проведения горных выработок может быть решена путем широкого применения проходческих комплексов.

Комплекс проходческого оборудования представляет технологически увязанную систему машин и механизмов, обеспечивающую комплексную механизацию всех основных процессов цикла. Проходческий комплекс должен обеспечить отделение горной породы от массива в виде транспортабельных кусков, уборку и погрузку ее в вагонетки или на конвейер, а также крепление выработки. При работе машин комплекса должно осуществляться автоматизированное управление отдельными операциями или комплексом в целом.

Комплекс КГВ-2 предназначен для проведения выработок буровзрывным способом площадью сечения 10,3—19,2 м² в проходке по породам с $f < 12$ как при рельсовом, так и при конвейерном транспорте. Комплекс состоит из погрузочной машины 2ПНБ-2, бурильной установки БУЭ-2, ленточного перегружателя УПЛ-2, крепеустановщика КУ-1, установки механизированного заряжания шпуров УМЗ-1. В выработках площадью сечения более 15 м² вместо погрузочной машины 2ПНБ-2 применяется буропогрузочную — 2ПНБ-2Б.

Основу проходческого комплекса представляет комбайн, способный разрушать крепкие породы. Применение комплексов проходческого оборудования с комбайнами принципиально меняет технологию проведения горных выработок. Комплексная механизация проходческих работ позволяет механизировать крепление выработок и исключить применение ручных работ.

Проходческий комплекс «Союз-19у» предназначен для проведения выработок арочной формы площадью сечения 15,5 м² в свету и 20,6 м² в проходке по породам с $f=6-10$. Комплекс обеспечивает механизированное разрушение породного забоя, погрузку и доставку горной массы, а также крепление выработки. В состав комплекса входят комбайн «Союз» с исполнительным органом диаметром 4,75 м и прицепное оборудование (крепемонтажное устройство, перегружатель и прицепные опоры). Выработку крепят без остановки комбайна пятизвенной металлической арочной крепью, которую собирают и устанавливают на крепемонтажном устройстве в ремонтную смену. При работе комбайна

крепь подают к месту установки арок с помощью передвижчика и поднимают вверх гидроподъемниками. Для перекрытия кровли выработки применяют рулонную стеклотканевую затяжку. Гидросистема предусматривает работу комбайна в ручном и полуавтоматическом режимах. Для снижения запыленности воздуха на комбайне имеются пылеотсасывающая установка и система орошения. Суммарная мощность электродвигателей комплекса 910 кВт, масса 280 т, скорость проведения выработки 2—2,6 м/смену. Подача комбайна на забой осуществляется гидродомкратами распорноподающего устройства с шагом 1 м.

При промышленных испытаниях комплекса «Союз-19у» на шахте им. Стаханова в Донбассе по проведению полевого штрека в породах с $f=7-9$ комплекс обслуживала бригада из 40 чел. (по 10 чел. в звене). В декабре 1977 г. скорость проведения выработки составила 140 м/мес, а производительность труда проходчика — 2,63 м³ на выход.

На базе проходческих комбайнов «ТОР-72» и «Ясиноватец-2» создан новый тип комбайна КРТ (комбайн роторный торовый) с двумя взаимозаменяемыми исполнительными органами диаметром 4,4 м. На базе комплекса «Союз-19у» создается унифицированный ряд проходческих комплексов роторного типа.

Для монтажа проходческих комплексов и комплексов и обеспечения нормальной их работы необходимо предварительно подготавливать технологические отходы (25—65 м) с применением буровзрывных работ.

§ 62. Скоростное проведение квершлагов и полевых штреков

Многие проходческие бригады в несколько раз перебивают месячные нормативы проведения квершлагов и полевых штреков, проводя их со скоростью 300—500 м/мес и более. Так, бригада С. Д. Давыдова с шахты «Ровеньковская» объединения «Донбассантрацит» за 31 рабочий день буровзрывным способом прошла 550 м двухпутного квершлага площадью сечения 8,8 м² в свету и 11,5 м² в проходке. Квершлаг проводили преимущественно по породам с $f=5-8$. Для бурения 23 шпуров применяли колонковые сверла, устанавливаемые на манипуляторах погрузочной машины. После взрывания, проветривания и орошения взорванной породы приступали к ее уборке машиной ППМ-4. Вторая

погрузочная машина всегда находилась в резерве. Для обмена вагонеток применяли плиту-разминовку. Крепление осуществляли металлическими арками АП-3, устанавливаемыми через 1 м, с затяжкой боков и кровли деревом.

Графиком организации работ предусматривалось выполнение 2—2,5 цикла в смену. Работы велись в четырехшестичасовые смены при непрерывной рабочей неделе. Бригада состояла из 70 чел. и делилась на пять сменных звеньев по 14 проходчиков в каждом.

При среднем подвигании забоя квершлага в сутки 17,7 м производительность труда проходчика составила 0,312 м/смену, или 7,86 м/мес.

На шахте № 3—3-бис объединения «Прокопьевск-уголь» бригада В. Я. Полубесова за 31 рабочий день буровзрывным способом прошла 652 м полевого штрека площадью сечения 15,9 м² в проходке по породам с $f=4-6$. В забое бурили 50—55 шпуров средней длиной 2,5 м. Средняя скорость подвигания составила 2,2 м за цикл при к.и.ш., равном 0,88, и продолжительности цикла 2,4 ч.

Уборка взорванной породы осуществлялась двумя погрузочными машинами ПНБ-2. В резерве находились две погрузочные машины. Маневры осуществлялись двумя электровозами АМ-8. Крепление забоя осуществляли металлическими арками АП-3 через 1 м. Затяжка кровли и боков сплошная деревом.

Комплексная проходческая бригада в составе 44 чел. была разделена на четыре звена. Все рабочие имели общий выходной день. Графиком организации работ предусматривалось выполнение двух циклов в смену. Среднемесячная производительность труда проходчика составила 14,8 м.

На шахте «Западно-Донбасская» объединения «Павлоградуголь» бригада В. И. Будкова комбайном ПК-9р проводит выработки площадью сечения 8,8 м² в свету со скоростью более 500 м/мес.

Примером четкой организации работ при последовательном выполнении проходческих процессов является проведение полевого штрека площадью сечения 10 м² в свету по породам с $f=12-14$ без крепления на руднике Миргалимсай в Казахстане, где бригада Н. С. Кулеша за 31 рабочий день прошла 1237,6 м выработки.

Бурение 32—35 шпуров глубиной 2,2 м производилось одновременно десятью перфораторами ПР-24Л с

пневмоподдержек. В качестве ВВ применяли скальный аммонит № 1. Для погрузки породы применяли погрузочную машину ПНБ-2, которая грузила породу на секционный ленточный перегружатель и далее в вагонетки.

Комплексная проходческая бригада делилась на четыре сменных звена по 21 чел. в каждом: 11 проходчиков, четверо транспортных и двое путевых рабочих, трое слесарей и один мастер-взрывник. Средняя продолжительность цикла составляла 65 мин (бурение шпуров — 25 мин, зарядание и взрывание — 13, проветривание — 5, погрузка породы — 22 мин). Среднее подвигание забоя за сутки составило 46,6 м, производительность труда проходчика — 9,98 м³/чел-смену.

В практике при скоростном проведении горных выработок используют две, а то и три погрузочные машины, которые работают параллельно или последовательно. В последнем случае производится выгрузка породы одной-двумя машинами из забоя на почву выработки, а затем погрузка второй (третьей) машиной в вагонетки или на конвейер. Такая схема позволяет сократить неизбежные перерывы в работе и обеспечивает быстрое высвобождение забоя от взорванной породы, что способствует скорейшему переходу к следующему проходческому процессу.

Опыт скоростного проведения горных выработок показывает, что для достижения высоких технико-экономических показателей необходимо:

использовать буропогрузочные машины или бурильные установки и погрузочные машины непрерывного действия;

применять перегружатели и большегрузные вагонетки;

обеспечивать транспортирование элементов крепи, затяжек и рельсов в специальных контейнерах по схеме завод — шахта — забой;

применять оптимальные технологические схемы;

иметь в выработке резервное проходческое оборудование и необходимые запасные части к нему;

совмещать возведение постоянной крепи с другими процессами цикла;

использовать комплексные проходческие бригады с большим опытом работы по данной технологии;

проводить хорошую подготовку к скоростной проходке;

применять научную организацию труда и работу по графикам цикличности;

избегать уравниловки в оплате труда (зарплату проходчикам начислять с учетом их квалификации и коэффициента трудового участия).

ГЛАВА XIV

ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В МЯГКИХ ОДНОРОДНЫХ ПОРОДАХ

К выработкам, проводимым в мягких однородных породах, относят штреки в мощных и средней мощности пластах. Их в основном проводят комбайновым способом, реже буровзрывным способом или с помощью гидромеханизации. Проведение штреков отбойными молотками применяют крайне редко, так как этот способ является дорогим и трудоемким. Используют отбойные молотки обычно при оконтуривании выработки, оформлении водоотводных канавок и др.

§ 63. Проведение штреков комбайновым способом

Применение проходческих комбайнов является основным направлением технического прогресса в механизации проведения горных выработок. На угольных шахтах СССР широкое применение получили комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом, которые обрабатывают забой последовательно слоями или заходками. С их помощью проводят выработки площадью сечения от 4 до 25 м².

Техническая характеристика комбайнов избирательного действия приведена ниже.

Тип комбайна	ГПК	ГПК-2	ПК-9р	4ПП-2	4ПП-5
Производительность, т/мин	<1,8	<3,5	<2,5	<2,5	<3,5
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	4,7—15	10,9—35	7—16	9—25	14—35
Угол наклона выработки, градус	±10	±10	±10	±10	±10
Крепость пород f	<4	<6	<4	<6	<6
Присечка породы, %	<30	<50	<50	<75	<75
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	95	200	167,3	202	350
Масса комбайна, т	18	48	30,5	40	55

Преимущества комбайна избирательного действия: хорошая маневренность, возможность проводить выработку, различные по форме и поперечному сечению, сравнительно небольшая стоимость.

Комбайны бурового (непрерывного) действия на угольных шахтах применяют реже, так как они имеют меньший диапазон поперечных сечений проводимых выработок, большую массу и стоимость. Для эффективного использования таких комбайнов необходимо иметь значительный годовой объем проводимых выработок.

Эффективная работа комплектов оборудования с проходческими комбайнами зависит от производительности транспортных средств и возможности их непрерывной работы. В качестве призабойного транспорта используют ленточные перегружатели, с которых горная масса перегружается в вагонетки (рис. 62,а), на ленточный конвейер (рис. 62,б) или сначала на скребковый, а потом на ленточный конвейер. При погрузке уг-

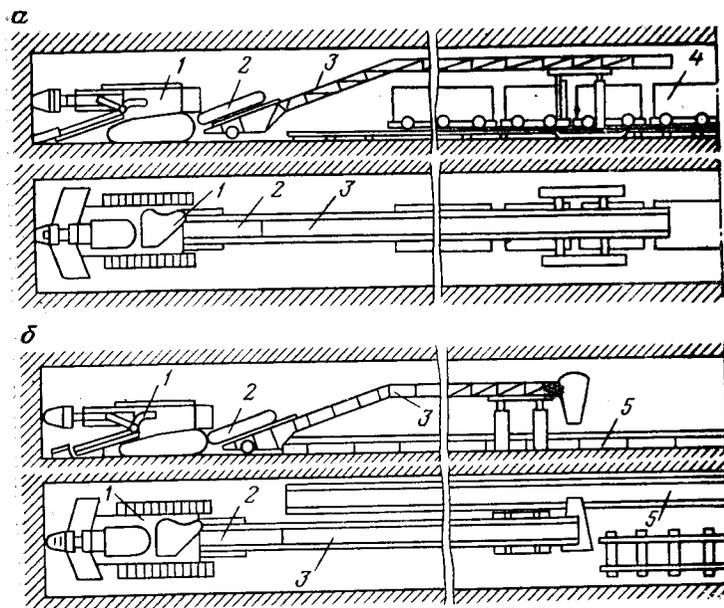


Рис. 62. Схемы призабойного транспорта при комплектах оборудования с проходческими комбайнами:

1 — комбайн; 2 — мостовой перегружатель; 3 — прицепной перегружатель; 4 — вагонетка; 5 — ленточный конвейер

ля в вагонетки обмен груженых на порожние вагонетки осуществляют электровозами. Более совершенным является использование конвейерного транспорта, особенно телескопических ленточных конвейеров, которые обеспечивают транспортирование угля на расстояние 45—50 м без наращивания конвейерной ленты.

Производительность комбайна и всего комплекта оборудования снижается из-за наличия немеханизированных процессов проходческого цикла, особенно по возведению постоянной крепи, требующих остановки комбайна. Для сокращения простоев рекомендуют заменять железобетонную затяжку металлической решетчатой или стеклотканевой рулонной. Рациональным является также применение анкерной или комбинированной крепи.

При выемке угля комбайнами необходима максимальная механизация доставки элементов крепи в подготовительный забой. Для этого используют контейнеры, которые загружают на поверхности, доставляют в забой, где их разгружают.

Максимальная производительность проходческих комбайнов достигается при использовании их в проходческих комплексах, которые включают гидрофицированную передвижную крепь для забойной части выработки, оборудование для механизации призабойных транспортных операций, возведения постоянной крепи вслед за передвигающейся гидрофицированной крепью и для других работ.

Комплекс КН-5 предназначен для проведения выработок по углю площадью сечения 7—13 м² в проходке. Форма поперечного сечения выработки прямоугольная. Комплекс состоит из проходческого комбайна ГПК, ленточного перегружателя, левой и правой кассет для сетчатой затяжки, крепеукладчика с запасом верхняков, навесного бурильного оборудования МАП-1 для анкерования, электрооборудования, системы пылеулавливания и гидросистемы. Проветривание забоя осуществляют вентиляторами местного проветривания.

Комплекс КН-5 осуществляет отбойку и погрузку горной массы, а также возведение временной и постоянной крепей.

Выработки, оснащенные комбайновыми комплектами и комплексами, проводят по графикам цикличности. При 30-часовой рабочей неделе и 6-часовой смене графиком организации работ предусматривается четырех-

сменный режим: три рабочие смены — по проведению выработки и одна — ремонтно-подготовительная. Рабочие имеют общий выходной день — воскресенье, второй — для каждого работника по скользящему графику; или два общих выходных дня, в течение которых общешахтная специализированная бригада наращивает транспортные сети и все виды коммуникаций. Только при рациональной организации труда проходчиков, занятых непосредственно проведением выработок, можно достичь высоких и стабильных показателей. Примером может служить бригада, возглавляемая А. Я. Хмелевым, с шахты «Октябрьская» объединения «Кузбассуголь». Бригада систематически добивается высоких показателей в работе, неоднократно устанавливала всесоюзные рекорды месячной скорости проведения выработок по углю средней крепости комбайнами ПК-3м и ПК-3р. Так, за период 1962—1975 гг. максимальные скорости проходки выросли с 474 до 2351 м/мес.

Проходческие бригады страны соревнуются за доведение нагрузки на комбайн до 5 км/год. Этого рубежа впервые в 1974 г. достигла бригада Героя Социалистического Труда А. А. Кубайчука на шахте «Майкудукская» объединения «Карагандауголь». Средняя скорость составила 415 м/мес, производительность труда 6,16 м³/чел-смену. Среднесписочный состав бригады 48 чел.

Рекордной скорости достигла проходческая бригада В. Г. Вендиловича с шахты им. Абакумова объединения «Донецкуголь». За месяц было пройдено 1826 м штрека по пласту мощностью 2,2—2,5 м. Проходка велась комбайном ПК-3м, а транспортирование угля от комбайна — системой скребковых конвейеров. На этой шахте ежегодный объем проведения штреков комбайнами составляет 11—13 км, или около 80% общего объема по шахте.

На шахте «Воргашорская» объединения «Воркутауголь» бригадой А. А. Сахарова за 31 рабочий день было пройдено 1172 м штрека площадью сечения 11 м² в проходке по пласту мощностью 3,2 м. Штрек проводился комбайном ПК-3р. Выработка крепилась деревянными рамами трапециевидной формы с затяжкой кровли и боков. Списочный состав бригады составил 84 чел., производительность труда рабочего — 14,9 м/мес.

§ 64. Проведение штреков буровзрывным способом

Проведение штреков буровзрывным способом по углю из-за известных недостатков применяется редко, его применяют в основном в Кузнецком и Подмосковном угольных бассейнах на шахтах, не опасных по газу или пыли. Этот способ применяют также при проведении подготовительных выработок длиной до 300 м, где применение проходческих комбайнов нецелесообразно.

Общая технология проведения выработок в однородных мягких породах буровзрывным способом аналогична технологии, применяемой в крепких породах. Для бурения шпуров в основном применяют ручные электрошверла СЭР-19М, ЭР14Д-2м, ЭР18Д-2м, ЭРП18Д-2м и резе швемосверла СР-3М, СПР-13-750. Можно применять и колонковые электрошверла. Не более перспективным является применение бурильных установок типа БУЭ.

Глубину шпуров принимают равной 1,5—3 м в зависимости от устойчивости пород кровли, применяемых средств бурения, площади сечения выработки, числа циклов в смену. Расстояния между зарядами должны быть не менее 0,6 м. ВВ выбирают в зависимости от условий их применения.

Врубы применяют те же, что и в породных забоях. Расход ВВ и число шпуров на цикл определяют по формулам, приведенным в § 23. Взрывание зарядов, как правило, электрическое. Проветривание забоя осуществляют вентиляторами местного проветривания.

Взрывные работы необходимо вести в соответствии с паспортом буровзрывных работ при строгом соблюдении Единых правил безопасности при взрывных работах.

Погрузку угля в вагонетки или на конвейер производят погрузочными машинами непрерывного действия типа ПНБ. Работу по проведению штреков ведут комплексные бригады в составе 15—45 чел. по графикам цикличности с выполнением 1—5 циклов в смену. На шахтах объединения «Прокопьевскуголь» штреки площадью сечения 10—15 м² проводят буровзрывным способом со скоростью 240—250 м/мес. Бригада Н. Г. Кочеткова с шахты №3-бис этого объединения, работая по многоцикличному графику (5 циклов в смену), при проведении откаточного двухпутного штрека площадью сечения 13,3 м² в свету и 15,9 м² в проходке по пласту

мощностью 3—4 м с углом залегания 45—72° за 31 рабочий день прошла 1160 м выработки. Бурение шпуров вели шестью ручными электросверлами, погрузку угля— тремя погрузочными машинами ИПНБ-2. Работу по погрузке осуществляли следующим образом: две погрузочные машины, установленные в забое, за 15 мин перегружали уголь в навал, а третья — в вагонетки. Для маневровых работ использовали электровоз. Крепили штреки арочной податливой металлической крепью с затяжкой кровли и боков. Продолжительность проходческого цикла составила 1,2 ч, производительность труда проходчика — 2,3 м³/чел-смену.

§ 65. Проведение штреков с помощью гидромеханизации

Сущность проведения штреков с помощью гидромеханизации (рис. 63) заключается в том, что струя воды под давлением 5—10 МПа, выходя из гидромонитора 1 с ручным или дистанционным управлением, разрушает пласт угля. Отбитый уголь вместе с водой (пульпа) по металлическим решёткам 2 самотеком (уклон 0,05—0,07) направляется в участковый или общешахтный пульпосборник, откуда углесосами выдвигается на поверхность, где обезвоживается, а вода насосами вновь подается к гидромониторам. Цикл работ включает в себя образование горизонтального вруба глубиной 0,3—0,5 м на всю ширину выработки, отбойку угля слоями (I, II, ...) снизу вверх, удаление смывом разрушенного угля и крепление штрека. Штреки крепят деревянными неполными рамами, металлическими трехзвенными арками или анкерной крепью после подвигания забоя на 4—6 м. Затем передвигают гидромонитор ближе к забою, наращивают трубы напорного водовода, вентиляции, металлические решётки и монорельсовую дорогу. Последняя служит для доставки в контейнерах материалов и оборудования в забой.

Проведение штреков с помощью гидромониторов, как правило, организуют по многозабойному методу. После отбойки и смыва угля на величину заходки (4—6 м) в одном забое гидромониторщик переходит в другой, затем в третий и т. д. Три-четыре помощника гидромониторщика выполняют все остальные операции цикла в забое. Бригада из 4—5 чел., работая в двух-трех забоях, проводит до 15—20 м/смену выработки.

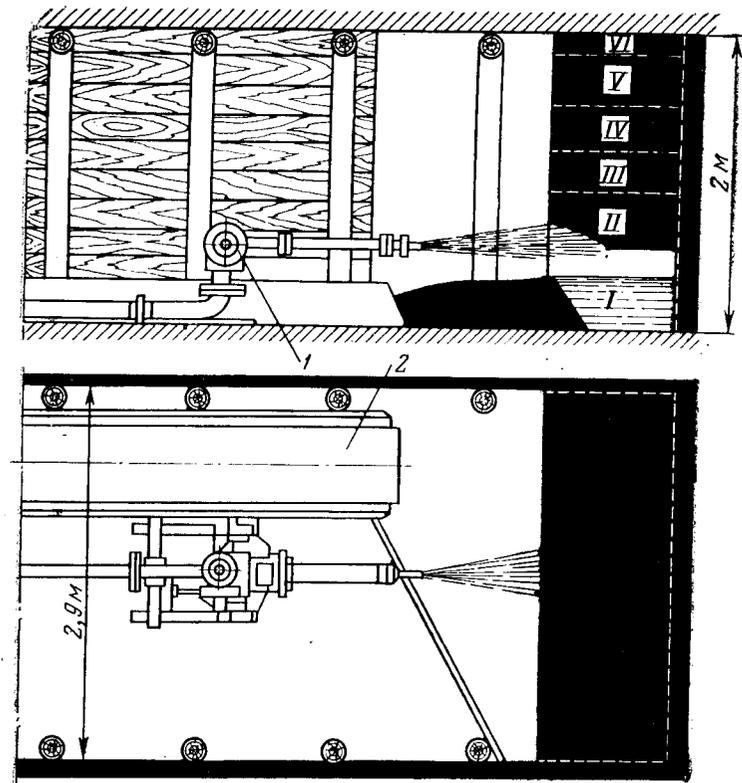


Рис. 63. Схема проведения выработок при отбойке угля гидромонитором

Отбойка угля гидромониторами эффективна при крепости его $f < 1,5$. При проведении выработок с $f > 1,5$ или с присечкой боковых пород, когда эффективность разрушения массива струей воды мала, применяют предварительное рыхление взрывными работами или комбайнами с последующим смывом водой. Такой способ проведения выработок называют комбинированным (взрывогидравлический, механогидравлический).

Достоинства гидромеханизации: малооперационная и точная технология; возможность применения на шахтах, опасных по газу или пыли; высокая производительность труда; отсутствие пылеобразования; снижение температуры воздуха. К основным недостаткам относят: высокий удельный расход электроэнергии (в 5—10 раз

выше, чем на обычных шахтах), большая трудоемкость доставки материалов и оборудования в забой, повышенная влажность воздуха в выработках.

ГЛАВА XV

ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В НЕОДНОРОДНЫХ ПОРОДАХ

§ 66. Основные понятия

К основным горизонтальным выработкам относят штреки (откаточные, вентиляционные, промежуточные), которые проводят по тонким пластам угля с подрывкой боковых пород. Подрывкой называют попутное извлечение боковых пород в пределах контура поперечного сечения выработки.

Возможны три вида подрывки (рис. 64): почвы пласта (нижняя), кровли пласта (верхняя), почвы и кровли пласта (двусторонняя). Вид подрывки выбирают с учетом угла залегания пласта, крепости боковых пород, назначения выработки, способа транспортирования груза по штреку, необходимости доставки материалов и оборудования из штрека в лаву.

В устойчивых породах кровли (известняки, песчаники) с углом залегания пластов до 12° (реже до 25°) откаточные штреки проводят с нижней подрывкой при трапецевидной форме. Если в кровле залегают породы средней крепости или мягкие, то откаточный штрек проводят с двусторонней подрывкой при арочной форме, что обеспечивает равномерную нагрузку на крепь и создает удобство перегрузки угля с конвейера лавы в вагонетки. Вентиляционные и промежуточные штреки,

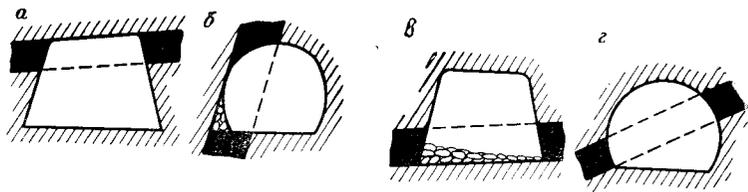


Рис. 64. Расположение подрывки породы при проведении штреков по тонким пластам угля узким забоем:

а, б — подрывка почвы; в — подрывка кровли; г — подрывка почвы и кровли

как правило, проводят с верхней подрывкой для удобства закладки породы от проведения в выработанное пространство, доставки материалов и оборудования в лаву.

При угле залегания пластов $25-55^\circ$ откаточные и вентиляционные штреки проводят с двусторонней подрывкой при любой форме поперечного сечения. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы пласт угля занимал возможно большую площадь в сечении штрека.

При угле залегания пластов $55-90^\circ$ откаточные и вентиляционные штреки всегда проводят с подрывкой породы почвы (лежащего бока). Это обеспечивает большую устойчивость штрека.

Штреки можно проводить сплошным забоем (без разделения выемки угля и породы) и сложным забоем (с отдельной выемкой угля и породы).

Техника, технология и организация работ по проведению штреков в неоднородных породах сплошным забоем аналогичны проведению выработок в однородных породах. Достоинства схемы: простая организация работ, высокая скорость проведения выработок, а недостаток — потеря угля.

Преимущество проведения штреков сложным забоем — попутная добыча угля, а недостатки — усложняется организация работ, снижается скорость проведения штреков.

При сложном забое различают два способа проведения штреков — узким и широким забоем.

§ 67. Проведение штреков узким забоем

Сущность проведения штреков узким забоем заключается в том, что уголь вынимают только в пределах поперечного сечения выработки, а породу, полученную от подрывки, выдают на поверхность (см. рис. 64).

При отдельной выемке угля и породы штреки проводят по двум схемам: угольный забой не опережает породный; угольный забой опережает породный на 1,5—5 м. В основном применяют первую схему, при которой после выемки угля производят выемку породы на такую же глубину. Достоинство схемы — простота ведения горных работ, так как все работы по углям и породам сосредоточены в одном месте; недостаток — невозможность полного совмещения работ по углям и породам.

Проходческий цикл при проведении штреков с раздельной выемкой угля и породы включает следующие основные процессы: выемку угля, подрывку боковых пород, крепление штрека.

Выемка угля. Ее производят в основном буровзрывным способом, выбуриванием, а при большой газообильности пласта или слабых боковых породах — отбойными молотками. При буровзрывном способе для бурения шпуров по мягким и средней крепости углям применяют ручные электрические или пневматические сверла; по крепким углям — электросверла с принудительной подачей. В зависимости от площади угольного забоя в работе может находиться одновременно 2—3 сверла. Глубину шпуров принимают 1,5—2,5 м.

Если после взрыва забои выравниваются, то глубину шпуров по углю и по породе определяют по формуле

$$l_y = l_{\text{п}} = L / (Nn\eta),$$

где L — скорость проведения выработки, м/мес; N — число рабочих дней в месяц; n — число циклов в сутки, η — к.и.ш.

В устойчивых боковых породах для увеличения длины заходки проводят два цикла по углю и один по породе. В этом случае необходимо согласовывать глубину шпуров по углю l_y и по породе $l_{\text{п}}$ с подвиганием забоя выработки ($l_{\text{зах}}$) за цикл:

$$l_{\text{зах}} = k_y l_y \eta_y = l_{\text{п}} \eta_{\text{п}},$$

где $k_y = 1 \div 2$ — число заходов по углю, приходящихся на один цикл проведения штрека.

Расход ВВ на заходку, число шпуров и величину заряда ВВ на один шпур определяют по приведенным в § 23 формулам или принимают по данным практики. Расход ВВ на 1 м³ взорванного угля составляет 0,6—1,3 кг, а величина заряда в шпуре — 0,5—1,5 кг. В шахтах, опасных по газу или пыли, в качестве ВВ применяют аммонит Т-19 и угленит Э-6, а в особо опасных забоях по углю — патроны СП-1 (высокопредохранительные патроны). В шахтах III категории и сверхкатегорных по газу взрывные работы по углю и породе допускаются только с разрешения главного инженера (технического директора) производственного объединения.

В качестве СВ применяют электродетонаторы мгновенного и короткозамедленного действия при максимальном времени замедления с учетом разброса по времени срабатывания не более 135 мс.

На шахтах, не опасных по газу или пыли, можно применять клиновые врубы, а на шахтах, опасных по газу или пыли, — прямые и веерные врубы, образуемые параллельными или расходящимися в глубине массива шпурами, что гарантирует большую безопасность взрывных работ. Прямые врубы в зависимости от крепости угля и мощности пласта состоят из двух или четырех пар параллельных шпуров. Глубину длинных шпуров принимают 2—2,5 м, а коротких — в два раза меньше. Расстояние между короткими и длинными шпурами должно быть не менее 0,1 м, а между зарядами во всех случаях — не менее 0,6 м. Веерный вруб представляет собой комплект расходящихся в глубине массива шпуров. При мощности пластов до 0,75 м шпуры располагают в один ряд, при мощности 0,75—1 м — в шахматном порядке, а при мощности более 1 м — в два и более ряда. Схема расположения шпуров по углю и породе при проведении штрека показана на рис. 65. После монтажа электровзрывной сети и взрывания зарядов выработку проветривают.

При одном отходе по углю и одном отходе по породе за цикл угольный забой перед взрыванием должен находиться на одном уровне с породным, что позволяет силой взрыва ВВ выбросить уголь на почву выработки и обеспечить его погрузку в вагонетки или на конвейер машиной, установленной в штреке.

При двух отходах по углю и одном отходе по породе за цикл после первого отхода угольный забой должен быть зачищен от угля и закреплен рамами, состоящими из распилы и подбиваемых под него двух-трех стоек. Расстояние между рамами 0,7—1 м.

На шахтах, где взрывные работы по углю запрещены, выемку угля производят выбуриванием. В однопутных выработках используют бурильные установки БУЭ-1М, а в двухпутных — БУЭ-2 и БУЭ-3, которые обеспечивают бурение скважин по углю диаметром 300 мм на глубину до 3 м. Продолжительность выемки угля способом выбуривания по сравнению с буровзрывной выемкой сокращается в 2—3 раза.

Подрывка боковых пород. При буровзрывном способе проведения штреков для бурения шпуров по по-

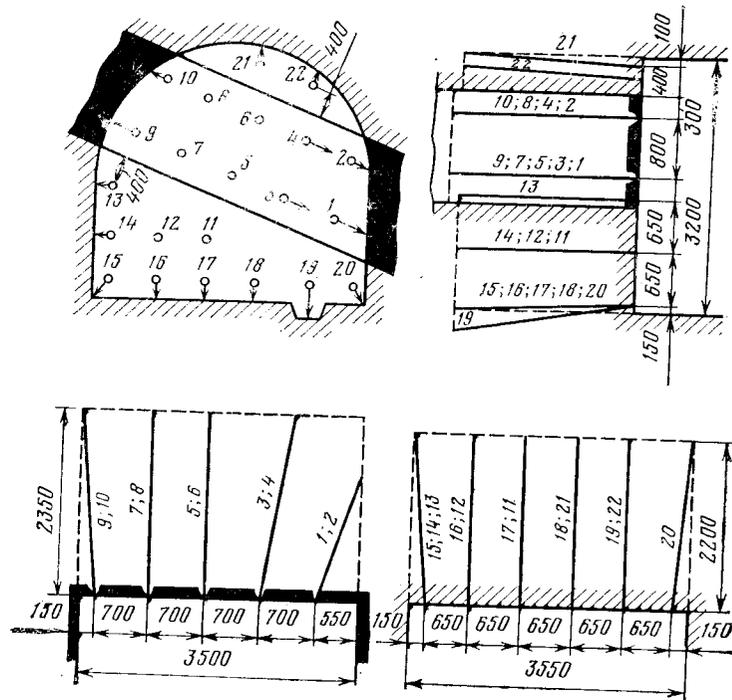


Рис. 65. Схема расположения шпуров при проведении штрека

роде с $f=4-8$ применяют колонковые электросверла СЭК-1 и ЭБГП-1, устанавливаемые на погрузочных машинах с помощью манипуляторов, или электрические бурильные установки БУЭ-1М, БУЭ-2, БУЭ-3. Пневматические бурильные установки БУ-1, БУР-2 применяют в породах с $f>8$.

Расход ВВ на 1 м³ породы в массиве определяют с учетом двух открытых поверхностей забоя и принимают равным 0,5—1,1 кг. Число шпуров определяют расчетным путем или принимают по данным практики. Шпуров по породе с $f<4$ располагают равномерно рядами параллельно открытой поверхности. При $f>4$ оконтуривающие шпуров размещают ближе к проектному контуру выработки и бурят их под углом 85—87°, чтобы забой шпуров выходили на проектный контур. Глубина шпуров по породе увязывается с глубиной шпуров по углю.

Взрывание зарядов в шпурах по углю и породе производят как отдельно, так и одновременно. При раз-

дельном взрывании заряды шпуров и взрывание зарядов по породе допускается только после проветривания и орошения забоя, погрузки взорванного угля, измерения концентрации газа и других мер, обеспечивающих безопасность дальнейших работ в забое. В качестве ВВ обычно применяют аммонит Т-19. Проветривание осуществляют вентиляторами местного проветривания.

Для погрузки горной массы применяют те же погрузочные машины, что и при проведении выработок по породе (ППН-2М, 1ППН-5, 1ПНБ-2, 2ПНБ-2), которые выбирают с учетом поперечного сечения штрека, крепости породы и возможности погрузки угля и породы одной машиной.

Крепление штрека. Крепят штреки металлической, деревянной или смешанной крепью. Форму поперечного сечения чаще всего применяют арочную или трапециевидную, а в особо тяжелых горно-геологических условиях — круглую. Чаще всего для крепления пластовых штреков применяют металлическую арочную податливую крепь из спецпрофиля СВП: при мощности пласта до 1 м — трехзвенную с податливостью до 0,3 м и более 1 м — пятизвенную с податливостью до 0,7 м. Плотность крепи принимают 1—2 рамы на 1 м.

Крепь штреков должна обладать большей податливостью, чем крепь полевых выработок, так как они находятся в зоне влияния очистных работ. Поэтому в зависимости от мощности пласта высоту штреков при их проведении принимают на 30—40% больше проектной. Отставание постоянной крепи от забоя по породе должно определяться паспортом проведения и крепления штрека и согласно Правилам безопасности не должно превышать 3 м. Пространство между породным забоем и постоянной крепью закрепляют временной предохранительной выдвигной или анкерной крепью.

Обмен вагонеток или наращивание конвейеров, настилка рельсового пути, устройство водоотводных канавок и другие процессы проходческого цикла при проведении пластовых штреков выполняют так же, как и при проведении выработок по однородным породам.

Для увеличения скорости проведения пластовых штреков необходимо совмещать во времени как отдельные процессы проходческого цикла, так и работы по углю и породе.

Работы в угольном и породном забоях выполняют

комплексные проходческие бригады с выполнением 2—4—6 и более циклов в сутки.

При сплошных системах разработки среднемесячные скорости проведения пластовых штреков составляют 70—90 м, при столбовых 150—200 м. Однако многие проходческие бригады в несколько раз перекрывают нормативные показатели. Так, в бригаде Героя Социалистического Труда Г. А. Мордовцева с шахты им. Чеснокова объединения «Стахановуголь» среднемесячные скорости проведения штреков превысили 170 м, а в августе 1982 г. бригада прошла 221 м откаточного штрека площадью сечения 13,5 м² в проходке и 10,4 м² в свету. Подрывка пород двусторонняя, мощность пласта 0,65 м, шахта сверхкатегорная по газу и опасная по угольной пыли. Списочный состав бригады 50 чел. (5 звеньев). Режим работы — четырехсменный при непрерывной рабочей неделе. В каждую смену выходило звено, состоящее из семи проходчиков. В первую смену работали еще четыре человека, которые занимались настилкой постоянного рельсового пути и доставкой материалов. В каждой смене работал дежурный электрослесарь.

Цикл (рис. 66) начинали с выемки угля отбойными молотками. Этот процесс выполняли четыре проходчика. Бурение 36 шпуров по породе производили установкой БУР-2. Породу убирали машиной ИППН-5 в вагонетки ВД-3,3. Грузенные вагонетки отталкивали по прямому пути породопогрузочной машиной на разминовку. После уборки породы пять проходчиков приступали к возведению постоянной арочной металлической крепи из спецпрофиля СВП-22 со сплошной деревянной затяжкой. Рамы устанавливали через 1 м. Согласно графику организации работ за шестичасовую смену выполняли один цикл с продвижением забоя на 2 м, а за сутки — на 8 м. Производительность труда проходчиков составила 4,3 м/мес.

Лучших технико-экономических показателей можно достигнуть, применив проходческие комбайны ГПК, ГПК-2, 4ПП-2, 4ПП-5. Производительность комбайна избирательного действия, а следовательно, и скорость проведения выработки зависят от схем перемещения его рабочего органа по забою выработки. При проведении пластовых штреков схему обработки забоя выбирают с учетом расположения пласта, крепости угля и боковых пород, площади сечения выработки. Работы можно ве-

Процессы	I смена						
	8	9	10	11	12	13	14
Выемка угля отбойными молотками	■	■	■				
Подготовка установки БУР-2 к работе	■						
Бурение шпуров по породе		■	■	■			
Подготовка крепежных материалов и доставка вв		■	■	■			
Уборка угля				■			
Подготовка забоя к взрыванию				■			
Взрывание шпуров и проветривание забоя					■		
Уборка породы и настилка временных путей						■	
Крепление АП-3							■
Устройство водосточной канавки						■	■
Настилка постоянного рельсового пути	■	■	■				
Доставка и выгрузка материалов			■	■	■	■	■

Рис. 66. График организации работ при проведении откаточного штрека буровзрывным способом бригадой Г. А. Мордовцева

сти с раздельной или совместной (рис. 67) выемкой угля и породы. При раздельной выемке вначале вынимают уголь, а затем породы почвы и кровли; при совместной — выемку горного массива производят горизонтальными (снизу вверх или сверху вниз) и вертикальными (слева направо или справа налево) полосами.

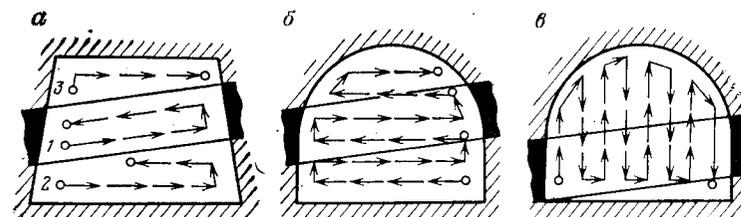


Рис. 67. Схемы движения исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия по забою: а — при раздельной выемке угля и породы; б — при совместной выемке горизонтальными полосами; в — при совместной выемке вертикальными полосами

При проведении пластовых штреков комплектами оборудования с проходческими комбайнами принимают те же технологические схемы, что и для выработки по однородным породам (см. рис. 62). Крепление производят с учетом устойчивости пород кровли: при неустойчивой кровле постоянную крепь возводят вслед за продвижением забоя, при устойчивой — постоянную крепь возводят по мере продвижения забоя с шагом, вдвое большим расстояния между рамами, а промежуточные рамы устанавливают с отставанием от забоя на 80 м, т. е. вне зоны работы проходческого комбайна. Это позволяет на 20—30% сократить технологические перебивы, связанные с возведением крепи. В комплектах оборудования с проходческими комбайнами процесс возведения постоянной крепи немеханизирован, поэтому доля этих работ в общих затратах труда на 1 м выработки составляет 20—45%.

Основным направлением технологии проведения пластовых штреков в СССР и за рубежом является создание комплексов оборудования на базе проходческого комбайна с установкой на нем предохранительной передвижной крепи, средств по возведению постоянной крепи, magazинирования и доставки к месту установки секций крепи и межрамных ограждений, а при необходимости и по бурению шпуров различного направления и назначения.

Комбайновый комплекс КГК-1М предназначен для проведения пластовых штреков арочной формы площадью сечения 13,1—18 м² в проходке с присечкой до 70% пород с $f < 6$. Комплекс состоит из проходческого комбайна 4ПП-2, передвижной гидрофицированной крепи КМК-3М, крепеукладчика КПУ-1, подвешного и мостового перегружателей, тележки ТК-3 для доставки пакетов арочной крепи.

При передвижении крепи КМК-3М металлическая сетка-затяжка натягивается, выходя из магазинов (емкость верхнего и боковых магазинов по 40 м сетки), и прижимается к кровле выработки. Поэтому металлические арки устанавливают уже на затянутую сеткой часть штрека.

Производительность комплекса до 8 м в смену, или до 400 м/мес. Суммарная установленная мощность электродвигателей 218,5 кВт, масса 82 т.

Комбайновый комплекс КГК-2 (рис. 68) состоит из комбайна 1 типа 4ПП-2, навесного оборудова-

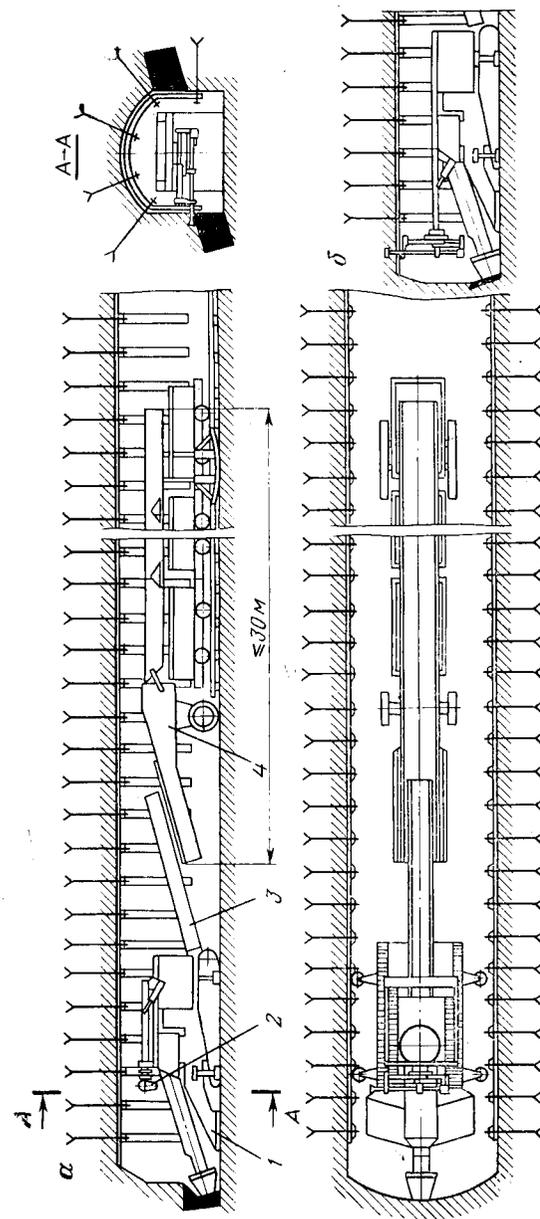


Рис. 68. Комбайновый комплекс КГК-2:
а — выемка и погрузка горной массы; б — возведение крепи

ния для возведения анкерной крепи 2, мостового 3 и прицепного 4 перегружателей, машины для набрызгбетона. Комплекс предназначен для проведения штреков площадью сечения 12,5—18 м² в проходке по тонким пластам угля с присечкой до 70% пород с $f < 6$. Он может применяться и в породах с $f < 14$ при предварительном разрушении их буровзрывным способом. Выработки проводят прямоугольной или арочной формы с возведением металлической арочной или анкерной крепи. Производительность комплекса до 7 м/смену. Суммарная установленная мощность электродвигателей 232,5 кВт, масса 50 т.

Комбайновый комплекс КН-5Н «Кузбасс» предназначен для проведения горизонтальных и восстающих (до 35°) выработок по углю с присечкой породы с $f < 4$. Ширина выработок 2,9—3,3 м, высота 1,8—2,8 м. Комплекс состоит из комбайна ГПК, скребкового конвейера СП-63, двух секций временной крепи, двух установок МАП-1 для возведения анкерной крепи, касеты с металлической сеткой. Производительность комплекса до 700 м/мес.

Комбайновый комплекс КСО-1 предназначен для проведения промежуточных (конвейерных) штреков по углю с подрывкой пород с $f < 4$ на шахтах, опасных по газу или пыли, с наклонным и крутым залеганием пластов. Для непрерывной работы комбайна 4ПУ разрушенную горную массу вначале направляют в аккумуляющий, а затем перегружают в самоходный бункер (вагонетку) и транспортируют по выработке к месту разгрузки в скаты, проводимые через каждые 150—300 м. Производительность комплекса до 7 м/смену, или до 465 м/мес. Суммарная установленная мощность двигателей 109 кВт, масса 22 т.

Комбайновый комплекс КР-2 предназначен для проведения пластовых штреков прямоугольной или трапециевидной формы. Комплекс состоит из комбайна 4ПП-2, перегружателя, крепеустановщика КПМ-8, монорельса, платформы, верхняков СВП-27 и стоек 2ГСК, служащих временной крепью.

Комбайновый комплекс К-4ПП-2 (К-ГПК-2) предназначен для проведения пластовых выработок арочной формы площадью сечения 15—25 м² по углю и породам с $f < 6$ с углом наклона $\pm 10^\circ$. В состав комплекса входят: комбайн 4ПП-2 или ГПК-2, мостовой перегружатель, телескопический конвейер 1ЛТП-80, кре-

пеустановщик КПУ-2 на передвижном монорельсе, стол для монтажа, оборудование для вентиляции и пылеотсоса, доставочный монорельс.

Комбайновый комплекс ДП-1 предназначен для проведения выработок площадью сечения 13,1—17,9 м² с углом наклона до 10° по породам с $f < 6$ при устойчивой кровле. Комплекс состоит из комбайна 4ПП-2 или ГПК-2, мостового перегружателя ПК-9р-6АМ, прицепного перегружателя ППЛ-1К, конвейера 1ЛТП-80, электрогидравлического сверла ЭБГП-1, крепеукладчика КПМ-8 и монорельсов. Перекрытие над комбайном выполняет функции временной предохранительной крепи и распорного устройства. Постоянная крепь анкерная или комбинированная (анкерная и арочная).

На шахтах Донецкого бассейна комбайновым способом проводят до 30% подготовительных выработок, а в объединениях «Тулауголь», «Павлоградуголь», «Каргандауголь», «Новомосковскуголь» объем проведения подготовительных выработок комбайнами составляет 80—90%.

Высокие технико-экономические показатели достигнуты многими проходческими бригадами при проведении пластовых горизонтальных выработок с применением проходческих комбайнов и комплектов проходческого оборудования. Так, например, на шахте «Ворошиловградская» № 1 объединения «Ворошиловградуголь» бригада во главе с В. А. Плювако за 31 рабочий день комбайном 4ПП-2 прошла 1003 м вентиляционного штрека по породам с $f = 2-4$. Площадь сечения штрека 12,5 м² в проходке и 10,5 м² в свету, крепь металлическая, арки с шагом установки 0,8 м. Горную массу грузили в вагонетки ВД-3,3 и вывозили четырьмя электровозами АМ-8Д.

В первую смену в течение 3 ч выполнялись ремонтно-профилактические работы. Настилка постоянного рельсового пути и наращивание противопожарно-оросительного става выполнялись в первой смене ежедневно.

Бригада состояла из 66 чел., звено из 16 чел. При работе комбайна 6 рабочих обслуживали его и перегружатель, 4 чел. были заняты на подготовке к установке арочной крепи, еще 4 чел. — на проведении водоотливной канавки, 2 чел. — на маневровых работах. За цикл забой подвигался на 0,8 м. За первую смену успевали

выполнить шесть проходческих циклов и подвинуть забой на 4,8 м. Во вторую, третью и четвертую смены выполняли по 12 проходческих циклов, что обеспечивало подвигание забоя за смену на 9,6 м, а за сутки — на 33,6 м.

На угольных шахтах СССР более 90 % штреков проводят узким забоем проходческими комбайнами или буровзрывным способом. Это объясняется следующими преимуществами по сравнению с широким забоем: более высокие скорости проведения, лучшая устойчивость выработки и меньшие затраты на ее поддержание. Основной недостаток — выдача породы на поверхность, что загружает подземный транспорт и подъем, отрицательно влияет на рост добычи угля и производительность труда. В настоящее время выдачей породы занято около 30% шахтного парка электровозов и вагонеток и почти такое же количество рабочих подземного транспорта.

Порода на поверхности занимает большие площади, а ее отвалы загрязняют продуктами горения воздух вблизи шахт и населенных пунктов. В стране более 2100 терриконов, в том числе более 700 из них горят. Широко применяемый способ вывоза породы автотранспортом на современных шахтах обходится 2—3 руб/т на расстояние до 7 км.

Штреки узким забоем проводят при всевозможных мощностях и углах залегания пластов, любой устойчивости боковых пород и различных сроках службы выработки.

§ 68. Проведение штреков широким забоем

Сущность проведения штреков широким забоем заключается в том, что уголь вынимают и за пределами поперечного сечения выработки. При этом образуется выработанное пространство для размещения породы от подрывки, называемое раскоской (рис. 69). Раскоска с одной стороны может быть ограничена свободным пространством — косовичником, предназначенным для проветривания забоя, доставки угля из раскоски и как запасной выход для людей.

При ширине раскоски более 5 м для соединения косовичника со штреком в раскоске периодически оставляют незаложенные породой пространства шириной 1,5—2 м, которые называют косовичными ходками. По отношению к штреку раскоска может быть верхняя,

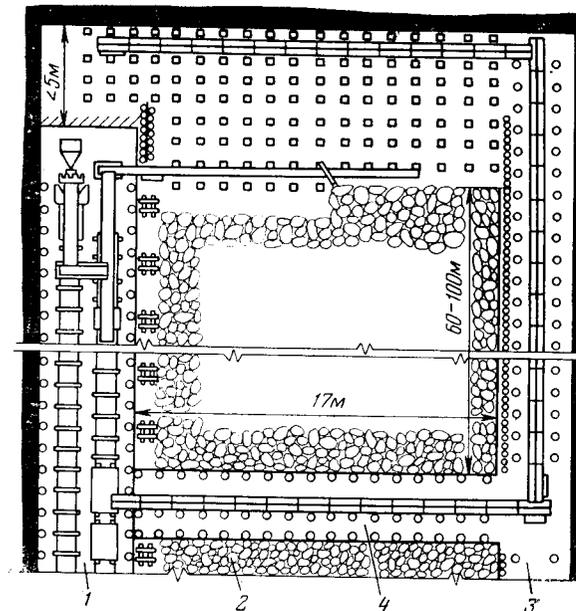
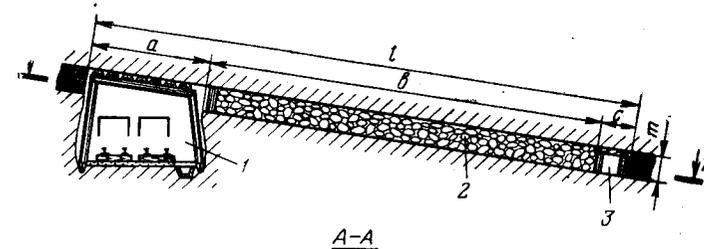


Рис. 69. Схема проведения откаточного штрека широким забоем: 1 — штрек; 2 — раскоска; 3 — косовичник; 4 — косовичный ходок

нижняя и двусторонняя. На практике чаще применяют нижнюю раскоску, так как обеспечивается меньшая трудоемкость работ по закладке породы в раскоску. Ширина раскоски определяется из условия, чтобы в ней могла разместиться вся порода, получаемая от подрывки. В зависимости от площади сечения штрека в проходке и мощности пласта она составляет 5—20 м и более.

Ширина раскоски

$$b = (S_{\text{пр}} - S_{\text{ур}}) k_p / m,$$

где $S_{\text{пр}}$ — площадь поперечного сечения штрека в про-

ходке, m^2 ; $S_{уг}$ — площадь поперечного сечения угольного пласта в сечении штрека, m^2 ; k_p — коэффициент разрыхления пород; m — мощность пласта угля, m .

Полная ширина забоя по углю

$$l = a + b + c,$$

где a — ширина штрека по углю в проходке, m ; b — ширина раскоски, m ; c — ширина косовичника, m .

Если с одной стороны штрека выемкой пласта угля образуют пространство — берму для размещения скребкового конвейера или вентиляционного трубопровода, то забой по углю уширяют на 1—1,5 m .

Технологические схемы проведения штреков широким забоем делят на три группы: впереди лавы, вслед за лавой и спаренными выработками.

Проведение штреков широким забоем впереди лавы (см. рис. 69) обеспечивает независимость работ в забоях штрека и лавы, попутную добычу угля, а также позволяет вести разведку пласта. Недостатки схемы: необходимость применения специального оборудования для выемки угля в раскосках и неблагоприятные условия поддержания штрека, так как он попадает во все зоны опорного давления. Согласно Правилам безопасности забой по углю должен опережать забой по породе не более чем на 5 m .

Проведение штреков вслед за лавой (рис. 70) позволяет объединить угольные забой лавы, выработки и раскоски в один забой (лава-штрек), выемку угля в котором производят с помощью комплекта (комплекса) очистного оборудования. Это исключает процесс выемки угля из цикла работ по проведению штрека, повышает безопасность работ и снижает затраты в 2—3 раза на поддержание выработок, так как они находятся вне зоны влияния опорного давления. Недостатки схемы: усложняется транспортирование угля из лавы (дополнительно требуются два конвейера), скорость проведения штреков зависит от скорости подвигания лавы. Схема лава — штрек широко применяется на шахтах Донбасса с сильногазоносными пластами на больших глубинах.

При столбовых системах разработки с обратной отработкой для улучшения проветривания тупиковых выработок большой длины и уменьшения объема выдаваемой на поверхность породы проводят спаренные штреки. Это две параллельные выработки с общей

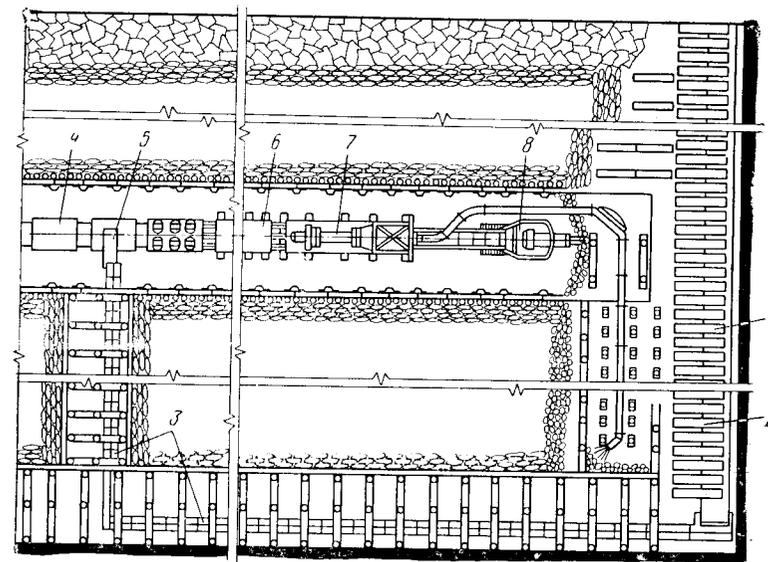


Рис. 70. Схема проведения штрека широким забоем вслед за лавой:

1 — конвейер в лаве; 2 — крепь лавы; 3 — конвейеры в косовичнике и косовичном ходке; 4 — вагонетки; 5 — грузчик ГШ-2; 6 — воздуходувка; 7 — дробильно-закладочная машина «Титан-1»; 8 — проходческий комбайн (погружная машина)

раскоской, в которую закладывают всю породу от подрывки штреков.

Проходческий цикл при проведении штреков широким забоем состоит из работ по выемке и транспортированию угля, возведению крепи в угольном забое, отбойке породы и закладке ее в раскоску, возведению постоянной крепи в штреке, настилке рельсового пути, устройстве водосточной канавки и др.

Выемку угля в раскоске производят буровзрывным способом, узкозахватным комбайном (комплексы КСВ-1, ДЗК) бурошнековой установкой БУГ-3 (комплект БЗК-2). Порядок выполнения буровзрывных работ такой же, как при проведении штреков узким забоем. Уголь из раскоски шириной до 5 m выдают вручную (перекидкой), до 10 m — скреперными установками, более 10 m — конвейерами (через косовичный ходок или через берму).

Выемку породы в штреке производят буровзрывным способом (при $f > 4+6$) или проходческими комбайна-

ми (при $f < 4 \div 6$). Наиболее трудоемким процессом является закладка породы, которую производят под действием собственного веса породы (в вентиляционных и промежуточных штреках при наклонном и крутом залегании пластов), скреперными установками типа ЗУ или дробильно-закладочными машинами «Титан» (при пологом залегании пластов).

Скреперная закладочная установка ЗУ-2м (рис. 71) состоит из двухбарабанной лебедки 3, установленной на раме с направляющими роликами для канатов 2 и самозагружающегося скрепера 1 вместимостью 0,2; 0,25; 0,3 м³. Наибольшая эффективность работы ЗУ-2м достигается при ширине раскоски более 15 м и возведении породной полосы сверху вниз (по падению пласта). Эту установку успешно применяют и при работе снизу вверх (по восстанию пласта) с углом залегания пласта до 10°.

Установки ЗУ-1м и ЗУ-2м широкое применение получили при проведении вентиляционных и промежуточных штреков с верхней подрывкой.

Дробильно-закладочная установка «Титан» предназначена для механизации закладочных работ при проведении пластовых штреков при любой подрывке пород с $f < 10$. Установку «Титан» применяют на

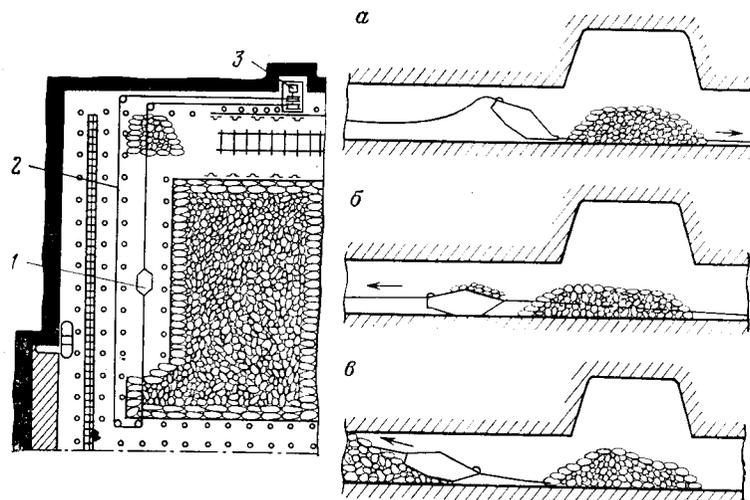


Рис. 71. Схема работы скреперной закладочной установки ЗУ-2м: а — загрузка скрепера породой; б — транспортирование породы; в — уплотнение породы скрепером

пластах мощностью до 1,5 м с углами залегания до 25° (при закладке по падению пласта) и до 8° (при закладке по восстанию пласта) в выработках площадью сечения 7—15 м² в свету. Дальность транспортирования до 80 м, производительность в 2—3 раза выше, чем скреперных закладочных установок. Установка состоит из погрузочной машины 1ППН-5 (2ПНБ-2) или проходческого комбайна, ленточного перегружателя УПЛ-1С, дробильно-закладочной машины «Титан», пневмозакладочного трубопровода, передвижной воздуходувки ВП-70 и распределительного пункта.

Установка «Титан» хорошо зарекомендовала себя на шахтах Донбасса при проведении вентиляционных штреков, так как позволяет полностью механизировать закладочные работы.

Крепление штреков, настилку рельсового пути, устройство водоотводных канавок и другие процессы цикла выполняют так же, как и при проведении квершлагов и полевых штреков.

Для проведения спаренных штреков создан комплекс КСВ-1 (рис. 72), состоящий из узкозахватного комбайна ВМ-1 для выемки угля в забое длиной до 60 м, секций механизированной крепи 2МКСВ, скребкового двухцепного конвейера СПУ-62 (СКУ-45), двух проходческих комбайнов 4ПП-2 с перегружателями ППЛ-1К для выемки породы, двух дробильно-закладочных машин «Титан» для закладки породы в раскоску, двух крепеустановщиков КПМ-8 для возведения арочной металлической крепи и двух энергораспределительных поездов.

Комплекс КСВ-1 предназначен для проведения спаренных штреков арочной формы площадью сечения 15—20 м² в свету при мощности пласта 1,3—2 м, угле залегания до 9° и крепости пород $f \leq 6$. Проектные скорости проведения спаренных штреков до 200 м/мес при попутной добыче угля до 800 т/сут.

Проведение штреков широким забоем осуществляют комплексные проходческие бригады, выполняющие работы по углю и породе, что позволяет исключить простои в работе. Работы организуют по графикам цикличности с выполнением одного-двух или более циклов в сутки. Средние скорости проведения штреков широким забоем составляют 30—50 м/мес, хотя в практике известны случаи проведения штреков со значительно большими скоростями. Так, на б. шахте № 47 объединения

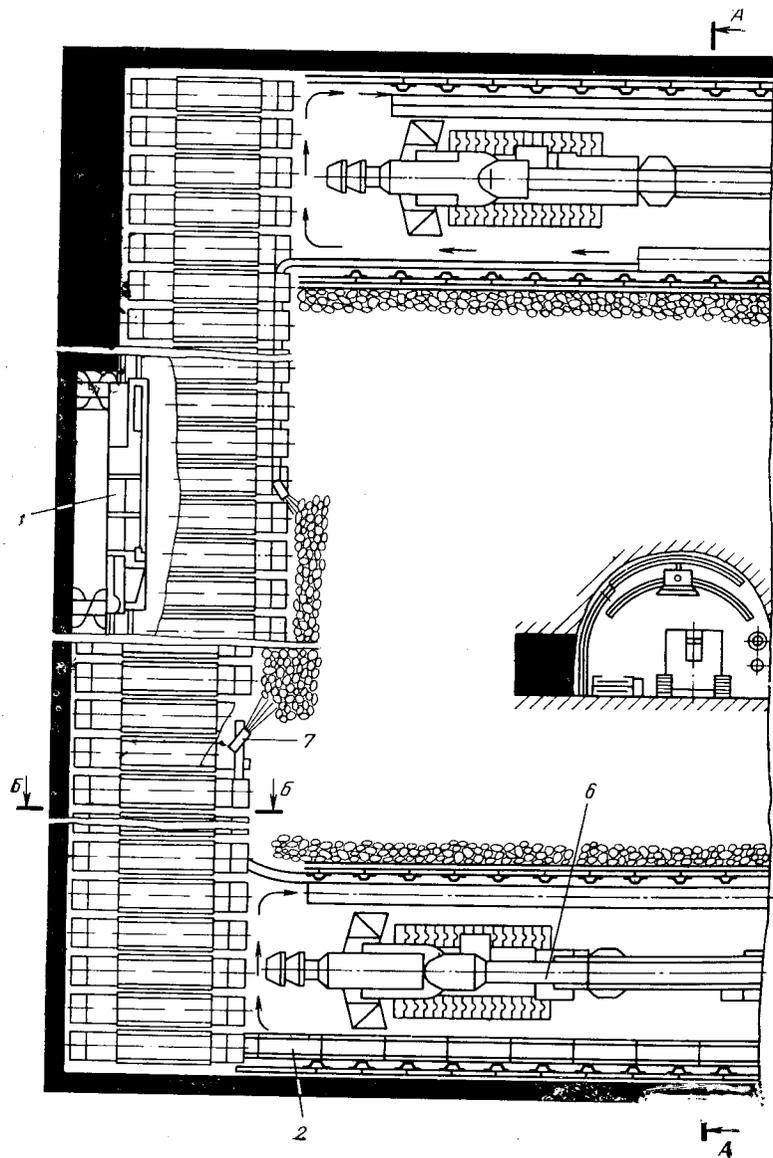
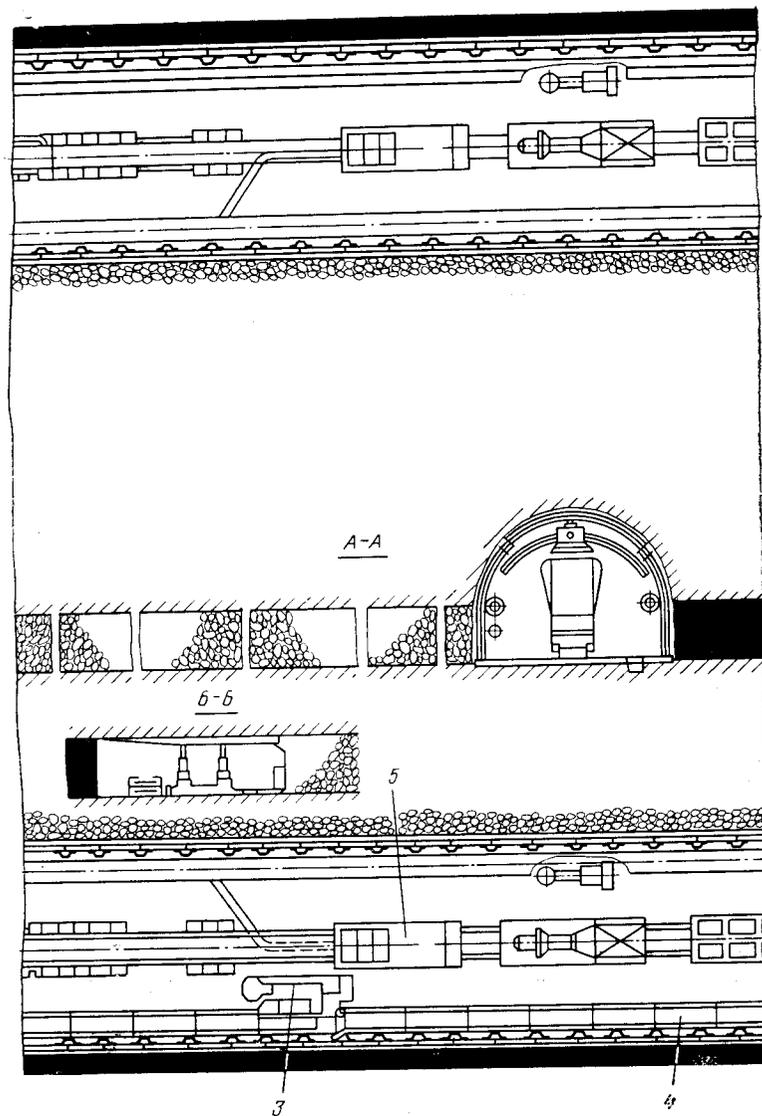


Рис. 72. Технологическая схема проведения спаренных штреков
 1 — очистной комбайн; 2 — угловой скребковый конвейер; 3 — приводная головка «Титан»; 6 — проходческий комбайн 4ПП-2



широким забоем комплексом КСВ-1:
 3 — штрековый конвейер; 4 — штрековый конвейер; 5 — дробильно-закладочная установка

«Стахановуголь» бригада проходчиков, работая по технологической схеме (см. рис. 69), проводила двухпутный откаточный штрек со скоростью до 200 м/мес. Выемка угля производилась буровзрывным способом с транспортированием его по косовичнику и косовичному ходу в вагонетки. Порода вынимали также буровзрывным способом с погрузкой машиной ППМ-4 на штрековый перегружатель и далее на переносной ленточный перегружатель в раскошку. При мощности пласта 1,3 м из угольного забоя длиной 25 м ежедневно выдавалось до 250 т угля. Комплексная бригада состояла из 100 чел.

На шахте «Трудовская» объединения «Донецкуголь» при проведении вентиляционного штрека площадью сечения 9,2 м² в свету по пласту мощностью 1,3 м закладку породы осуществляли установкой «Титан». Штрек проводили буровзрывным способом вслед за лавой. Среднемесячные скорости проведения штрека составили 84,5 м.

Применение установки «Титан» позволило не только полностью механизировать закладочные работы, но и сократить численный состав бригады (по сравнению с ручной закладкой) с 65 до 36 чел.

При столбовых системах разработки технология проведения вентиляционных штреков ничем не отличается от технологии проведения откаточных штреков.

Достоинства проведения штреков широким забоем по сравнению с узким: оставление породы от подрывки в шахте, благодаря чему не загружаются подземный транспорт и подъем; большая попутная добыча угля. Недостатки: большая трудоемкость работ при выемке угля и закладке породы в раскошку; низкие скорости проведения штреков; худшая устойчивость выработок и большие затраты на их поддержание.

Штреки широким забоем на практике проводят главным образом на пологих пластах мощностью 0,5—1,5 м при устойчивых породах кровли и сроке службы выработки до двух лет.

С переходом горных работ на большие глубины увеличиваются площади сечения выработок, проводимых по тонким пластам, что существенно повышает объем подрываемой породы. В этих условиях наиболее целесообразно применение технологических схем проведения широким забоем, что позволит резко сократить количество выдаваемой породы на поверхность, исключить за-

траты на ее выдачу и складирование, разгрузить транспорт и подъем, создать благоприятные условия для роста добычи угля.

ГЛАВА XVI

ПРОВЕДЕНИЕ НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

§ 69. Особенности проведения наклонных выработок

К наклонным выработкам относят бремсберги, уклоны, наклонные стволы, людские ходки, скаты и печи. Технология проведения этих выработок в основном аналогична технологии проведения горизонтальных выработок и отличается лишь рядом особенностей, которые обусловлены их наклонным положением в пространстве.

Наклонные выработки проводят сверху вниз или снизу вверх. При проведении выработок сверху вниз особое внимание уделяют водоотливу, а при проведении снизу вверх — проветриванию, особенно в шахтах, опасных по газу.

Правила безопасности запрещают применять взрывные работы (ВВ IV и V классов) при проведении выработок снизу вверх без предварительно пробуренной скважины, по которой должна проходить струя воздуха, в шахтах III категории и сверхкатегорных; при использовании ВВ VI класса допускается проведение таких выработок без предварительного бурения скважин.

При углах наклона выработок более 6—10° усложняется использование бурильных установок, погрузочных машин и проходческих комбайнов, созданных для горизонтальных выработок. Поэтому в наклонных выработках возрастает трудоемкость работ по выемке, погрузке и транспортированию горной массы, что снижает скорость их проведения.

Для предотвращения сдвижения рельсового пути вниз в выработках с углом наклона до 10° на длине одного рельса концы двух длинных шпал заводят за стойки крепи или укрепляют одной-двумя парами штырей 1 длиной 0,5—0,7 м, вставленными в пробуренные в почве шпур (рис. 73,а). В выработках с углом наклона 10—30° шпалы на 2/3 толщины укладывают в поперечные канавки 2 на балласт высотой не менее 50 мм

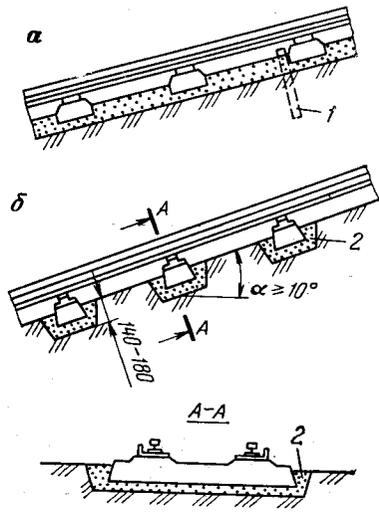


Рис. 73. Устройство рельсового пути в наклонных выработках

проход шириной не менее 0,7 м и высотой не менее 1,8 м, где в зависимости от угла наклона устраивают: перила, прикрепленные к крепи (7—10°); трапы с перилами (11—25°); сходы со ступеньками и перилами (26—30°); лестницы с горизонтальными ступеньками и перилами (31—45°). При углах наклона выработок от 46° и более ходовое отделение оборудуют так же, как лестничное отделение вертикальных стволов. При рельсовом транспорте обязательно применяют предохранительные устройства, гарантирующие полную безопасность проходчикам (ограждающие барьеры, ловители, упорные вилки).

§ 70. Проведение бремсбергов и ходков

В зависимости от способов подготовки шахтных полей и систем разработки бремсберги бывают капитальные при этажной подготовке шахтного поля (срок службы более 10 лет), панельные (5—10 лет) и участковые (до 2—3 лет). Длина капитальных и панельных бремсбергов достигает 1200 м, участковых — 400 м. Бремсберги и ходки в негазовых шахтах и в шахтах I и II категорий по метану проводят снизу вверх, а в шахтах III категории и сверхкатегорных — сверху вниз. Для уско-

(рис. 73,б). При углах более 30° шпалы присоединяют к элементам крепи или концы их заводят в лунки, устроенные в боках выработки.

Передвижение людей в наклонных выработках, оборудованных рельсовым транспортом, запрещается. В этом случае для передвижения людей параллельно главной выработке проводят один или два людских ходка площадью сечения не менее 3,7 м² и высотой не менее 1,8 м.

В наклонных выработках, по которым разрешено передвижение людей, должен быть

решения работ бремсберги проводят встречными забоями.

Капитальные и панельные бремсберги проводят узким забоем, участковые — иногда широким забоем. Как правило, проводят 2—3 бремсберга (главный и вспомогательные), между которыми оставляют целики угля шириной 20—40 м. На шахтах не выше II категории по газу бремсберг и ходок в период проведения сбивают между собой через 30—50 м просеками (сбоями), которые используют для проветривания и транспортирования горной массы.

При мощности пласта более 2 м бремсберги и ходки проводят без подрывки боковых пород, а при меньшей — подрывают боковые породы. Подрывка кровли предпочтительнее при крепи арочной формы и некрепкой породе. При крепкой породе подрывают почву и применяют крепь трапециевидной формы.

Наиболее распространенной формой поперечного сечения бремсбергов и ходков является арочная и трапециевидная. В зависимости от срока службы их крепят металлической, смешанной или деревянной крепью.

Буровзрывная технология. Параметры буровзрывных работ при проведении бремсбергов рассчитывают так же, как параметры при проведении пластовых штреков. На шахтах не выше II категории по газовыделению проветривание бремсбергов осуществляют за счет общешахтной депрессии с применением на участках тупиковых забоев вентиляторов местного проветривания. На шахтах III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам запрещено проветривание двух и более выработок при помощи одного трубопровода с ответвлениями. Каждая выработка проветривается своим вентилятором с обязательной его установкой на откаточном штреке. При этом отпадает необходимость соединять бремсберг и ходки просеками (сбоями).

При углах наклона до 8° для погрузки горной массы в вагонетки или на конвейер применяют погрузочные машины 1ПНБ-2 и 2ПНБ-2, а при углах до 25° — скреперные установки СКБ-1. Последние применяют в бремсбергах и ходках площадью сечения не менее 4,5 м² в свету и с погрузкой горной массы на скребковый конвейер.

Транспортирование угля и породы в зависимости от угла наклона выработки производят скребковыми (при углах наклона до ±25°) и ленточными (до 18°) конвейерами, в вагонетках (±6—25°) и скипах (более

25°). Конвейерный транспорт обеспечивает большую производительность и бесперебойность в работе по сравнению с рельсовым транспортом. При рельсовом транспорте лебедку устанавливают в камере на откаточном штреке, а блок — у забоя, закрепляя его на распорной стойке. Рельсовый путь используют также для доставки в вагонетках крепежных материалов, рельсов, труб и оборудования. В выработках площадью сечения более 12 м² ленточные конвейеры используют в сочетании с монорельсовыми грузопассажирскими дорогами 6ДМКУ или напочвенными канатными дорогами ДКН-1.

При проведении бремсбергов и ходков узким забоем работы ведут по двум схемам: в одну стадию — с выполнением в каждом цикле работ по углю и породе; в две стадии — с предварительной выемкой угля на всю длину бремсберга или ходка с установкой временной крепи и последующим расширением их по породе до проектных размеров в направлении снизу вверх или сверху вниз. Проведение в две стадии желательно осуществлять на сильно газовых шахтах при длине выработок до 200 м.

На шахтах III категории и сверхкатегорных при проведении бремсбергов и ходков снизу вверх выемку угля производят отбойными молотками или буровзрывным способом с применением ВВ VI класса, а выемку породы — буровзрывным способом.

При проведении бремсберга или ходка узким забоем по тонкому пласту угля возможно совмещение работ в угольном и породном забоях (рис. 74,а). Угольный забой до 5 м опережает породный, ширину забоя по углю увеличивают на 1—1,5 м, чтобы иметь берму для установки скребкового конвейера, предназначенного для доставки угля. Породу можно транспортировать отдельным конвейером, при реверсировании которого доставляют в забой крепежные материалы.

При проведении бремсберга 1 и ходка 2 (рис. 74,б) самостоятельными забоями их соединяют просеками (сбойками) 3, предназначенными для проветривания и передачи грузов из одной выработки в другую.

На шахте «Краснопольевская» объединения «Стахановуголь» бригада, руководимая М. К. Станкевичусом, за месяц буровзрывным способом прошла 510 м бремсберга площадью сечения 5,3 м² в свету и 6,4 м² в проходке. Для бурения шпуров по углю и породе применяли ручные электросверла СЭР-19Д. По углю (мощ-

208

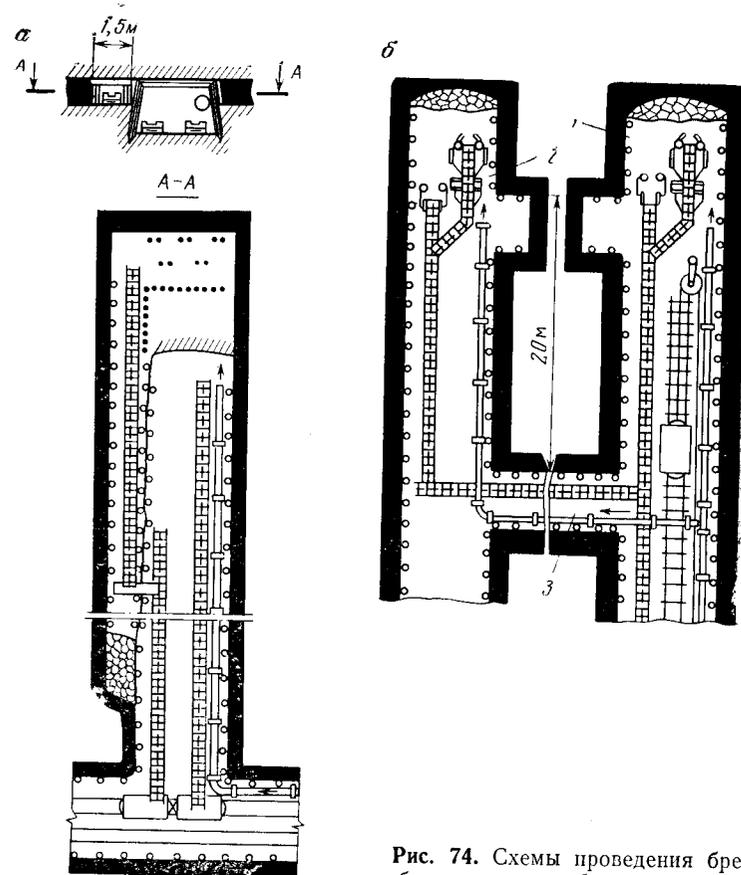


Рис. 74. Схемы проведения бремсбергов узким забоем

ность пласта 0,9 м) бурили 8 шпуров, по породе (подрывка двусторонняя) — 9 шпуров глубиной 2,2 м. Погрузка горной массы машиной 1ПНБ-2 производилась на скребковый конвейер С-53А с перегрузкой в вагонетки. Бремсберг крепили деревянными стойками и металлическими верхняками, затяжки применяли деревянные, расстояние между рамами составляло 0,7 м. Материалы и оборудование в забой доставляли волокушей с помощью двух лебедок ЛВД. Работы в забое велись в четыре шестичасовые смены, в каждой из которых работало по 16 проходчиков, выполнявших два цикла при подвигании 2 м за цикл. Производительность труда проходчика составила 0,25 м/чел-смену.

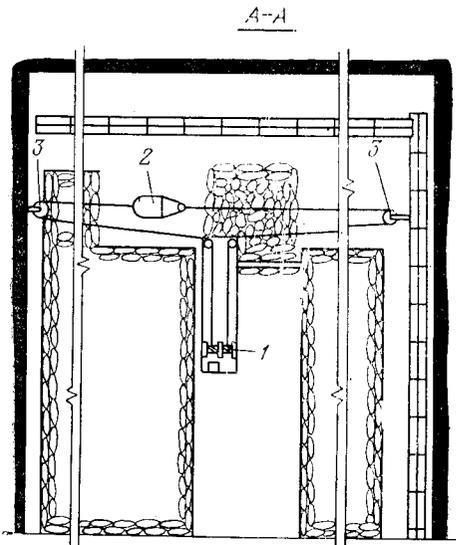
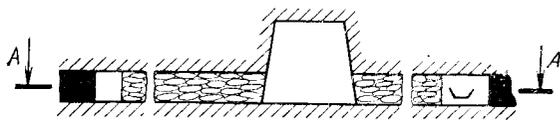


Рис. 75. Схема закладки породы скреперной установкой при проведении бремсберга широким забоем:

1 — скреперная лебедка; 2 — скрепер; 3 — блоки

Участковые бремсберги и ходки широким забоем проводят при мощности пласта до 1 м, устойчивой кровле и на пластах, не опасных по газу или пыли. Технология и организация работы по углю и породе аналогичны работам при проведении штреков широким забоем. Подрывку породы осуществляют буровзрывным способом, как и при проведении бремсбергов узким забоем. Порода, полученную от подрывки, размещают в расколке, для чего используют скреперные установки типа ЗУ (рис. 75).

Комбайновая технология. При углах залегания пластов до 10° и породах подрывки с $f < 4$ применяют проходческие комбайны ПК-9р, ГПК; с $f < 6$ — комбайны 4ПП-2, ГПК-2. Серийно изготавливают комбайны ГПКН (ГПКВ), предназначенные для проведения наклонных выработок снизу вверх под углом до 20° . Комбайн снабжен исполнительным органом в виде двухдисковой коронки. Бремсберги снизу вверх по смешанному забое ($f < 4$, прорезка до 30%) с углом наклона до 35° пря-

моугольной формы площадью сечения $5,1-8 \text{ м}^2$ можно проводить комбайновым комплексом КН-5Н «Кузбасс» с возведением анкерной крепи в выработках с устойчивой кровлей.

На шахте «Воргашорская» объединения «Воркутауголь» комбайном ПК-3М за месяц было пройдено 702 м бремсберга по пласту угля мощностью 3 м с углом залегания 6° . Площадь сечения бремсберга $7,1 \text{ м}^2$ в свету и $10,9 \text{ м}^2$ в проходке. Горная масса транспортировалась скребковыми конвейерами СР-70А и С-53А к погрузочному пункту штрека. Бремсберг крепили металлическими арками, устанавливаемыми через 0,9 м; затяжки применяли железобетонные. Доставку материалов в забой производили волокушами. Суточная комплексная бригада (забойная группа) состояла из 44 чел., производительность труда проходчика составляла 0,4 м/чел-смену.

§ 71. Проведение уклонов и наклонных стволов

Уклоны различают капитальные и панельные. Как правило, проводят их в период эксплуатации и реконструкции шахт. Чаще всего уклоны проводят узким и резе широким забоем (угол залегания пластов до 10°) при односторонней подрывке пород — обычно пород почвы.

Уклоны в основном проводят сверху вниз, так как они предназначены для подготовки нижележащих горизонтов, на которых еще не ведутся горные работы. Как и бремсберги, уклоны делят на главные и вспомогательные, между которыми оставляют целики угля шириной 30—40 м. Проведение главного и вспомогательных уклонов лучше выполнять одновременно сверху вниз. На негазовых шахтах и шахтах I и II категорий по метановыделению применяют последовательную схему проведения главного и вспомогательных уклонов, когда одна выработка проводится сверху вниз, а вторая и третья — снизу вверх.

Буровзрывная технология. Параметры буровзрывных работ при проведении уклонов рассчитывают так же, как и параметры при проведении бремсбергов и пластовых штреков. Выемку угля и породы ведут отдельно, а при углах наклона более $15-20^\circ$ совместно, так как возрастают трудности ведения работ в уступном забое.

Для бурения шпуров применяют ручные электро- и пневмосверла, перфораторы и даже бурильные установ-

ки типа БУ и БУЭ в уклонах до 8°. Проветривают забои уклонов вентиляторами местного проветривания типа ВМ или ВМП, которые устанавливают на свежей струе воздуха на расстоянии не менее 10 м от последней сбойки (просека) или на откаточном штреке.

Для погрузки горной массы в вагонетки (скипы) или на конвейер применяют погрузочные машины 1ПНБ-2, 2ПНБ-2 (при углах наклона до 8°); 1ПНБ-2у, 2ПНБ-2у, ППМ-4у (при углах наклона до 18°); ППН-7 (при углах наклона до 25°); ППБ-1 (при углах наклона 18—45°). При углах наклона более 8° машины оборудуются специальными приспособлениями, обеспечивающими их спуск и подъем. Схемы проведения уклонов с применением различных проходческих машин показаны на рис. 76.

Техническая характеристика погрузочных машин приведена ниже.

Тип машины	1ПНБ-2у	2ПНБ-2у	ППМ-4у	ППН-7	ППБ-1
Площадь сечения выработки в свету, м ²	>7,7	>8,4	>7,5	>4,5	8,8—14,5
Угол наклона выработки, проводимой сверху вниз, градус	<18	<18	<18	<25	18—45
Коэффициент крепости пород f	<6	<12	Любой	Любой	Любой
Ширина колеи, мм	—	—	600,750	600,900	—
Вместимость ковша (грейфера), м ³	—	—	0,32	0,25	0,4
Производительность, м ³ /мин	1,25	1,25	1,25	0,66	0,6
Фронт погрузки, м	—	—	4	4,8	5,5
Мощность двигателей, кВт	31	70	21,5	32	—
Масса, т	10,63	12	10	9,9	10

Для механизации погрузки горной массы при проведении уклонов сверху вниз с углом наклона до 35° применяют скреперные установки СКМ-600 (площадь сечения выработок не менее 5,9 м² в свету) и СКУ-1 (площадь сечения выработок не менее 8,5 м² в свету). Скреперные установки состоят из лебедки, скрепера, скреперного полка и системы блоков.

Для механизации проведения двухпутных наклонных выработок арочной формы с углом наклона до 35° и площадью сечения в проходке 15—26 м² по породам с $f < 12$ буровзрывным способом ЦНИИподземмашем со-

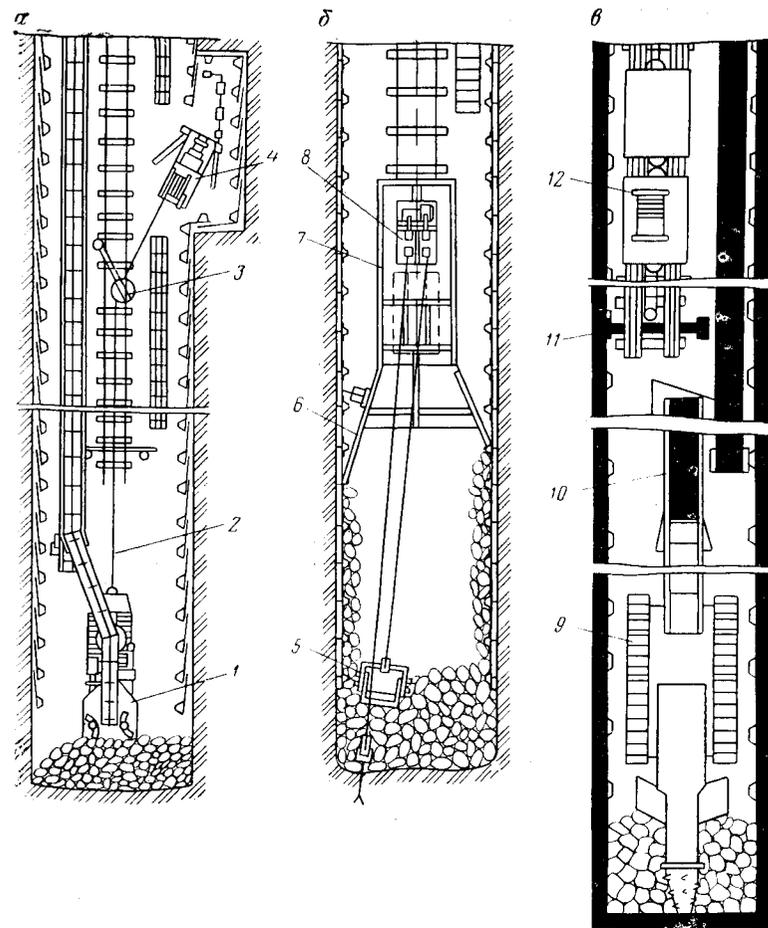


Рис. 76. Схемы проведения уклонов с применением погрузочной машины:

1ПНБ-2у (а), скреперной установки СКУ-1 (б); проходческого комбайна 4ПП-2 (в):

1 — машина 1ПНБ-2у; 2 — канат подвески машины; 3 — направляющий блок; 4 — предохранительная лебедка 1ЛП; 5 — скрепер; 6 — съемные борты; 7 — скреперный полка; 8 — скреперная лебедка БС-4П-2; 9 — комбайн 4ПП-2; 10 — перегружатель ППЛ-1К; 11 — предохранительный барьер; 12 — напочвенная канатная дорога ДКН-1 (ДКНЛ)

здан комплекс «Сибирь», в котором конструктивно объединены две погрузочные машины с боковой разгрузкой, две бурильные машины, перегружатель и крепе-укладчик.

Для механизации проведения однопутных наклонных выработок КузНИИшахтострой разработал комплекс «Сибирь-1П».

Транспортирование горной массы в зависимости от угла наклона выработки производят скребковыми (при углах наклона до 25°) и ленточными (до 18°) конвейерами, в вагонетках ($6-25^\circ$) и скипах (более 25°). Наиболее производительным является конвейерный транспорт.

Ленточные конвейеры применяют вместе со скребковыми, которые периодически наращивают вслед за продвижением забоя. На практике чаще применяют оконцевой канатный подъем, при котором обмен вагонеток производят на верхней приемной площадке уклона (при небольшой его длине) или на тупиковых разминках в забое уклона (при большой длине). Применение тупиковых разминок способствует сокращению затрат времени на обмен груженых вагонеток на попутные.

При рельсовом транспорте материалы доставляют в забой в вагонетках, а при конвейерном — монорельсовыми подвесными дорогами (до 18°) или напочвенными канатными дорогами.

Крепление уклонов производят так же, как и бремсбергов: бетонной, металлической и смешанной крепью соответственно при сводчатой, арочной и трапециевидной (прямоугольной) формах поперечного сечения.

Наличие воды в забое уклона ухудшает условия работы, в результате чего снижается производительность труда и скорость проведения уклонов. Если вода выделяется по всему уклону, то в почве выработки через каждые 10—15 м устраивают поперечные канавки с уклоном в сторону продольной канавки, по которой вода направляется в перекачную камеру. При притоке воды в забой до $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ ее откачивают переносными забойными насосами в вагонетку или скип и выдают вместе с горной массой. При больших притоках или при конвейерном транспорте воду из забоя откачивают насосами непосредственно в канавку штрека (одноступенчатая схема водоотлива) или через перекачные промежуточные станции (многоступенчатая схема водоотлива).

Одноступенчатую схему водоотлива применяют при углах наклона выработки до 25° и длине уклонов до 200—300 м. Насос периодически переносят ближе к за-

бою. Чаще всего используют винтовые насосы ВМ-18-2.

Многоступенчатую схему водоотлива применяют при углах наклона выработки более 25° и длине ее более 200—300 м. В этом случае воду из забоя подают в перекачную камеру, из которой насосом перекачивают в следующую камеру и т. д.

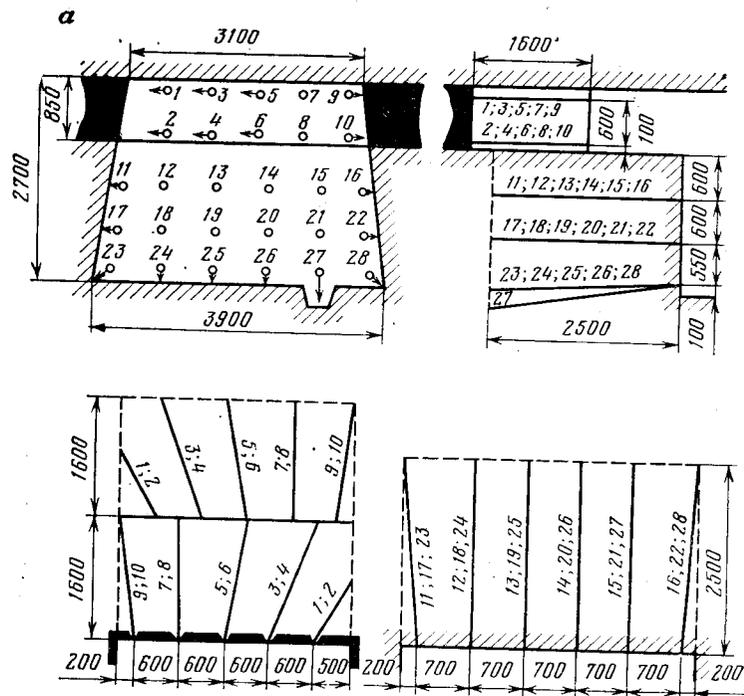
Вода, откачиваемая забойным насосом типа НЗВ, попадает в вагонетку, установленную в перекачной камере, шлам оседает на дно, а осветленная вода из вагонетки переливается в водосборник вместимостью 5—10 м^3 . Вагонетку меняют по мере накопления шлама. В перекачных камерах устанавливают горизонтальные центробежные насосы типа МС подачей 30—50 $\text{м}^3/\text{ч}$. Работу перекачных насосов обычно автоматизируют.

Уклоны проводят комплексные проходческие бригады. Работы организуют по графикам цикличности с выполнением 1, 2, 3 и более циклов в сутки. Например, на шахте «Бежановская» объединения «Стахановуголь» бригада П. Я. Чубина за месяц прошла 200 м уклона. Производительность труда проходчика составила 11,1 м/мес. Конвейерный уклон площадью сечения $7,2 \text{ м}^2$ в свету и $9,35 \text{ м}^2$ в проходке проводили сверху вниз по пласту (мощность 0,85 м, угол залегания 8°) с нижней подрывкой.

Согласно паспорту буровзрывных работ (рис. 77,а) электросверлами СЭР-19Д бурилось 10 шпуров по углю глубиной 1,6 м и 18 шпуров по породе глубиной 2,5 м, причем за цикл осуществлялось два отхода по углю и один по породе. По углю применяли веерный вруб, в качестве ВВ — угленит Э-6. Погрузка угля и породы производилась машиной 1ПНБ-2 в вагонетки УВГ-1,6. Крепили уклон смешанной крепью, состоящей из двух железобетонных стоек и металлических верхняков из двутавров. Расстояние между рамами составляло 0,8 м; затяжки применяли деревянные.

Работы велись по графику цикличности с выполнением одного цикла в смену (рис. 77,б). В каждую из четырех смен работало основное звено из четырех человек.

Комбайновая технология. При углах залегания пластов до 10° и породах подрывки с $f < 4$ применяют проходческие комбайны ПК-9р, ГПК, с $f < 6$ — комбайны 4ПП-2, ГПК-2. Для проведения выработок с углом уклона до 25° применяют комбайны ГПКН.



Операции	Часы						
	6	7	8	9	10	11	12
Приемка и сдача рабочего места							
Бурение шпуров по углю	■	■	■	■	■	■	■
Заряжание и взрывание шпуров по углю							
Проветривание забоя							
Погрузка угля							
Бурение шпуров по породе							
Заряжание и взрывание шпуров по породе							
Погрузка породы							
Крепление выработки							
Настилка рельсового пути							
Доставка крепежных материалов							

Рис. 77. Схема размещения шпуров и график организации работ при проведении уклона бригадой П. Я. Чубина

На шахте им. Абакумова объединения «Донецк-уголь» бригада Героя Социалистического Труда И. Д. Зинченко за 30 рабочих дней провела 1010 м уклонов площадью сечения $9,2 \text{ м}^2$ в свегу и 12 м^2 в проходке сверху вниз по пласту (мощность 1—1,1 м, угол залегания 9°) с верхней подрывкой пород с $f=3+4$ при совместной выемке угля и породы. Уклоны проводили комбайнами ПК-9р и 4ПП-2. Отбитую горную массу от забоя транспортировали скребковыми (СР-70) и ленточными (КЛ-150) конвейерами. Крепление осуществляли металлическими арками через 0,8 м с затяжкой бочков и кровли. Работы выполняла комплексная сменная бригада в составе 60 чел. В обычную смену выходило звено из 10, а в ремонтную смену — из 7 проходчиков. Обеспечение забоев материалами и оборудованием осуществляла бригада из 18 чел. Кроме того, в ремонтную смену работали три электрослесаря и по одному — в обычную. Производительность труда проходчика составила 16,2 м/мес, или 0,68 м/чел-смену.

Особенности проведения наклонных стволов. Технология и организация проведения наклонных стволов в основном аналогичны проведению уклонов. Проводят их всегда сверху вниз по породе или смешанным забоем с применением тех же машин и механизмов. Основное отличие заключается в том, что главный и вспомогательный стволы проходят с поверхности земли и работы начинают с устройства устья (верхняя часть ствола). Для крепления чаще всего используют сборный железобетон или монолитный бетон.

По коренным породам наклонные стволы проходят, применяя буровзрывную или комбайновую технологию. На поверхности горную массу разгружают в специальные металлические бункеры, откуда ее транспортируют в отвал вагонетками или автосамосвалами. Проветривание наклонных стволов осуществляют осевыми или центробежными вентиляторами, которые устанавливают на расстоянии 15—20 м от устья ствола и используют в дальнейшем для проветривания при проведении горизонтальных тупиковых выработок и камер.

§ 72. Проведение скатов и печей

Проведение скатов. Скаты проводят при углах залегания пластов более 30° для спуска угля и породы под действием собственного веса с вентиляционных или промежуточных штреков на откаточные. В зависимости от

мощности пласта и пропускной способности скатов их проводят по пласту угля или с подрывкой пород кровли. Форму поперечного сечения скатов применяют прямоугольную (без подрывки пород), трапециевидную (с подрывкой пород) или круглую (при бурении на полное сечение).

Скаты в основном проводят снизу вверх, так как при этом отпадает необходимость погрузки угля (породы) и водоотлива. Эту схему применяют на пластах негазовых. На пластах с выделением метана ее можно применять только с предварительно пробуренной по углю на полную длину выработки скважиной диаметром 400—800 мм, обеспечивающей проветривание забоя за счет общешахтной вентиляции, а при применении ВВ VI класса — и без скважины. Расширение скважины до проектных размеров ската осуществляют сверху вниз или снизу вверх с помощью отбойных молотков или буровзрывных работ, уголь спускают по скважине.

Для механизации работ по углю в скатах с углом наклона 45—90° применяют нарезные машины МРС-2 и МРТ-2, которые подвешивают на канате, пропущенном через предварительно пробуренную скважину диаметром не менее 170 мм. Машины работают снизу вверх. Машина МРС-2 обеспечивает сечение 1,19×0,5 м на пластах мощностью 0,55—1,2 м, а машина МРТ-2 — сечение 1×0,33 м на пластах мощностью 0,35—0,6 м. Расширение и крепление ската осуществляют сверху вниз с полка, подвешенного к канату лебедки, установленной на вентиляционном штреке. Производительность нарезных машин до 100 м/смену.

Для работ по углю в скатах на пластах мощностью 0,6—1,3 м и углах залегания 45—80° можно применять нарезной комбайн 2КНП при длине выработки до 150 м. При работе снизу вверх размеры выработки составляют 0,9×0,5 м, а при работе сверху вниз при расширении — 1,6×0,5 (1,2) м. Производительность комбайна при нарезке снизу вверх до 30 м/смену, при расширении сверху вниз и креплении — до 20 м/смену.

Для механизации проведения полевых скатов (наклонных гезенков с полевого штрека на пласт) в породах с $f < 10$, диаметром 1 м и длиной до 100 м применяют буровую машину «Стрела-77», которая снабжена пневмо- или электроприводом. Машину обслуживают 2 чел. Производительность труда в 3—4 раза выше, чем при буровзрывном способе.

При наклонном залегании пластов скаты крепят деревянными рамами, а при крутом залегании — венцовой крепью сплошной или на стойках. В последние годы для крепления скатов стали применять металлическую и анкерную крепи. Возводят крепь вслед за подвиганием забоя с отставанием от него не более чем на 2—3 м. Одновременно площадь сечения ската делят на два-три отделения, из которых одно-два (грузовые) служат для спуска угля и породы и одно (ходовое) — для передвижения людей при ремонте ската или для разборки застрявших кусков угля и породы. При трех отделениях ходовое устраивают посередине.

Ходовое отделение от углеспускного и породоспускного отшивают досками, оставляя через каждые 5 м смотровые окна размером 20×20 см, закрываемые задвижками, для пропуска застрявшего угля или породы. Для уменьшения трения при углах наклона скатов 30—40° почву и бока грузовых отделений выработок обшивают стальными листами или настилают решетки. Для регулярного передвижения людей параллельно грузовым скатам проводят вспомогательные.

Крепежные материалы в забой ската доставляют волокушами (скипами) по грузовому отделению с помощью лебедки с одноконцевым канатом, располагаемой на штреке.

Проветривание глухих забоев скатов осуществляют вентиляторами местного проветривания, устанавливаемыми в штреке.

Проведение печей. По назначению печи разделяют на разрезные, транспортные и вентиляционные, служащие соответственно для нарезки лав, транспортирования угля и вентиляции. Проводят печи по пласту угля без подрывки боковых пород обычно прямоугольной формы шириной 2—5 м в зависимости от их назначения. Печи проводят чаще всего снизу вверх, а в шахтах, опасных по газу или пыли, сверху вниз. Проведение печей осуществляют отбойными молотками, буровзрывным способом, с помощью комбайнов и гидромеханизации. Проведение печей буровзрывным способом снизу вверх на газовых шахтах разрешается после того, как предварительно пробурена скважина на всю длину выработки для проветривания забоя печи общешахтной струей воздуха, а при применении ВВ V класса и длине печи более 20 м без предварительно пробуренной скважины.

Выемку угля отбойными молотками или буровзрывным способом выполняют сменные звенья из 2—4 проходчиков, которые отбивают уголь или бурят шпуры (ручными электро- или пневмосверлами) глубиной 1,8—2,5 м и в зависимости от мощности пласта располагают их в один, два и более рядов, грузят отбитый или взорванный уголь вручную на скребковый конвейер (при пологом залегании) и крепят выработку. Для транспортирования угля по печи на штрек применяют скреперные установки. Проветривают печи вентиляторами местного проветривания, подающими воздух в забой по прорезиненным трубам. Крепление печей производят деревянными и реже металлическими стойками, подбиваемыми под распил. Расстояние между рамами 0,7—1 м. Иногда применяют рамную и анкерную крепи.

На пластах с углом залегания до 16° и мощностью 0,7—1,2 м печи шириной 4 м проводят нарезными комбайнами КН со скоростью до 10—15 м/сут. На выбросоопасных пластах с углом залегания 45—90° печи можно проводить с использованием нарезных машин МРС-2 и МРТ-2, которые обеспечивают безопасность труда рабочих и ускоряют проведение печей.

При проведении скатов и печей организация работы в забое отличается простотой и последовательностью выполнения процессов. Графиком организации работ предусматривается выполнение 1, 2, 4 и более циклов в сутки. Так, на шахте «Замковская» в Донбассе бригада А. В. Дацко буровзрывным способом с применением скрепера проводила разрезные печи со скоростью 200—210 м/мес на пласте мощностью 0,7—0,8 м с углом залегания 7—10°. Работы велись в четыре смены по прерывной рабочей неделе. В каждой смене работало звено из трех человек: двое в забое печи, а третий — на обслуживании скреперной лебедки ЛУ-16. Производительность труда проходчика составила 0,6—0,7 м/чел-смену.

ГЛАВА XVII

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБАХ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

На угольных шахтах горизонтальные и наклонные выработки приходится проводить и в сложных (особых) горно-геологических условиях — по пластам, опасным по

внезапным выбросам угля, газа или породы; в пучащих и неустойчивых породах; в зоне вечной мерзлоты.

Эти условия создают определенные трудности при проведении выработок, поэтому необходимо применять специальные способы проведения, которые гарантировали бы безопасность труда и обеспечивали достижение необходимых технико-экономических показателей.

§ 73. Проведение выработок при внезапных выбросах угля, породы или газа

Внезапным выбросом называют динамическое явление, характеризующееся мгновенным разрушением горных пород вблизи забоя выработки и сопровождающееся выносом в выработку больших масс угля (породы) с одновременным выделением значительного количества метана или углекислоты. Внезапные выбросы чаще всего имеют место при ведении горных работ на больших глубинах и в местах геологических нарушений. Объем угля или породы за один выброс достигает нескольких сотен и даже тысяч тонн.

До настоящего времени еще не разработаны способы, полностью устраняющие выбросы угля, породы и газа, так как еще точно не установлена природа их возникновения.

На шахтах, опасных по внезапным выбросам, в забой допускают не более трех человек, снабженных изолирующими самоспасателями и ознакомленных с предварительными признаками внезапных выбросов: с выдавливанием угля или породы из забоя, отскакиванием мелких кусочков угля или породы, с резким увеличением газовыделения, появлением пылевого облака, ударами и потрескиванием в массиве, с усиленным давлением на крепь, зажимом штанг при бурении и др.

Для предотвращения выбросов и создания безопасных условий для рабочих применяют следующие мероприятия: опережающая разработка защитных пластов, бурение дегазационных опережающих скважин, нагнетание воды в угольный пласт (гидрообработка пласта), гидровывывание угля (гидроразмыв пласта), выбуривание угольного пласта и др. В каждом конкретном случае выбирают такое мероприятие, чтобы можно было обеспечить снижение газоносности угля до величин, предусмотренных Инструкцией по безопасному ведению работ на

пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы или газа.

Опережающая разработка защитных пластов (неопасного или наименее опасного) дает возможность уменьшить напряженное состояние в защищенном (соседнем) пласте. При этом усиливается процесс дегазации из подзащитного пласта в выработанное пространство.

Бурение дегазационных опережающих скважин диаметром 0,2—0,3 м и глубиной 15—25 м обеспечивает частичную дегазацию пласта и разгрузку напряженного состояния. Должно обеспечиваться неснижаемое опережение скважин в пределах 4—5 м.

Нагнетание воды в угольный пласт (гидрообработка пласта) производят через увлажняющие скважины 1—5 диаметром 0,05—0,12 м и глубиной до 10—20 м, располагаемых равномерно по сечению выработки и за ее контуром на расстоянии не менее 4 м (рис. 78).

Воду нагнетают до тех пор, пока она не появится в контрольной скважине *K*, которую бурят в центре квершлага диаметром 0,1—0,25 м. В результате увлажнения уголь теряет способность к быстрому и хрупкому разрушению. Кроме того, вода, попадая в угольный массив, способствует повышению газовой выделению из пласта и резкому снижению давления газа.

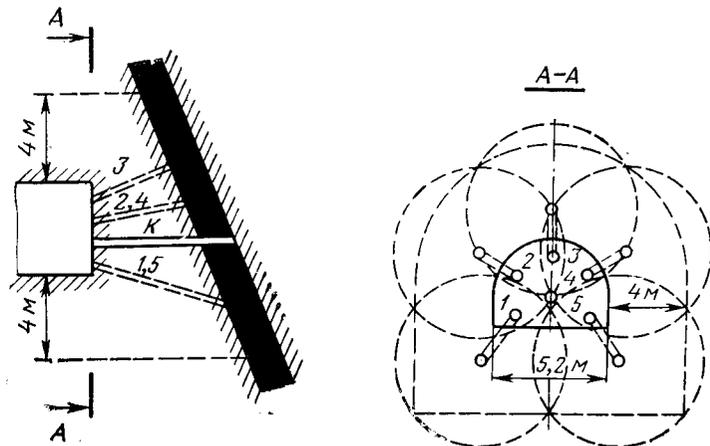


Рис. 78. Схема расположения скважин в забое квершлага для гидрообработки угольного пласта перед его вскрытием

Гидровывывание угля (гидроразрыв пласта) применяют в забоях штреков, проводимых по мягким уголям с $f < 0,6$. Гидровывывание полостей производят гидромониторами с дистанционным управлением при давлении воды 7—11 МПа. Полости в пласте образуются не только за счет энергии струи воды, но и за счет работы газа, выделяющегося из угля. Длина полостей 5—10 м, ширина на 1,5—2 м больше ширины (на пологих пластах) или высоты (на крутых пластах) выработки.

Выбуривание угольного пласта производят после бурения дегазационных скважин. Наиболее распространенные схемы расположения скважин при выбуривании угольного пласта показаны на рис. 79. Для выбуривания применяют буровые станки Б-15С и БГА-2, бурильные установки БУЭ-1, БУЭ-2 и БУЭ-3, колонковые сверла СЭК-1 и ЭБГП-1 в сочетании с буровыми коронками типа КБ диаметром 0,35—0,5 м.

Наклонные выработки на пластах, склонных к внезапным выбросам, после выполнения специальных мероприятий по предотвращению выбросов, проводят сверху вниз. Проведение снизу вверх разрешается только после предварительного пробуривания скважины диаметром не менее 0,25 м на всю длину выработки для надежного проветривания за счет общешахтной струи воздуха.

При проведении выработок по выбросоопасным породам применяют сотрясательное взрывание. Кроме того, в практике применяют меры, снижающие вероятность возникновения выбросов. К таким мерам относят прове-

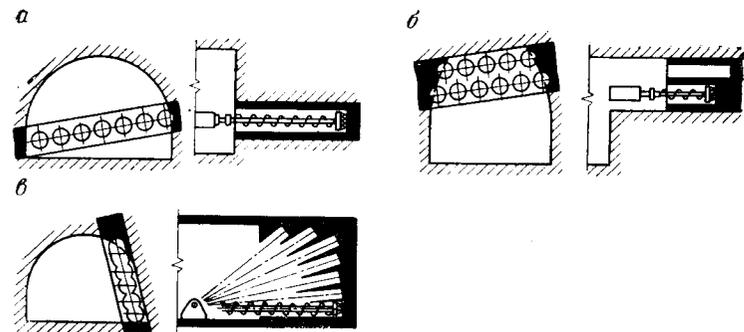


Рис. 79. Схемы расположения скважин при выбуривании угольного пласта в штреке:

a — однорядная; *b* — двухрядная; *v* — веерная

дение выработок в два этапа: вначале меньшей площадью сечения с последующим расширением до проектного. Положительные результаты получают при гидрообработке массива пород нагнетанием воды под давлением 40 МПа и более, применении контурного взрывания, образовании разгрузочных щелей в стенках выработки путем выбуривания, применении буровзрывной технологии проведения или исполнительным органом проходческого комбайна. В ряде бассейнов страны выработки по выбросоопасным пластам проводят комбайнами, что уменьшает напряжение на контуре выработки за счет придания ей полусферической формы.

§ 74. Проведение выработок в пучащих и неустойчивых породах

Пучение горных пород (поддувание) — это выдавливание пород почвы в выработку под действием горного давления.

На небольших глубинах пучение имеет место в выработках, проводимых по глинистым сланцам, а на глубинах 500 м и более это явление наблюдается в песчано-глинистых и песчаных сланцах, а также в песчаниках, находящихся в зоне влияния очистных работ.

Основными причинами пучения пород являются выдавливание или течение пластичных пород в результате давления вышележащих пластов, набухание пород под действием влаги. На шахтах СССР ежегодно подрывают более 3000 км горных выработок, так как поднятие пород почвы до 200 мм уже отрицательно сказывается на работе рельсового и до 400 мм — на работе конвейерного транспорта. Ущерб, наносимый пучением пород, достигает десятков миллионов рублей в год. Поэтому проблема борьбы с пучением приобретает актуальное значение.

Для сохранения форм и размеров горных выработок от сильного воздействия горного давления со стороны пучащих пород необходимо применять следующие мероприятия: проводить предварительное осушение массива горных пород; не допускать обводнения почвы выработки, для чего содержать водоотводные канавки в исправном состоянии; при разработке сближенных пластов производить надработку вышележащего пласта; проводить выработки широким забоем с двусторонней раскоской; вместо одной выработки проводить две, но меньшей площадью сечения; заменять буровзрывной способ проведе-

ния комбайновым; производить закрепление пучащих пород почвы анкерной крепью (применяют, если под ними на глубине 1,5—2 м залегают песчаники или известняки).

На шахтах Подмосквовного и Карагандинского бассейнов для борьбы с пучением применяют взрывание камуфлетных зарядов. Для этого в почве по бокам выработки через 0,6—0,8 м по ее длине бурят наклонные шпурсы глубиной 0,7—0,9 м, которые заряжают по 100—125 г аммонита. В результате взрыва зарядов в почве выработки образуются камуфлетные полости, а порода становится более плотной и менее склонной к пучению. Интенсивность пучения при этом снижается в 2—4 раза.

Для шахт Донецкого бассейна перспективным является способ активной разгрузки пород почвы с последующим их упрочнением. Сущность этого способа заключается в том, что породы почвы предварительно разрыхляют путем взрывания зарядов ВВ (создают зону интенсивной трещиноватости). Затем в трещины нагнетают скрепляющий раствор (цементация, смолизация).

Необходимо иметь в виду, что все способы по упрочнению пород почвы дают положительные результаты, если их применяют в непосредственной близости от забоя и вслед за его подвиганием.

Наиболее эффективным, особенно при проведении капитальных выработок на больших глубинах, является применение замкнутых конструкций крепей из металла, бетона, железобетона и металлобетона, что позволяет избежать подрывки пород почвы и в большинстве случаев обеспечить их безремонтное поддержание.

В слабых и неустойчивых породах применяют забивную крепь, представляющую собой заостренные с одного конца доски толщиной 50—75 мм и длиной 1,5—2 м, забиваемые в забой под углом 15—20° к продольной оси выработки, что позволяет сохранить поперечное сечение выработки на всем протяжении. В зависимости от условий залегания неустойчивых пород забивную крепь применяют для ограждения только кровли или кровли и боков выработки. Забивную крепь применяют при проведении горизонтальных и наклонных выработок небольшой длины.

Для снижения трудоемкости работ и обеспечения высоких скоростей проведения выработок в неустойчивых породах применяют проходческие щиты, которые подразделяют на немеханизированные и механизированные.

Немеханизированные щиты (комплекты проходческого оборудования со щитом) применяют в мягких, сыпучих и плавучих породах и в выработках большой длины. Щит представляет собой передвижную металлическую оболочку (обычно цилиндрической формы), под защитой которой производят выемку пород с помощью отбойных молотков (реже буровзрывным способом), погрузку породы в забое и возведение постоянной сборной крепи с помощью блоко- или тьюбингоукладчиков, а иногда и монолитной крепи.

Механизированные щиты (комплексы проходческого оборудования со щитами) механизмируют все основные процессы. Создается семейство механизированных проходческих (тоннелепроходческих) щитовых комплексов КТ-4 (КЩ-4) с различными исполнительными органами (стреловым, роторным, экскаваторным, комбинированным).

Комплекс КТ-4В2 (КЩ-4БС) состоит из щита ПЩМ-4С со стреловым исполнительным органом, передвижной платформы, на которой установлены погрузочный и перегрузочный конвейеры, три тележки для транспортирования элементов крепи, тельфера, перемещающегося по монорельсам, выдвигания, гидрооборудования балок, гидродомкратов подтягивания, гидрооборудования, электрооборудования, оборудования для пылегашения. На платформе размещаются также электровоз 4,5АРП-2М и шесть вагонеток ВГ-1,3.

Проходческий комплекс обслуживает звено в составе машиниста комплекса, его помощника, двух крепильщиков, оператора погрузочного пункта, двух машинистов электровоза, слесаря и двух рабочих, занятых на тампаже.

ГЛАВА XVIII

РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ПОГАШЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 75. Ремонт горизонтальных и наклонных выработок

В результате действия горного давления, шахтных вод и рудничной атмосферы выработки постепенно приходят в негодность. Для обеспечения бесперебойной ра-

боты забоев и подземного транспорта, нормального проветривания и создания безопасных условий труда, все выработки в период эксплуатации должны иметь площадь сечения в свету и зазоры, соответствующие требованиям Правил безопасности, а также исправный рельсовый путь и водоотводную канавку. Выработки, не отвечающие этим требованиям, необходимо своевременно ремонтировать. Только в Донецком бассейне на ремонт горных выработок ежегодно расходуется около 200 млн. руб., занято около 30 тыс. горнорабочих.

Ремонтом горных выработок называют работы по исправлению деформированной крепи, расширению сечения выработки, а также исправлению рельсового пути и водоотводной канавки. В зависимости от характера и объема работ различают три вида ремонта — текущий, средний и капитальный.

Текущий ремонт заключается в замене отдельных деформированных рам (арок), их элементов или затяжек, заделке трещин или небольших вывалов в каменной, бетонной и железобетонной крепи, очистке выработки от грязи и подсыпке балласта, устранении дефектов рельсового пути без подрывки пород, очистке и ремонте водоотводных канавок.

При рамной деревянной, металлической и смешанной крепи чаще всего происходит деформация стоек, верхняков и затяжек. При замене одной стойки под верхняк подбивают временную стойку (ремонтину), удаляют деформированную, выпускают часть породы и устанавливают новую стойку, а ремонтину удаляют. При замене двух стоек под верхняк подбивают две временные стойки, а деформированные стойки поочередно заменяют новыми.

Для замены деформированных стоек в нескольких соседних рамах (арках) устанавливают продольный подхват, служащий для удержания верхняков тех рам (арок), в которых необходимо заменить деформированные стойки. Для поддержания подхвата под него подбивают временные стойки. Для замены верхняков или отдельных рам (арок) предварительно устанавливают промежуточные рамы (арки), которые после ремонта обычно не извлекают. В сильно нарушенных породах верхняки или рамы (арки) заменяют под прикрытием предохранительной забивной крепи, забиваемой с одной или двух сторон. При необходимости заменить в раме (арке) деформированные стойки и верхняк вначале

заменяют стойки, а потом верхняк. Правила безопасности запрещают одновременное удаление более двух рам (арок). Замену деформированных затяжек начинают от почвы. Пространство между затяжками и боками выработки забучивают породой.

Текущий ремонт каменной и бетонной крепей состоит в заделке трещин цементно-песчаным раствором, а небольших вывалов — бетоном или железобетоном. Устранение дефектов рельсового пути без подрывки пород заключается в подтяжке болтов на стыках, замене части рельсов, стрелок и шпал, перешивке отдельных рельсов с целью исправления ширины колеи. При текущем ремонте водоотливные канавки очищают от грязи, заменяют деформированные настилы или элементы крепления канавки.

Средний ремонт заключается в замене рам (арок) на участках выработок (чаще всего до 5 м), установке промежуточных рам (арок), а также поддирке почвы без перестилки рельсового пути. При замене деформированных арок перед снятием хомутов под верхняк ремонтируемой арки и соседних (не менее трех с каждой стороны) устанавливают временные стойки. После снятия хомутов ломом отжимают стойки арки в выработку. Затем выбивают временную стойку поддерживающую верхняк, выпускают и убирают породу. На это место устанавливают новую арку. Деформированные арки заменяют по одной. Для усиления деформированных рам между ними устанавливают промежуточные рамы. При удалении деревянной рамы соседние рамы должны быть усилены дополнительной крепью и расшиты.

Поддирку почвы без перестилки рельсового пути применяют в том случае, когда нельзя остановить движение транспорта по выработке и нет необходимости в замене рельсов и шпал (применяют при глубине подрывки до 50 см). В этом случае сначала по ширине выработки вынимают породу между шпалами, а затем под ними, после чего путь опускают на участках длиной 12—16 м. Работы по выемке породы обычно производят вручную с применением отбойных молотков и погрузкой породы в вагонетки. При подрывке почвы водоотводные канавки подлежат полному восстановлению.

Капитальный ремонт заключается в выполнении большого объема работ по сплошной замене крепи; расширению поперечного сечения выработки до размеров, предусмотренных паспортом крепления; поддирке

почвы с перестилкой рельсовых путей; восстановлении или проведении новой водоотводной канавки.

Сплошную замену крепи производят без расширения поперечного сечения выработки. В этом случае вначале удаляют старую крепь, выпускают породу, грузят ее в вагонетки и устанавливают новую крепь. В выработках со слабыми породами необходимо применять забивную крепь или цементацию. При расширении выработки до размеров, предусмотренных паспортом крепления, сначала удаляют старую крепь, производят присечку породы, погрузку ее в вагонетки, а затем возводят новую крепь. После окончания работ по ремонту необходимо убрать оставшуюся породу и мусор, очистить водоотводную канавку и рельсовый путь.

Поддирку почвы с перестилкой рельсового пути применяют при величине подрывки более 50 см, необходимости замены изношенных рельсов и шпал или ремонте обратного свода крепи. Рельсовый путь в этом случае полностью разбирают, производят поддирку почвы и затем настилают новый. Подрывку породы производят с применением отбойных молотков, буровзрывным способом ($f > 6$) с погрузкой горной массы погрузочными машинами или проходческими комбайнами со стреловидным рабочим органом. Для выработок с углом наклона до $\pm 10^\circ$ и площадью сечения более 6 м^2 в свету для пород с $f < 4$ при глубине подрывки до 1 м создана профилеподдирочная машина ПФ-1.

Для механизации путевых работ создан комплекс ПГИ-2, состоящий из гидрофицированной установки с набором гидравлических инструментов (выдергивание и забивка костылей, перекусывание гаек и болтов путевых скреплений, гибка и ломка рельсов, сверление отверстий в рельсах, подъем и рихтовка пути, подбивка балласта под шпалы) и бункер-вагона, который служит для транспортирования, рассыпания и разравнивания балласта.

Работы по восстановлению или проведению новой водоотводной канавки проводят так же, как и при среднем ремонте выработок. В отдельных случаях, если это экономически выгодно, вместо капитального ремонта проводят новую выработку. Ремонтные работы необходимо вести от ствола, что обеспечивает лучшее снабжение материалами и лучший отход к стволу в случае завала.

Технология ремонта наклонных выработок аналогична рассмотренным работам в горизонтальных выработ-

ках. Однако в этом случае особенно строго надо соблюдать Правила безопасности.

Для облегчения контроля и учета ремонтных работ горные выработки по длине разбивают на участки (пикеты) длиной 25 или 50 м. Нумерацию пикетов ведут от ствола. Номера пикетов пишут на деревянных или металлических табличках, прикрепляемых к крепи на 2/3 ее высоты от почвы. Рамы (арки) внутри пикетов нумеруют мелом. Надзор за состоянием крепи осуществляют ежемесячно горные мастера, а начальники участков или их заместители — ежедневно.

В зависимости от характера и объема ремонтных работ организуют бригады крепильщиков численностью не менее двух человек. Работы выполняют в одну, две, три и даже четыре смены. Руководство ремонтными работами и приемку работ осуществляют горные мастера.

На каждую выработку составляют паспорт, который представляет собой журнал, содержащий все данные о ремонте выработки, объемах и времени их выполнения. При ремонте горных выработок применяют такой же инструмент, как и при проведении горных выработок, — ручной, механизированный и контрольно-измерительный.

К ручному инструменту относят: лом, кайло, обушок, лопату, топор, пилу, ножовку, гаечные ключи, кувалду, домкрат и др.

К механизированному инструменту относят: отбойный молоток, электропилу, ручное электро- или пневмосверло, бурильный молоток, пневматический реверсивный гайковерт и др. Применение механизированного инструмента ускоряет и облегчает выполнение работ.

К контрольно-измерительному инструменту относят: рулетку, складной метр, ватерпас, металлический и универсальный путевой шаблоны.

§ 76. Восстановление и погашение выработок

Восстановление горных выработок — это проведение их по завалам, происшедшим в результате несвоевременного ремонта крепи, неправильного ведения работ по ремонту, внезапного увеличения горного давления при посадке лав, горных ударов и выбросов песчаников на больших глубинах, рудничных пожаров, взрывов метановоздушной смеси и пыли. Кроме того, в условиях шахт, разрабатывающих крутые пласты, восстановление

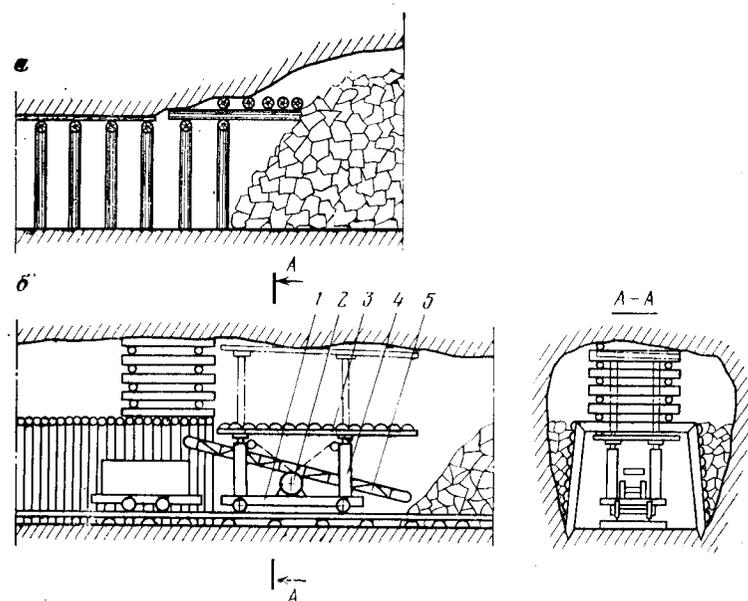


Рис. 80. Схемы восстановления горных выработок с выпуском породы:

а — с применением перекрышной крепи, б — с применением передвижного щита-платформы

выработки по завалу связано с проведением вентиляционных штреков по ранее погашенным выработкам.

В зависимости от устойчивости и объема пород из свода обрушения применяют два способа восстановления выработок: с выпуском породы из зоны завала и без выпуска ее.

Восстановление выработок с выпуском породы заключается в том, что обрушенную породу грузят в вагонетки и выдают на поверхность. Работы выполняют под защитой крепи (рис. 80,а), состоящей из бревен длиной 3—5 м, уложенных одними концами на ранее установленную крепь, а другими — на обрушенную породу. Применяют также передвижные щиты-платформы (рис. 80,б), состоящие из тележки 1, ручной лебедки 2, предохранительного перекрытия 3, четырех гидравлических стоек 4 и перегружателя 5. По мере уборки породы и установки крепи щит-платформу передвигают. При крепких породах кровли предохранительное перекрытие передвигают вместе с платформой, а при слабых — оставляют у кровли и поддерживают кострами

(положение перекрытия при слабой кровле показано штрих-пунктиром).

При высоте свода обрушения до 2 м выкладывают деревянные костры, при 2—5 м — устанавливают распорную многоярусную крепь, при большей высоте — укладывают 3—5 рядов накатника из бревен с насыпкой сверху породы (1—1,5 м).

Восстановление выработок с выпуском породы целесообразно применять при завалах длиной до 50 м и выходе породы до 20 м³ в разрыхленном состоянии с 1 м выработки. В противном случае целесообразно обойти место завала и пройти новый участок выработки в ненарушенных породах.

Восстановление выработок без выпуска породы применяют при завалах большой протяженности и значительной высоты, что имеет место в неустойчивых породах. Обрушенную породу вынимают только в пределах сечения выработки, а остальную породу удерживают, применяя забивную крепь или проходческие щиты.

Наклонные выработки восстанавливают так же, как и горизонтальные. При восстановлении сверху вниз пустоты за крепью заполняют кострами, а снизу вверх — породой. Работы по восстановлению выработок необходимо поручать опытным рабочим и вести их со стороны свежей вентиляционной струи в присутствии лиц технического надзора. Для механизации работ по восстановлению выработок применяют отбойные и бурильные молотки, пневмо- и электросверла, погрузочные машины и универсальные машины «Штрек-1».

Погашение горных выработок — это работы по ликвидации выработок, надобность в которых полностью отпала. В угольной промышленности ежегодно погашается (ликвидируется) до 30% от общей протяженности всех поддерживаемых выработок, что примерно равняется объему их проведения за год.

Погашаемые выработки должны быть изолированы от действующих, а крепь, рельсы, трубы и оборудование демонтированы для повторного их использования.

Деревянную крепь извлекают при погашении и перекреплении горных выработок (в среднем 5%) и используют обычно для изготовления затяжек и выкладки костров. Нормативы извлечения составляют: для железобетонной крепи — 20%, для металлической — 65%.

Извлечение крепи из погашаемых выработок являет-

ся сложной и опасной операцией, так как это сопряжено с возможностью внезапного обрушения пород. Поэтому Правила безопасности допускают извлечение крепи только механизированным способом с безопасного расстояния и в присутствии лиц технического надзора. Для извлечения крепи при погашении выработок применяют специальные машины МИК-2М, МИК-3, КИМ, МРА-1; электрические, пневматические и ручные лебедки, которые устанавливают на расстоянии не менее 8 м от участка погашения. Машина МИК-2М предназначена для извлечения арочной металлической крепи в горизонтальных и наклонных (до 20°) выработках высотой 1,6—3 м и шириной не менее 2,5 м. Машина поставляется с электро- или пневмодвигателем. Оператор находится в кабине машины. Производительность до 20 арок в смену. Машина МИК-3 снабжена гидравлическими кусачками для среза гаек на хомутах. Последние можно использовать повторно. Кусачки проще по конструкции, чем гайковерт в машине МИК-2М. Машины МИК-2М, МИК-3 и КИМ не только могут извлекать крепь, но и срывать рельсовые пути на участке погашения выработки.

В горизонтальных и наклонных (до 30°) выработках извлечение крепи допускается в присутствии лица технического надзора участка и в направлении, обеспечивающем выход к стволу шахты. В выработках с углом наклона от 15 до 30° извлекать крепь разрешается только снизу вверх, а при угле наклона свыше 30° крепь, как правило, не извлекают.

Извлеченные элементы крепи сортируют на пригодные для повторного использования без ремонта и деформированные. Первые комплектуют в арки (рамы) и направляют для повторного использования, а деформированные элементы и метизы отправляют на восстановление. Элементы крепи, не пригодные для восстановления, сдают в металлолом. Реставрируют деформированные элементы крепи специальными правильно-гибочными гидравлическими прессами производительностью от 10 до 50 арок в смену. Пункт реставрации крепи обычно располагают в камере околоствольного двора.

Стоимость извлечения и восстановления арочной металлической крепи составляет 35—60% стоимости новой в зависимости от механизации работ по извлечению и степени ее деформации. Учитывая большие объемы применения, повторное использование крепи приносит большой экономический эффект. На многих шахтах Донец-

кого бассейна крепь используют 2—3 раза, а на шахте им. газеты «Социалистический Донбасс» объединения «Донецкуголь» — до 6—7 раз.

Для извлечения крепи из погашенных выработок и восстановления деформированных элементов на шахтах организуют специальные бригады рабочих.

Устья погашаемых штолен и наклонных стволов должны быть закрыты перемычками из камня или бетона.

ГЛАВА XIX

ПРОВЕДЕНИЕ КАМЕР

Камеры — это горные выработки, имеющие небольшую длину по сравнению с ее поперечным сечением. Они предназначены для размещения оборудования (лебедочная, насосная, трансформаторная, вентиляционная и др.), материалов и инвентаря (для запасных частей, противопожарная), для санитарных и других целей (медицинский пункт, диспетчерская, камера ожидания).

Выбор схемы проведения камер зависит от устойчивости пород и размеров их поперечного сечения.

§ 77. Проведение камер по углю с подрывкой породы

Лебедочные, трансформаторные и другие камеры проводят в основном смешанными забоями. В этом случае вначале вынимают уголь на всю длину и ширину камеры с возведением временной крепи (рис. 81, а). Затем подрывают породу почвы (заходки I, II) и устанавливают временную крепь большей длины. Далее подрывают породы кровли в обратном порядке (заходки III, IV), придавая камере необходимую форму, и устанавливают временную крепь.

Выемку угля и подрывку породы осуществляют с помощью буровзрывных работ. Породу грузят погрузочными машинами. Постоянную крепь в неустойчивых породах возводят вслед за подрывкой пород кровли, а в устойчивых — после выемки всей породы. В качестве постоянной крепи применяют бетон, сборный железобетон, а также смешанные и металлические рамы и арки с металлической или железобетонной затяжкой. При

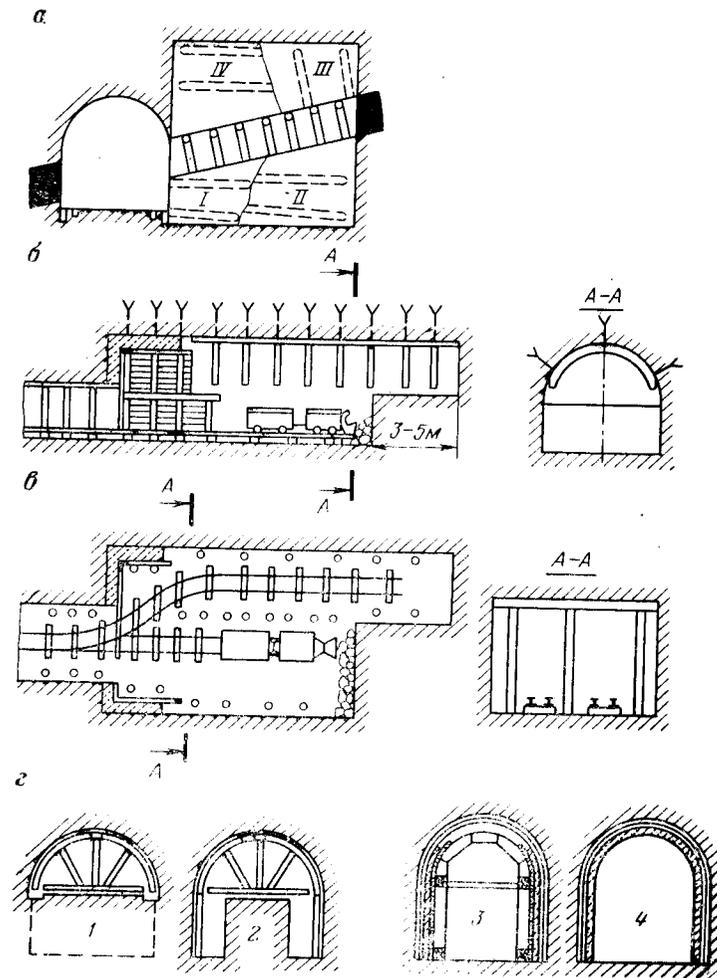


Рис. 81. Схемы проведения камер

неустойчивых породах и на больших глубинах в бетоне оставляют металлические арки временной крепи (металлобетон). Иногда крепь усиливают анкерной крепью с металлической сеткой.

При проведении камеры большой длины ее проводят тремя уступами: угольный забой, породный забой по почве и породный — по кровле. Угольный забой опережает породный на 2—3 м. Организация работ в этом

случае такая же, как и при проведении пластовых штреков.

§ 78. Проведение камер по породе

Камеры площадью сечения до 20 м² проводят сплошным забоем (аналогично проведению кварцшлаг), а более 20 м² — сложным забоем.

В крепких устойчивых породах при арочной форме поперечного сечения камеры проводят с разделением на два горизонтальных уступа (рис. 81,б). Верхний уступ составляет 35—40% поперечного сечения камеры, а нижний — 65—60%, чем достигается равномерное их подвигание. Верхний уступ опережает забой нижнего на расстояние до 5 м, что позволяет вести работы в обоих уступах одновременно. Выемку породы производят буровзрывным способом. Породу грузят погрузочными машинами. После этого возводят постоянную крепь.

Камеры прямоугольного поперечного сечения, у которых ширина значительно больше высоты, проводят вертикальными уступами (рис. 81,в). Работы в обоих уступах проводят также одновременно. Породу грузят последовательно в каждом уступе одной погрузочной машиной, которая перемещается по двум рельсовым путям, соединенным между собой стрелочным переводом. После погрузки породы устанавливают временную крепь. Постоянную крепь возводят с отставанием от забоя.

В мягких неустойчивых породах камеры проводят независимыми забоями с временным оставлением целика породы в середине сечения камеры (рис. 81,г). Работы начинают с выемки породы в сводчатой части 1, которую крепят временной арочной крепью. С отставанием на 2—3 м от забоя вынимают породу в двух боковых выработках 2 с установкой под арки металлических стоек. Под защитой временной металлической крепи ведут выемку целика 3 и возводят постоянную крепь 4. Временную крепь, как правило, не извлекают.

Проведение камер оценивают объемом готовой выработки в свету в кубических метрах. Нормативы проведения камер на один забой в месяц составляют 200—250 м³ в свету. Передовые проходческие бригады на отдельных шахтах Донбасса проводят камеры со скоростью 500—600 м³ в свету и более на один забой в месяц.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

§ 79. Общие сведения

Перед проведением горизонтальной и наклонной горной выработки должен быть составлен проект на ее проведение. Основным документом такого проекта является паспорт проведения и крепления горной выработки, который составляется начальником участка и главным технологом и утверждается главным инженером или директором шахты.

Исходными данными для составления проекта проведения выработки являются горно-геологические условия (крепость, обводненность и газообильность пород) и технические условия (назначение выработки, скорость и сроки проведения выработки, средства механизации и т. д.).

При составлении проекта необходимо пользоваться типовыми сечениями выработок, утвержденными Госстроем СССР, нормативами скоростей проведения выработок, альбомом прогрессивных технологических схем подготовительных и очистных работ, едиными нормами и расценками на горные работы и др. В проектах необходимо использовать прогрессивную отечественную технику и опыт работы передовых проходческих бригад.

Все решения в проекте должны быть приняты в соответствии с «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах» и «Правилами технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт».

§ 80. Составление паспорта проведения и крепления горной выработки

В качестве примера рассмотрим проведение откаточного штрека — наиболее характерной выработки, где ведутся работы по углю и породе.

Исходные данные. Для подготовки выемочного поля (см. рис. 8,б) необходимо пройти откаточный штрек длиной 1400 м по пласту мощностью 1 м с углом залегания 12° и коэффициентом крепости $f=1,5$. Почва и кровля пласта представлены песчаником ($f=6$, плотность $\gamma=2,4$ т/м³). Откатка грузов по выработке про-

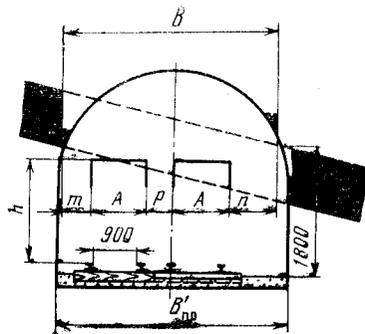


Рис. 82. Схема к определению размеров поперечного сечения откаточного штрека

изводится аккумуляторным электроводом АМ-8 в вагонетках ВГ-2,5 вместимостью 2,5 м³. Выработка двухпутная, ширина колеи 900 мм. Приток воды 15 м³/ч, срок службы выработки 5 лет. Грузопоток по выработке 1200 т/сут. Способ охраны штрека — угольные целики. Шахта по газу III категории и опасна по угольной пыли. Количество воздуха, проходящего по выработке, $Q = 30$ м³/с. Способ проведения штрека буровзрывной.

Выбор формы и определение размеров поперечного сечения штрека. Учитывая срок службы штрека (5 лет), свойства пород ($f=6$) и нахождение его в зоне влияния очистных работ, применяем металлическую арочную крепь. Следовательно, форма поперечного сечения выработки будет сводчатая. Так как мощность пласта не превышает 1 м, принимаем трехзвенную крепь АП-3.

Для достижения равномерности нагрузки на крепь и удобства погрузки угля с конвейера лавы в вагонетки на штреке принимаем двустороннюю подрывку (почвы и кровли). Пласт в сечении штрека располагаем так, чтобы высота подрывки кровли была 0,7 м (рис. 82).

Минимальную ширину штрека в свету на уровне подвижного состава (электровоза) определяем по формуле (1)

$$B = m + kA + p + n = 0,25 + 2 \cdot 1,35 + 0,2 + 0,7 = 3,85 \text{ м.}$$

По полученному размеру $B=3,85$ м принимаем типовое сечение с увеличением ширины выработки на осадку (см. «Унифицированные типовые сечения горных выработок», Киев, Будивельник, 1971, т. 1, лист 180). Площадь сечения штрека: в свету до осадки $S_0 = 12,8$ м², после осадки $S_{св} = 11,2$ м², в проходке $S_1 = 15,9$ м², в проходке с учетом канавки $S_2 = 16$ м². Ширина выработки до осадки $B'_{пр} = 5,12$ м, после осадки $B_{пр} = 4,9$ м. Высота штрека 3,68 м.

Принятое типовое сечение штрека проверяем на скорость движения воздуха по формуле (2)

что соответствует «Правилам безопасности в угольных и сланцевых шахтах».

Определяем площадь забоев: угольного

$$S_y = mB'_{пр} / \cos 12^\circ = 1 \cdot 5,12 / 0,978 = 5,23 \text{ м}^2$$

и породного

$$S_n = S_2 - S_y = 16 - 5,23 = 10,77 \text{ м}^2.$$

Обоснование способа и скорости проведения штрека.

Так как срок службы штрека 5 лет, для обеспечения необходимой устойчивости на протяжении всего срока службы проводить его намечаем узким забоем. Скорость проведения штрека в месяц L принимаем 200 м/мес, что выше нормативной скорости. Режим работы забоя: шестидневная рабочая неделя, число рабочих дней в месяц $N=25$, число рабочих смен в сутки $n=4$, продолжительность смены 6 ч. Определяем подвигание забоя штрека за смену:

$$l_{см} = L / (Nn) = 200 / (25 \cdot 4) = 2 \text{ м.}$$

Намечаем выполнение одного цикла в смену с подвиганием за цикл $l_{ц} = 2$ м. Так как мощность пласта 1 м, принимаем отдельную выемку угля и породы с одинаковым подвиганием по углю и породе — 2 м. Проводить штрек будем с опережением угольного забоя по сравнению с породным на один цикл. К.и.ш. $\eta_y = 0,85$, $\eta_n = 0,9$. Тогда глубина шпуров составит: по углю

$$l_y = l_{ц} / \eta_y = 2 / 0,85 = 2,35 \text{ м.}$$

по породе

$$l_n = l_{ц} / \eta_n = 2 / 0,9 = 2,22 \text{ м.}$$

Буровзрывные работы. В соответствии с крепостью пород $f=6$ бурение шпуров предусматриваем бурильной установкой БУЭ-2 и резцами РБ-42-2.

Так как шахта является опасной по газу и угольной пыли, то для заряжания шпуров по углю и породе применяем предохранительный аммонит Т-19 с работоспособностью $P=280$ см³, массой патрона $g_n=300$ г, диаметром $d=3,6$ см, длиной $l_n=28$ см и плотностью $\Delta_n=1,1$ г/см³ (табл. 3).

Определяем коэффициент работоспособности ВВ

$$e = 380 / P = 380 / 280 = 1,36.$$

Взрывание зарядов предусматриваем электрическим способом с помощью предохранительных электродетонаторов ЭДКЗ-ОП мгновенного действия для взрывания сосудов с водой и ЭДКЗ-ПМ15 короткозамедленного действия для взрывания зарядов в шпурах. В качестве источника тока при взрывании принимаем прибор ПИВ-100м, который служит и для измерения сопротивления взрывной сети. Соединение электродетонаторов последовательное.

Удельный расход ВВ определяем по формуле (4):
по углю

$$q_y = q_1 F v e = 0,15 \cdot 1,1 \cdot 3,07 \cdot 1,36 = 0,7 \text{ кг/м}^3,$$

где $v = 3l_y / \sqrt{S_y} = 3 \cdot 2,35 / \sqrt{5,23} = 3,07$;

по породе

$$q_{\text{п}} = q_1 F v e = 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,36 = 1,26 \text{ кг/м}^3.$$

Число шпуров определяем по формуле (5):
по угольному забою

$$N_y = \frac{12,7 q_y S_y}{\gamma d^2 \Delta_{\text{п}}} = \frac{12,7 \cdot 0,7 \cdot 5,23}{0,45 \cdot 3,6^2 \cdot 1,1} = 7,2 \text{ (для равномерного охвата}$$

та забоя принимаем 10 шпуров);

по породному забою

$$N_{\text{п}} = \frac{12,7 q_{\text{п}} S_{\text{п}}}{\gamma d^2 \Delta_{\text{п}}} = \frac{12,7 \cdot 1,26 \cdot 10,77}{0,5 \cdot 3,6^2 \cdot 1,1} = 24,1 \text{ (для лучшего дробле-$$

ния породы принимаем 25 шпуров).

Угольный забой имеет одно обнажение, а применяемое ВВ предохранительное, поэтому принимаем прямой призматический вруб с двумя короткими и двумя длинными врубовыми шпурами. Глубину длинных врубовых шпуров принимаем на 0,2 м больше глубины комплекта шпуров, т. е. $2,35 + 0,2 = 2,55$ м, а глубину коротких — 1,3 м. Расположение шпуров предусматриваем по схеме, показанной на рис. 83.

На основании графических построений и измерений углы наклона оконтуривающих шпуров к плоскости забоя принимаем равными 85° , углы наклона остальных шпуров — 90° .

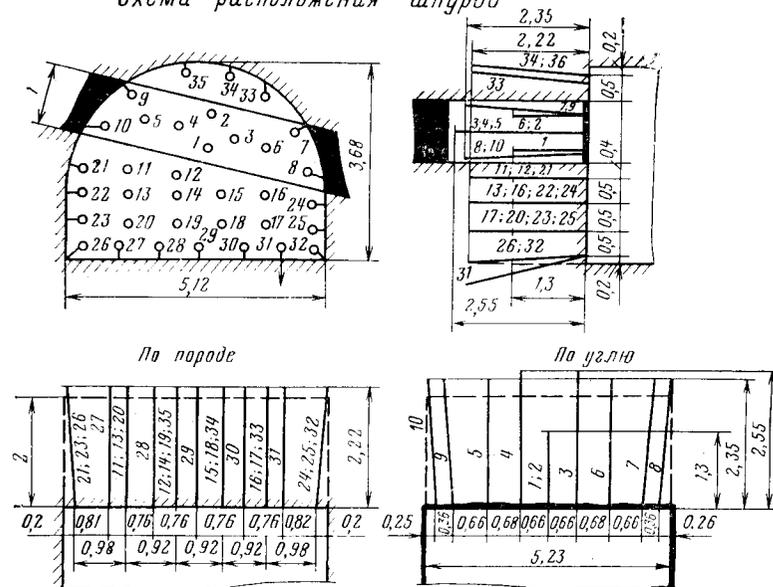
Длина шпуров составит:
по углю

$$l_{\text{ш}}(1, 2) = 1,3 \text{ м,}$$

$$l_{\text{ш}}(3, 4) = 2,55 \text{ м,}$$

$$l_{\text{ш}}(5, 6) = 2,35 \text{ м,}$$

Схема расположения шпуров



Номера шпуров	Длина шпура, м	Углы наклона шпуров (градус) к забоя на проекциях		Величина заряда в шпуре, кг	Тип электродетонаторов, очередность взрывания
		горизонтальной	вертикальной		
1,2	1,3	90	90	0,6	ЭДКЗ-ПМ15(1МП)
3,4	2,55	90	90	1,2	
5;6	2,35	90	90	0,9	
7-10	2,36	85	85	0,9	ЭДКЗ-ПМ15(4МП)
11,12	2,22	90	90	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(1МП)
13-16	2,22	90	90	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(2МП)
17-20	2,22	90	90	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(3МП)
21-25	2,23	85	90	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(4МП)
27-31;33-35	2,23	90	85	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(5МП)
26;32	2,23	85	85	1,2	ЭДКЗ-ПМ15(6МП)

Рис. 83. Паспорт буровзрывных работ по проведению откаточного штрека (размеры даны в метрах)

$$l_{ш} (7-10) = l_y / \sin 85^\circ = 2,35 / 0,996 = 2,36 \text{ м};$$

вспомогательных по породе

$$l_{ш} (11-20) = 2,22 \text{ м};$$

оконтуривающих по породе

$$l_{ш} (21-35) = l_{п} / \sin 85^\circ = 2,22 / 0,996 = 2,23 \text{ м}.$$

Предварительный расход ВВ на заходку (цикл) определяют по формуле (3):

$$\text{по угляю } Q_y = q_y S_y l_y = 0,7 \cdot 5,23 \cdot 2,35 = 8,6 \text{ кг};$$

$$\text{по породе } Q_{п} = q_{п} S_{п} l_{п} = 1,26 \cdot 10,07 \cdot 2,22 = 28,1 \text{ кг}.$$

Среднюю величину заряда на шпур определяем по формуле (6):

$$\text{по угляю } Q_{ср.у} = Q_y / N_y = 8,6 / 10 = 0,86 \text{ кг};$$

$$\text{по породе } Q_{ср.п} = Q_{п} / N_{п} = 28,1 / 25 = 1,12 \text{ кг}.$$

Заряды врубовых шпуров (3, 4) увеличиваем на 20%, тогда величина заряда в шпуре составит: $Q (3, 4) = Q_{ср.у} \cdot 1,2 = 0,86 \cdot 1,2 = 1,03 \text{ кг}.$

Определяем число патронов во врубовых шпурах (3, 4)

$$n_{п} = Q_{з.4} / g_{п} = 1,03 / 0,3 = 3,43 \text{ патрона (принимаем 4 патрона)}.$$

Тогда заряд будет равен:

$$Q_3^1 = g_{п} n_{п} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ кг}.$$

В коротких врубовых (1, 2) шпурах принимаем по 2 патрона

$$Q_3^2 = g_{п} n_{п} = 0,3 \cdot 2 = 0,6 \text{ кг}.$$

В отбойных по угляю (5-10) шпурах $n_{п} = Q_{ср.у} / g_{п} = 0,86 / 0,3 = 2,86$ патрона (принимаем 3 патрона).

Тогда заряд будет равен

$$Q_3^3 = g_{п} n_{п} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ кг}.$$

По породе (шпуры 11-35)

$$n_{п} = Q_{ср.п} / g_{п} = 1,12 \cdot 0,3 = 3,7 \text{ (патрона (принимаем 4 патрона))}.$$

Тогда заряд будет равен

$$Q_3^4 (11-35) = g_{п} n_{п} = 4 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ кг}.$$

Фактический расход ВВ на цикл (заходку):

по угляю

$$Q_y = N_1 Q_3^1 + N_2 Q_3^2 + N_3 Q_3^3 = 2 \cdot 1,2 + 2 \cdot 0,6 + 6 \cdot 0,9 = 9 \text{ кг};$$

по породе

$$Q_{п} = N_{п} Q_3^п = 25 \cdot 1,2 = 30 \text{ кг}.$$

Расход ВВ на 1 м выработки,

по угляю

$$Q_y / l_{ц} = 9 / 2 = 4,5 \text{ кг};$$

по породе

$$Q_{п} / l_{ц} = 30 / 2 = 15 \text{ кг};$$

общий

$$Q = 4,5 + 15 = 19,5 \text{ кг}.$$

Так как шахта опасна по газу и угольной пыли, проверяем заряды на заполнение шпуров по формуле (7):

$$\text{врубовых (1, 2) } l_{ш} - l_{зар} = 1,3 - 0,56 = 0,64 \text{ м, где } l_{зар} = n_{п} l_{п} = 2 \cdot 0,28 = 0,56 \text{ м};$$

$$\text{врубовых (3, 4) } l_{ш} - l_{зар} = 2,55 - 1,12 = 1,43 \text{ м, где } l_{зар} = n_{п} l_{п} = 4 \cdot 0,28 = 1,12 \text{ м};$$

$$\text{отбойных по угляю (5-10) } l_{ш} - l_{зар} = 2,35 - 0,84 = 1,51 \text{ м, где } l_{зар} = n_{п} l_{п} = 3 \cdot 0,28 = 0,84 \text{ м};$$

$$\text{по породе (11-35) } l_{ш} - l_{зар} = 2,22 - 0,84 = 1,38 \text{ м; где } l_{зар} = n_{п} l_{п} = 3 \cdot 0,28 = 0,84 \text{ м}.$$

Следовательно, все заряды соответствуют условиям заполнения шпуров, так как на забойку в каждом шпуре остается больше чем 0,5 м длины шпура, что удовлетворяет требованиям «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Определяем объем работ на цикл по бурению: по угляю

$$\Sigma l_{ш.у} = N(1, 2) l_{ш} + N(3, 4) l_{ш} + N(5, 6) l_{ш} + N(7-10) l_{ш} = 2 \cdot 1,3 + 2 \cdot 2,55 + 2 \cdot 2,35 + 4 \cdot 2,36 = 21,84 \text{ м};$$

по породе

$$\Sigma l_{ш.п} = N(11-20) l_{ш} + N(21-35) l_{ш} = 10 \cdot 2,22 + 15 \cdot 2,23 = 55,65 \text{ м}.$$

Расход электродетонаторов на цикл: по угляю 10, по породе 25, для распыления воды из полиэтиленовых мешков 5 — всего 40 шт. Расход электродетонаторов на 1 м штрека 40: $l_{ц} = 40 : 2 = 20$ шт.

На основании проведенных расчетов составляем паспорт буровзрывных работ (см. рис. 83). Взрывание зарядов по углю и породе предусматриваем раздельное (в два приема), причем взрывать шпуров по породе можно только после уборки угля.

Проветривание забоя. Так как шахта опасна по газу и угольной пыли, принимаем нагнетательный способ проветривания. По табл. 8 выбираем вентилятор местного проветривания ВМ-8М и прорезиненные трубы диаметром 600 мм.

Погрузка угля и породы. Откидку угля от забоя предусматриваем вручную. Объем работ по откидке принимаем 30% от объема выемки за цикл. Объем работы на цикл по выемке и погрузке угля определяем из выражения

$$V_y = S_y l_{ц} = 5,23 \cdot 2 = 10,46 \text{ м}^3.$$

Объем работ по откидке угля $0,3V_y = 0,3 \cdot 10,46 = 3,14 \text{ м}^3$.

Объем работ по погрузке породы $V_{п} = S_{п} l_{ц} = 10,07 \times 2 = 20,14 \text{ м}^3$.

Погрузку угля и породы в вагонетки предусматриваем погрузочной машиной 2ПНБ-2. Для обмена груженых вагонеток ВГ-2,5-900 вместимостью $2,5 \text{ м}^3$ аккумуляторными электровозами на порожние в 15 м от забоя располагаем накладной съезд, который необходимо передвигать вслед за продвижением забоя.

Крепление штрека. Так как площадь сечения штрека в свету после осадки $S_{св} = 11,2 \text{ м}^2$, принимаем для крепи специальный взаимозаменяемый профиль СВП-27 с минимальной грузонесущей способностью крепи $P = 200 \text{ кН}$. Определяем максимальное расстояние между арками по формуле (11):

$$l_{\max} = \frac{Pf}{40a^2\gamma} = \frac{200 \cdot 6}{40 \cdot 2,56^2 \cdot 2,4} = 1,9 \text{ м}.$$

Принимаем расстояние между арками $l_p = 1 \text{ м}$.

Потребное число арок на цикл $n_k = l_{ц} / l_p = 2 / 1 = 2$ арки.

Учитывая срок службы выработки (5 лет), затяжку принимаем железобетонную. При $f = 6$ затяжку кровли производим сплошную, а бока — вразбежку. Расход материалов для крепления на 1 м выработки берем из «Унифицированных типовых сечений горных выработок» (Киев, Будивельник, 1971, т. I, лист 180): метал-

ла — 311 кг, железобетонных затяжек — 70 шт., дерева — $0,005 \text{ м}^3$, балласта — $0,83 \text{ м}^3$. В соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах отставание постоянной крепи от забоя принимаем минимальное — 0,3 м, максимальное — 2,3 м. В качестве временной крепи принимаем выдвигную предохранительную крепь, состоящую из двух выдвигных труб диаметром 100 мм, щита из досок толщиной 8 см, длиной 3,5 м. Паспорт проведения и крепления штрека показан на рис. 84.

Настилка пути и проведение водоотводной канавки. Постоянный рельсовый путь принимаем из рельсов типа Р33 и железобетонных шпал на балластном слое толщиной 190 мм. Шпалы длиной 1500 мм, толщиной 130 мм, шириной 220 мм. На $2/3$ толщины погружаются в балласт. Расстояние между шпалами 700 мм, между стыковыми шпалами 400 мм.

Расход материалов для укладки двухпутного постоянного пути на 1 м выработки, берем из сборника «Унифицированные типовые сечения горных выработок», том 1, лист 317: рельсы 133,92 кг, подкладки 18,12 кг, накладки 12,43 кг, костыли 6,264 кг, болты с гайками 1,714 кг, шайбы 0,192 кг, шпалы 3 шт. (бетон $0,118 \text{ м}^3$, металл 20,64 кг).

Временный путь принимаем из рельсов Р18 в виде звеньев длиной 2 м. Рельсы в звене прикреплены к шпалам из швеллера № 12. Звенья между собой скрепляют легкоразъемными соединениями.

Водоотводную канавку предусматриваем проводить площадью сечения $0,1 \text{ м}^2$ с помощью буровзрывных работ, крепить и перекрывать железобетонными желобами.

Расход материалов для крепления и перекрытия канавки на 1 м выработки принимаем из сборника «Унифицированные типовые сечения горных выработок», т. 1, лист 341: круглый лес $0,018 \text{ м}^3$, бетон $0,075 \text{ м}^3$, арматура 3,12 кг.

Организация работ и технико-экономические расчеты. При проведении откаточного штрека проходческий цикл состоит из следующих процессов: бурения шпуров по углю и породе, зарядания шпуров и взрывания зарядов, погрузки угля и породы, крепления штрека, настилки пути, проведения водоотводной канавки, наращивания вентиляционных труб.

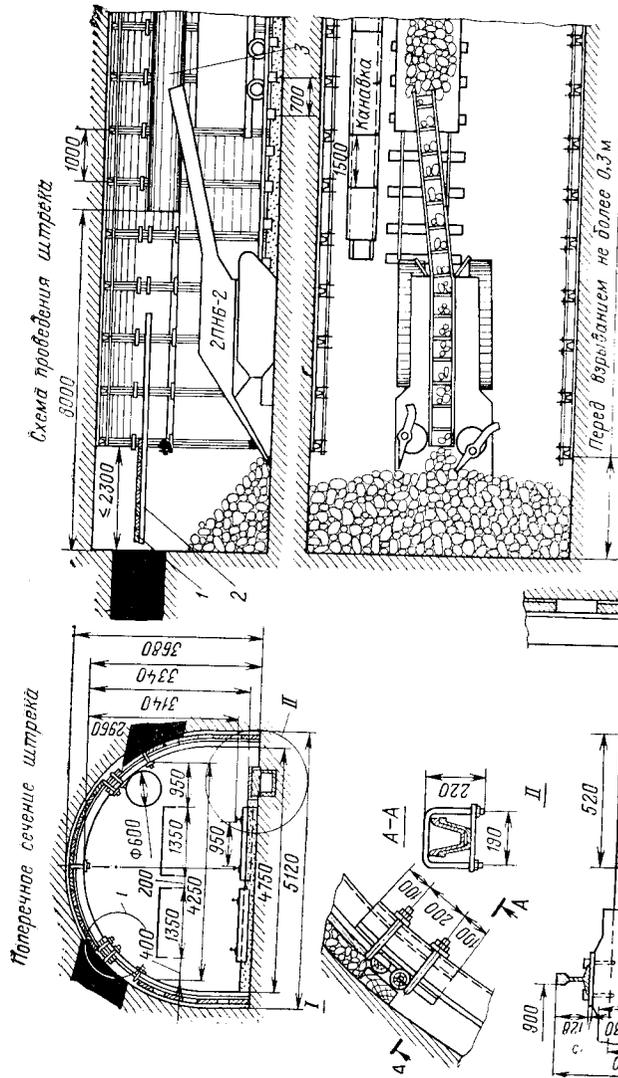


Рис. 84. Паспорт проведения и крепления
откаточного штрека:
1 — деревянный щит; 2 — металлическая труба;
3 — вентиляционная труба

Проведение штрека будет осуществлять комплексная суточная проходческая бригада, численность которой устанавливается в зависимости от объемов работ по процессам за цикл и действующих норм выработки на горнопроходческие работы.

Расчет штата и стоимости проходческих работ на цикл производят по методике, принятой в сборниках норм выработки и сводят в табл. 9.

Число чел-смен по каждому процессу

$$N_{\text{п}} = V/H,$$

где V — объем работ на цикл; H — установленная норма выработки.

Общее число чел-смен на цикл

$$\Sigma N_{\text{ц}} = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n,$$

где $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ — число чел-смен по каждому процессу.

Потребное число чел-смен на цикл $\Sigma N_{\text{ц}} = 6,131$. Принимаем явочный состав бригады на цикл $N_{\text{я}} = 6$ чел., тогда коэффициент перевыполнения нормы выработки составит

$$k_{\text{н}} = \Sigma N_{\text{ц}} / N_{\text{я}} = 6,131 / 6 = 1,02.$$

Учитывая, что за сутки выполняется четыре цикла, явочный состав комплексной проходческой бригады будет равен

$$N_{\text{я.ц}} = N_{\text{я}} n = 6 \cdot 4 = 24 \text{ чел.}$$

Определяем комплексную норму выработки

$$H_{\text{к}} = l_{\text{ц}} / \Sigma N_{\text{ц}} = 2 / 6,131 = 0,326 \text{ м.}$$

Рассчитываем производительность труда проходчика на выход

$$P_{\text{вых}} = l_{\text{ц}} / N_{\text{я}} = 2 / 6 = 0,333 \text{ м.}$$

Стоимость работ по каждому процессу

$$C_{\text{п}} = T N_{\text{п}},$$

где T — тарифная ставка рабочего, руб.; $N_{\text{п}}$ — число чел-смен на выполнение процесса.

Общая стоимость работ на цикл

$$\Sigma C_{\text{ц}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n,$$

где $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ — стоимость работ по каждому процессу, руб. Стоимость работ на цикл приведена в табл. 9.

Виды работ (процессы цикла)	Норма выработки			Объем работ на цикл	Потребное число чел-смен на цикл	Тарифная ставка рабочего, руб.	Стоимость работ на цикл, руб.	Обоснование нормы выработки (номера таблиц, строк, граф)
	по сборнику норм*	поправочный коэффициент	установленная					
Бурение шпуров по углю	242	0,93	225	21,84	0,097	12,09	1,172	Табл. 83-3а
То же	242	0,93	225	21,84	0,097	12,09	1,172	Табл. 83-3а
Выемка угля	11,6	1,15	13,34	10,46	0,784	12,09	9,478	Табл. 93-в
Откидка угля	14,5	0,85	12,32	3,14	0,254	12,09	3,07	Табл. 102-4а
Погрузка угля	57	1,1	62,7	10,46	0,166	12,09	2,006	Табл. 97-1г
То же	57	1,1	62,7	10,46	0,166	10,53	1,747	Табл. 97-1г
Бурение шпуров по породе	178	0,93	165,5	55,65	0,336	12,09	4,062	Табл. 83-3г
То же	178	0,93	165,5	55,65	0,336	10,53	3,538	Табл. 83-3г
Погрузка породы	30,9	1,1	33,9	20,14	0,594	12,09	7,181	Табл. 97-3г
То же	30,9	1,1	33,9	20,14	0,594	10,53	6,254	Табл. 97-3г
Крепление выработки	1,26	0,9	1,134	2	1,764	12,09	21,327	Табл. 104-12в
Настилка временного пути	9,58	1,5	14,37	2	0,139	9,39	1,305	Табл. 129-1г
Настилка постоянного пути	7,83	0,9x0,5	3,52	2	0,568	10,53	5,98	Табл. 129-3г
Снятие временного пути	51,4	—	51,4	2	0,039	8,46	0,330	Табл. 132-1в
Проведение канавки	32,3	0,9	28,77	2	0,071	10,53	0,748	Табл. 112-1г
Крепление канавки	36	0,5	18	2	0,111	10,53	1,169	Табл. 112-1г
Навеска вентиляционных труб	198	—	198	2	0,01	10,53	0,105	Табл. 113-1а
Снятие вентиляционных труб	423	—	423	2	0,005	10,53	0,053	Табл. 113-1а

$\Sigma N_{ц} = 6,131$

$\Sigma C_{ц} = 70,697$

Примечание. Нормы выработки и объем работ на цикл по бурению, настилке путей, снятию временного пути и вентиляционных труб, проведению и креплению канавки, навеске вентиляционных труб даны в метрах; по креплению выработки — в рамках остальных работ в кубических метрах.

* «Единые нормы выработки для шахт Донецкого и Львовско-Волынского угольных бассейнов».

Определяем стоимость проведения 1 м штрека по зарплате, или комплексную расценку,
 $R_{к} = \Sigma C_{ц} / L_{ц} = 70,697 / 2 = 35,35$ руб.
 Стоимость 1 м штрека по затратам на материалы
 сведена в табл. 10.

Материалы	Расход* на 1 м штрека	Цена единицы, руб.	Сумма затрат на 1 м, руб.
Арки металлической крепи	311	0,168	52,38
Железобетонные затяжки	70	0,5	35
Лес для крепления штрека и перекрестия канавки	0,023	56,5	1,3
Рельсы	113,92	0,144	16,4
Скрепления к рельсам	38,7	0,144	5,57
Валяст	0,83	4,4	3,65
Железобетонные шпалы	3	5,25	15,75
Железобетон для крепления канавки	0,08	95	7,6
Аммонит Т-19	19,5	0,3	5,85
Электродетонаторы	20	0,15	3
Итого	—	—	146,6
Неучтенные материалы (бура, резцы, смазка, полиэтиленовые мешки и др.)	—	—	14,66
Всего	—	—	$C_{м} = 161,26$

* Расход на 1 м штрека арки металлической крепи, рельсов и скрепления к ним, аммонита Т-19 дан в килограммах, железобетонных затяжек, железобетонных шпал и электродетонаторов — в штуках, остальных материалов — в кубических метрах.

Определяем стоимость 1 м штрека по прямым затратам (заработная плата и материалы).

$$C = R_{к} + C_{м} = 35,35 + 161,26 = 196,61 \text{ руб.}$$

Для построения графика организации работ необходимо определить длительность каждого процесса цикла по формуле

$$t = N_{ц} T_{ц} / (n_{р} k_{н}),$$

где T — продолжительность смены, ч; $n_{р}$ — число рабочих, выполняющих данную работу; α — коэффициент, учитывающий затраты времени на зарядание шпуров, взрывание зарядов и проветривание забоя после взрывания

$$\alpha = \frac{T_{ц} - (N_{ц}^{зар} / n_{зар} + t_{пр})}{T_{ц}}$$

где $T_{ц}$ — продолжительность цикла, ч; N — число шпуров на цикл; $t_{зар} = 0,05 \div 0,1$ ч — время, необходимое на зарядание одного шпура; $n_{зар}$ — число рабочих, занятых на зарядании шпуров (предусматриваем в каждом звене два проходчика, имеющих Единую книжку взрывника, тогда число рабочих, занятых на зарядании, вместе со взрывником составит 3 чел.); $t_{пр}$ — время необходимое для проветривания забоя после взрывания шпуров (принимаем 0,25 ч после каждого взрывания по углю или породе).

Следовательно,

$$\alpha = \frac{6 - (35 \cdot 0,075/3 + 0,25)}{6} = 0,82.$$

Определяем длительность зарядания шпуров по углю

$$t_1 = N_y t_{зар} / n_{зар} = 10 \cdot 0,075 / 3 = 0,17 \text{ ч.}$$

Определяем длительность погрузки породы

$$t_2 = \frac{N_{п} T_{\alpha}}{n_{р} k_{п}} = \frac{(2 \cdot 0,594) \cdot 60,82}{6 \cdot 1,02} = 1 \text{ ч.}$$

Длительность остальных процессов проходческого цикла при продолжительности смены 6 ч, коэффициенте, учитывающем затраты времени на зарядание, 0,82 и коэффициенте перевыполнения нормы выработки 1,02 определяем и сводим в табл. 11.

Таблица 11

Виды работ (процессы цикла)	Потребное число чел.-смен на цикл	Число рабочих, выполняющих данный процесс	Длительность процесса, ч
Бурение шпуров по углю	0,194	3	0,33
Зарядание шпуров по углю	—	3	0,17
Взрывание зарядов по углю и проветривание выработки	—	—	0,25
Выемка, откидка и погрузка угля	1,37	6	1,1
Бурение шпуров по породе	0,672	3	1,1
Зарядание шпуров по породе	—	3	0,42
Взрывание зарядов по породе и проветривание выработки	—	—	0,25
Погрузка породы	1,188	6	1
Крепление арками	1,764	6	1,4
Настилка пути, проведение канавки и навеска труб	0,943	3	1,4

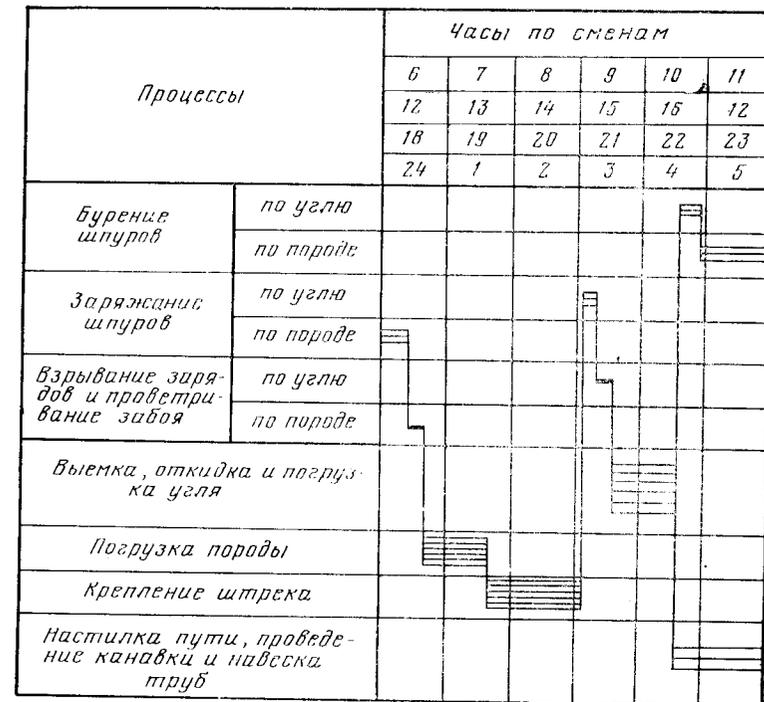


Рис. 85. График организации работ при проведении откаточного штрека

На основании проведенных расчетов строим график организации работ (рис. 85).

ГЛАВА XXI

ПРОХОДКА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТОЛОВ ОБЫЧНЫМ СПОСОБОМ

§ 81. Общие сведения

При подземной разработке угольных месторождений горные работы начинают с проходки вертикальных стволов. Вертикальные стволы — это капитальные горные выработки, срок службы которых равен сроку службы шахты (50—60 лет и более). Свыше 20% находящихся в строительстве шахтных стволов будут иметь глубину более 1000 м.

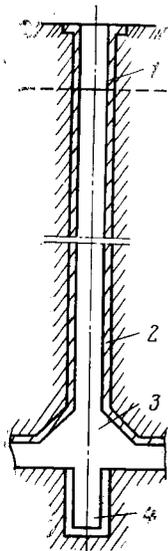


Рис. 86. Продольный разрез вертикального ствола

В продольном разрезе вертикального ствола (рис. 86) различают устье 1, основную часть 2, сопряжение ствола с околоствольным двором 3 и зумпф 4. Для предохранения ствола от стока поверхностных вод устье сооружают на 200 мм выше земной поверхности. По всей глубине от устья до зумпфа ствол имеет постоянные форму и размеры поперечного сечения. В угольной промышленности СССР в основном применяют круглую и реже прямоугольную формы поперечного сечения. Эллиптическую и другие формы применяют при расширении или реконструкции прямоугольных стволов.

Круглая форма поперечного сечения ствола обеспечивает меньшее горное давление, более удобна при проходке, позволяет применять различные крепежные материалы, оказывает меньшее сопротивление движению воздуха, может применяться при любых сроке службы глубине и устойчивости горных пород.

Поперечное сечение ствола в свету определяют графическим путем с учетом размеров подъемных сосудов, типа армировки и зазоров по Правилам безопасности. Окончательно принимают ближайший больший типовой размер (от 4 до 9 м с интервалом 0,5 м) и проверяют его по скорости движения воздуха, которая не должна превышать 8 м/с в стволах для спуска и подъема людей и грузов, 12 м/с в стволах для спуска и подъема только грузов и 15 м/с в стволах, не оборудованных постоянно действующими подъемными. Свыше 80% стволов, находящихся в строительстве, имеют диаметры более 5,5 м в свету. Для определения размеров поперечного сечения ствола в проходке необходимо к сечению его в свету прибавить расчетную толщину крепи.

В зависимости от устойчивости и водообильности пересекаемых горных пород вертикальные стволы проходят обычным или специальным способами. Обычный способ применяют в достаточно устойчивых породах и при притоках воды до 5 м³/ч, а специальный — при неустойчивых плавучих или в устойчивых, но сильно трещиноватых и водоносных породах.

При строительстве новых шахт объем работ по проходке стволов составляет 25—30 % и более к общему объему всех выработок, необходимых для сдачи шахты в эксплуатацию.

При проходке вертикальных стволов последовательно выполняют следующие основные этапы: подготовительный период, включающий работы, выполняемые до начала проходки стволов; проходку устья, собственно проходку ствола, т. е. работы по выемке породы и возведению постоянной крепи; рассечку околоствольного двора или проведение сопряжения ствола с околоствольным двором; армирование ствола, т. е. работы по монтажу в стволе расстрелов и проводников, навеску труб и кабелей, устройство лестниц; переоснащение оборудования в стволе для сдачи шахты в эксплуатацию.

§ 82. Работы подготовительного периода и проходка устья ствола

Работы подготовительного периода. Перед строительством шахты на основании проектных материалов оформляют отвод земельного участка, получают разрешения на присоединение к источникам энергии и водоснабжения, на примыкание подъездных железнодорожных путей и автомобильных дорог, линий связи, заключают договора на поставку оборудования, кабелей, труб, канатов и строительных материалов, комплектуют штаты рабочих и инженерно-технического персонала.

К началу проходки ствола выполняют работы первого этапа строительства шахты, который называют подготовительным периодом. Он включает контрольную разведку пород, которые должен пересечь ствол (на расстоянии 10—15 м от будущего ствола бурят 1—2 скважины диаметром 75—100 мм); строительство железнодорожных и автодорожных путей; обеспечение строительства электроэнергией, водой, телефонной связью, жильем, материалами, машинами и механизмами.

В подготовительный период выполняют также работы нулевого цикла, к которому относят все земляные работы, связанные с планировкой строительной площадки и дорог, устройством всех подземных коммуникаций (прокладкой кабелей, водопроводных и кана-

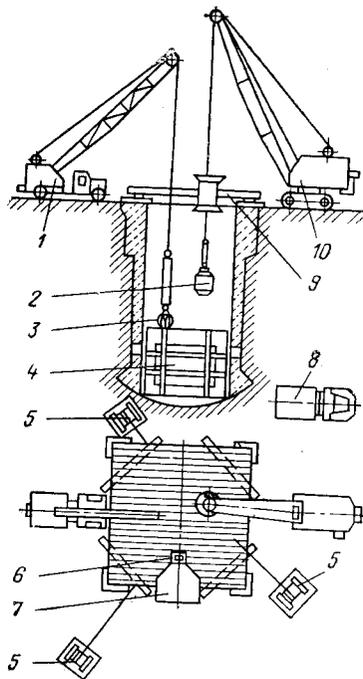


Рис. 87. Проходка устья ствола комплексом КПШ-2:
 1 — автокран; 2 — бадья; 3 — грейферный грузчик; 4 — подвесная опалубка; 5 — лебедки для подвески опалубки; 6 — став труб для подачи бетона; 7 — бункер для бетона; 8 — автосамосвал; 9 — рама-шаблон; 10 — кран-экскаватор

лизационных труб), сооружением фундаментов постоянных зданий и сооружений. Продолжительность подготовительного периода устанавливают равной 12—16 мес. в зависимости от производственной мощности шахты.

Проходка устья ствола. Устье обычно проходят в наносных породах. В зависимости от мощности наносов устье проходят с использованием временного (передвижного) или постоянного

проходческого оборудования и копра, которые устанавливают до начала проходки устья. При использовании временного оборудования устье проходят в подготовительный период. ЦНИИподземмашем разработан комплекс временного передвижного оборудования КПШ-2 (рис. 87), позволяющий осуществлять проходку устья и технологического отхода на глубину до 50 м.

Работы начинают с укладки рамы-шаблона, которую изготавливают из двутавровых балок и используют для деревянного настила. В настиле оставляют отверстия для пропуска бадей, труб и лестницы. Кроме того, рама-шаблон служит для образования контура сечения устья в процессе проходки, а иногда и для подвески первого кольца временной крепи.

При проходке устья с использованием временного проходческого оборудования выемку породы осуществляют с помощью экскаватора на глубину до 3—5 м без установок временной крепи. Затем снизу вверх возводят монолитную бетонную или железобетонную крепь.

Дальнейшую проходку ведут с выемкой породы отбойными молотками или с применением буровзрывных работ. Погрузку породы в бадьи производят пневматическими грейферными грузчиками. По мере подвигания забоя через 0,5—1 м возводят временную кольцевую крепь из швеллеров с затяжкой досками. Первое кольцо временной крепи подвешивают с помощью анкеров к бетонной крепи устья. Возведение постоянной крепи производят звеньями высотой 6—8 м, чаще всего без извлечения временной крепи. Бетонную смесь за опалубку подают по трубам с поверхности. В слабых породах применяют железобетонные тубинги, которые подвешивают сверху вниз по мере подвигания забоя.

При притоках до 3 м³/ч водоотлив осуществляют бадьями вместе с породой, а при больших притоках — забойными насосами откачивают воду на поверхность. Проветривание забоя производят вентилятором, установленным на поверхности. Для спуска и подъема людей используют лестницы.

Средние скорости проходки устья ствола комплексом КПШ-2 составляют 15—20 м/мес.

После окончания работ по проходке устья раму-шаблон разбирают и на ее место укладывают основную проходческую (нулевую) раму, служащую для перекрытия устья ствола, размещения ляд для пропуска бадей, трубопроводов и канатов для подвески в стволе оборудования, спасательной лестницы и др. Затем приступают к проходке основной части ствола по наиболее рациональной технологической схеме.

§ 83. Технологические схемы проходки стволов

В зависимости от последовательности выполнения основных процессов в стволе по выемке породы и возведению крепи различают четыре технологические схемы: последовательную, параллельную, параллельно-щитовую и совмещенную.

Последовательная схема проходки стволов (рис. 88,а). Ствол по глубине разделяют на звенья (участки) по 10—40 м в зависимости от крепости и угла залегания пород. Работы по выемке породы и возведению постоянной крепи в одном и том же звене выполняют последовательно: сначала сверху вниз на всю высоту звена производят выемку породы и навешивают временную крепь из металлических колец, затем снизу

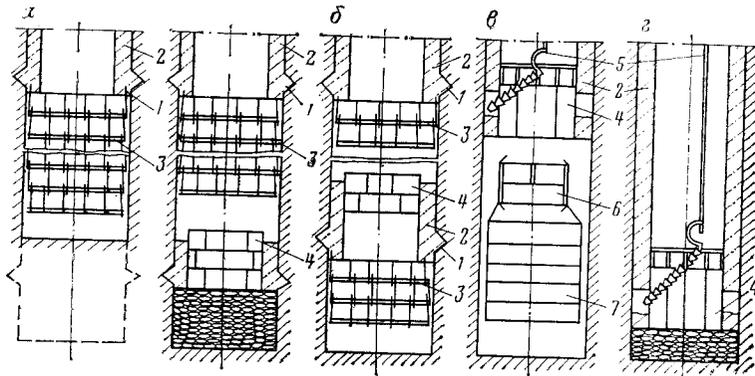


Рис. 88. Технологические схемы проходки вертикальных стволов: 1 — опорный венец; 2 — постоянная бетонная крепь; 3 — временная кольцевая металлическая крепь; 4 — опалубка; 5 — трубы для спуска бетона; 6 — натяжной трехэтажный полук; 7 — металлический щит-оболочка

вверх снимают (в неустойчивых породах оставляют) временную крепь и возводят постоянную, начиная от опорного венца. Во время работ по возведению постоянной крепи выемку породы в забое ствола не производят. В следующем звене работы ведут в такой же последовательности.

В связи с низкими скоростями проходки (15—25 м/мес) последовательную схему применяют редко: при проходке стволов и шурфов глубиной до 100 м, при специальных способах проходки в неустойчивых и водоносных породах, при углубке действующих стволов.

Параллельная схема проходки стволов (рис. 88,б). Работы по выемке породы и возведению постоянной крепи ведут в двух смежных звеньях: в нижнем звене сверху вниз производят выемку породы и возведение временной крепи из металлических колец, а в верхнем звене снизу вверх снимают кольца временной и возводят постоянную крепь. На стыке звеньев размещают двухэтажный подвесной полук, который предохраняет людей, находящихся в забое.

Параллельно-щитовая схема проходки стволов (рис. 88,в). Работы по выемке породы и возведению постоянной крепи осуществляют одновременно в одном звене сверху вниз. Роль временной крепи выполняет щит-оболочка длиной 5—20 м, который подвешивают в стволе на канатах. Постоянную крепь возводят с подвесного трехэтажного полка. Совмещение работ по вы-

емке породы и креплению позволяет проходить стволы с высокой скоростью. Эту схему применяют в стволах диаметром больше 6,5 м, глубиной более 700 м при устойчивых породах.

Совмещенная схема проходки стволов (рис. 88,г). Работы по выемке породы и возведению крепи в призабойной части ствола на высоте 3—5 м ведут последовательно и только частично совмещают во времени. При этой схеме отсутствуют временная крепь и опорные венцы. Постоянную крепь возводят непосредственно у забоя с частично неубранной взорванной породы. После укладки бетонной смеси на высоту опалубки возобновляют работы по уборке породы и проходческий цикл повторяют.

Совмещенная схема по сравнению с предыдущими обеспечивает наиболее простую организацию работ, высокую безопасность и производительность труда. В настоящее время по этой схеме проходят 95—98 % всех стволов в стране независимо от диаметра и глубины стволов. Средняя скорость проходки стволов по совмещенной схеме составляет 60—75 м/мес, максимальная — 200 м/мес.

При применении наиболее распространенного обычного способа проходки стволов с использованием буровзрывных работ к основным процессам проходческого цикла относят: бурение шпуров, их зарядание, взрывание зарядов ВВ, проветривание и приведение забоя в безопасное состояние, погрузку породы, возведение постоянной крепи и др.

§ 84. Буровзрывные работы и проветривание забоя

Буровзрывные работы. При проходке стволов шахт бурение шпуров является одной из трудоемких операций, занимающей до 20—30 % общего времени проходческого цикла. Бурение шпуров производят после уборки породы или частичного совмещения с ней.

Для бурения шпуров применяют ручные перфораторы ПР-24ЛУ, ПР-30ЛУ, ПР-30ЛС и пустотелые шестигранные буры со съемными коронками, армированными твердыми сплавами. На каждые 2—5 м² площади забоя рекомендуют применять один перфоратор. На скоростных проходках стволов для сокращения времени комплекта шпуров в забое работают одновременно до 15—18 перфораторов.

Для механизации бурения шпуров в стволах применяют бурильные установки БУКС-1м (диаметр ствола 5,5—9 м) и СМБУ-4м (диаметр ствола 5—8 м) с четырьмя бурильными машинами вращательно-ударного действия.

Создана унифицированная бурильная установка БУКС-1у5 с числом бурильных машин от двух до пяти (соответственно размеру бадьевого проема) для стволов диаметром 4,5—9 м. Для бурения шпуров глубиной до 4,5 м в породах с $f=4\div 12$ используют бурильные головки БГА-1м, с $f=12\div 20$ — бурильные молотки ПК-75.

Применение установок типа БУКС в 3—4 раза повышает производительность труда рабочих при бурении, сокращает число рабочих, занятых на бурении шпуров, улучшает санитарно-гигиенические условия работ (отсутствие пылеобразования и вибрации).

Для обеспечения бурильных машин и других потребителей сжатым воздухом его подают к забою с поверхности от компрессорной станции по трубам диаметром 150—200 мм, которые в стволе подвешивают на двух канатах. По мере продвижения забоя ствола трубопровод наращивают с поверхности. Глубину шпуров (от 1,5 до 4,5 м) принимают в зависимости от крепости пород, механизации и организации работ.

Расчет паспорта буровзрывных работ (число шпуров, величина заряда и др.) производят так же, как для горизонтальных и наклонных выработок. В стволах круглого поперечного сечения шпуры обычно располагают по трем — пяти концентрическим окружностям, описанным из центра ствола.

После полного обуривания забоя ствола приступают к заряданию шпуров. При отсутствии выделения метана в основном применяют скальный аммонит № 1, а при вскрытии пластов, опасных по газу, — аммонит Т-19. Взрывание применяют только электрическое с использованием электродетонаторов мгновенного и короткозамедленного действия. Конструкция зарядов в шпурах колонковая.

Патроны-боевики изготавливают на поверхности в специальном помещении, расположенном не ближе 50 м от ствола. В забой взрывчатые вещества опускают в бадьях, а патроны-боевики в сумках — отдельно от ВВ в сопровождении мастера-взрывника.

В зарядании шпуров, кроме мастера-взрывника и его помощника, принимают участие и проходчики, име-

ющие «Удостоверение на право участия в зарядании шпуров». Свободную от заряда часть шпура заполняют забойкой. После окончания зарядания шпуров проходчики, помогавшие в зарядании шпуров, поднимаются на поверхность, а мастер-взрывник и его помощник приступают к монтажу электровзрывной сети. Взрывание шпуров производят только с поверхности от сети напряжением 127 или 220 В. Перед взрыванием необходимо открыть яды и поднять оборудование из забоя на безопасную высоту во избежание его повреждения.

Проветривание забоя. При проходке стволов в основном применяют нагнетательный способ проветривания, обеспечивающий наиболее интенсивное проветривание. Вентиляторы применяют электрические осевые или центробежные, установленные на поверхности. Как правило, устанавливают два вентилятора — один большой подачи, включаемый после взрыва шпуров, и другой меньшей подачи, работающий после удаления ядовитых газов взрыва. Вентиляционные трубы применяют главным образом металлические диаметром 500—1200 мм и длиной 3—4 м, соединяемые между собой с помощью фланцев и болтов. Став вентиляционных труб монтируют в стволе на канатах с помощью хомутов или подвесок и штанг. Недостатки металлических труб — большая масса и быстрое разрушение под действием агрессивных шахтных вод.

Промышленность выпускает гибкие трубы типа ЧЛХВ, изготавливаемые из хлопка и лавсана с полихлорвиниловым покрытием, длиной 5; 10 и 15 м, диаметром 500; 600 и 800 мм. Такие трубы легче металлических, более долговечны и удобны в обращении. Став вентиляционных труб не должен отставать от забоя более чем на 15 м. Время проветривания ствола после взрывания не более 30 мин.

Приведение забоя в безопасное состояние. После проветривания забоя горный мастер и мастер-взрывник производят осмотр забойной части ствола. Они проверяют, нет ли отказов зарядов. Обнаруженные отказы необходимо ликвидировать. Затем в ствол спускаются проходчики. Горный мастер руководит работами по устранению неисправностей и дает разрешение на ведение работ в забое. В это же время подготавливают к работе насосы и механизмы к погрузке породы. На проветривание, приведение забоя в безопасное состояние и подготовку забоя к погрузке породы затрачивают до 1 ч.

§ 85. Погрузка породы

Погрузка породы при проходке вертикальных стволов является одним из наиболее трудоемких процессов, занимающая до 40—50% времени проходческого цикла. В СССР механизированная погрузка породы достигает 90% за счет применения пневматических грейферных погрузочных машин с механическим (КС-2у/40, 2КС-2у/40, КС-1МА, 2КС-1МА) и ручным (КС-3) вождением по забою.

Погрузочная машина КС-2у/40 состоит из шестилопастного грейфера вместимостью 0,65 м³, подвешиваемого на канате к тельферу, который с помощью лебедки перемещается по раме. Рама одним концом шарнирно соединена с центральной опорой, а другим — с тележкой поворота, имеющей пневмодвигатель для перемещения по кольцевому монорельсу. Кольцевой монорельс и центральная опора прикреплены к подвесному полку. Тельфер по раме перемещается в радиальном направлении, а рама вокруг центральной опоры — по окружности, что позволяет грузить породу в любой точке забоя ствола круглого поперечного сечения. Управление работой грейфера машинист осуществляет дистанционно, находясь в кабине.

Погрузочные машины КС-1МА по конструкции аналогичны машинам КС-2у/40, но имеют большую вместимость грейфера (1,25 м³). В стволах диаметром 8—9 м в свету применяют сдвоенные погрузочные машины типа 2КС-2у/40 и 2КС-1МА. Работа каждого грейфера независима. Машину обслуживают два машиниста.

Пневмогрузчик КС-3 состоит из шестилопастного грейфера вместимостью 0,22 м³, пневмоподъемника, водила и пневмосистемы. Применяют пневмогрузчик КС-3 в стволах диаметром 4,5—5,5 в свету и глубиной до 300 м. Погрузку породы грейферами производят слоями толщиной до 300 мм.

§ 86. Подъем при проходке стволов

При проходке стволов подъем служит для спуска и подъема людей, оборудования и инструментов, спуска материалов и подъема породы.

Комплекс оборудования проходческого подъема (рис. 89) состоит из подъемной машины 1 с канатом 2,

260

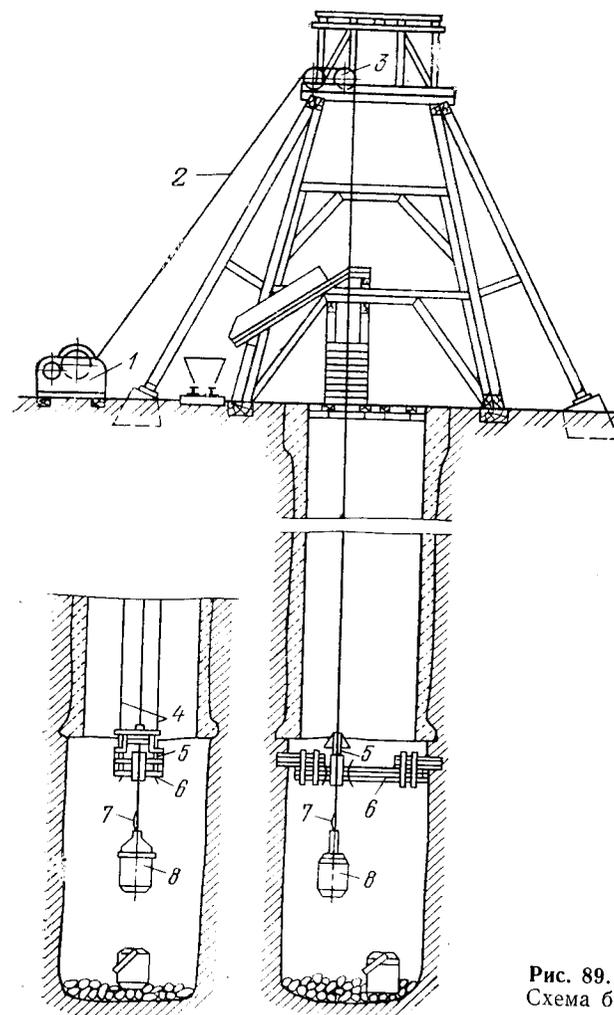


Рис. 89.
Схема бадьевого
подъема

прицепного устройства 7, бадьи 8, шкивов 3, направляющих канатов 4, направляющей рамки 5 и натяжной рамы 6.

Подъемные машины применяют электрические одно- или двухбарабанные при одно- или двухконцевом подъеме. В качестве подъемных канатов используют стальные круглопрядные некрутящиеся канаты диаметром 25—43,5 мм.

261

Прицепные устройства служат для подвешивания бадьи к подъемному канату. Они обеспечивают быструю, удобную и безопасную перецепку бадьи к подъемному канату.

В качестве подъемных сосудов применяют проходческие бадьи. Наибольшее распространение получили проходческие самопрокидные бадьи вместимостью 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 5,5 и 6,5 м³. Бадьи изготавливают сварными из листовой стали толщиной 6—10 мм, бочкообразной формы с шарнирно присоединенной дужкой. Поднятая на поверхность бадья разгружается в бункер на верхней разгрузочной площадке без отцепки от подъемного каната путем опрокидывания. Из бункера породу выгружают в автосамосвалы или в вагонетки и транспортируют в отвал. Опущенную в забой порожнюю бадью отцепляют от подъемного каната, а на ее место прицепляют загруженную бадью. При одноконцевом подъеме одна бадья находится в движении, а другая — загружается. При двухконцевом подъеме, две бадьи в движении, а третья — загружается породой.

Верхний конец подъемного каната огибает направляющий шкив, установленный на подшківной площадке копра, и закрепляется на барабане подъемной машины. Шкивы используют также для поддерживающих и направляющих канатов. Первые служат для удержания на весу и перемещения по стволу предохранительных полков, насосов, труб для водоотлива, вентиляции, сжатого воздуха, бетона и др. Направляющие канаты служат для устранения раскачивания бадьи во время ее движения по стволу. Для каждой бадьи натягивают два направляющих каната, верхние концы которых закрепляют на барабанах лебедки с электроприводом, устанавливаемых около копра. Нижние концы направляющих канатов закрепляют в стволе на натяжной раме, которая шестью или восемью выдвижными балками (пальцами) заводится в лунки (в породе или в крепи) на расстоянии не более 20 м от забоя. По мере проходки ствола ее опускают ближе к забою. Натяжную раму подвешивают в стволе на направляющих канатах. Для предохранения людей, работающих в забое, натяжную раму перекрывают сплошным настилом. Для пропуска подвесного оборудования в раме устраивают проемы, которые закрывают лядами. Проемы для пропуска бадей ограждают раструбами высотой не менее 1,6 м.

Направляющие рамки служат для направления движения бадьи по направляющим канатам и устранения раскачивания ее во время движения по стволу. Рамка снабжается зонтом из листовой стали, предохраняющим людей, находящихся в бадье, от возможного падения в ствол различных предметов или кусков породы. При движении бадьи вниз направляющая рамка задерживается на раструбе натяжной рамы (предохранительного полка). Дальше бадья движется без направляющих канатов со скоростью не более 2 м/с при подъеме породы и не более 1 м/с при спуске-подъеме людей. Расстояние от рамы (полка) до забоя должно быть не более 40 м.

§ 87. Постоянная крепь и ее возведение

Крепь служит для предотвращения обрушения горных пород, сохранения первоначального размера и рабочего состояния вертикального ствола. Она является главным элементом ствола, а ее возведение (крепление) — наиболее ответственный и трудоемкий технологический процесс, достигающий 40 % общей трудоемкости проходческого цикла.

В зависимости от срока службы стволов в качестве основных материалов для крепления применяют монолитный бетон и сборный железобетон (тюбинги). Набрызгбетон пока применяют в ограниченном объеме при проходке вспомогательных стволов в крепких породах. Дерево применяют очень редко.

В угольной промышленности СССР при обычных способах проходки наибольшее распространение (около 95 %) получила крепь из монолитного бетона, что объясняется ее достоинствами: высокая прочность и долговечность, хорошая сцепляемость крепи со стенками ствола, малое аэродинамическое сопротивление, огнестойкость, возможность почти полной механизации работ по возведению крепи.

Для крепления стволов приготовление бетонной смеси производят на центральных бетонных заводах или на шахтных и приствольных бетоносмесительных установках.

Бетонная крепь представляет собой цилиндр с толщиной стенки 200—500 мм. Строительные нормы и правила рекомендуют для крепления стволов применять бетон марки не ниже 200. Переход на более высокие мар-

ки бетона обеспечит уменьшение толщины крепи и объема вынимаемой породы, а следовательно, снижение стоимости возведения крепи.

При возведении бетонной крепи звеньями по 20—50 м снизу вверх при последовательной и параллельной технологических схемах работы начинают с устройства опорного венца. По геометрическим очертаниям венцы разделяют на одноконические, двухконические и комбинированные. Чаще всего применяют двухконические венцы высотой 1,2—1,5 м и шириной 0,8—1 м. Кольцевой вруб по породе для опорного венца создают с использованием буровзрывных работ.

При последовательной схеме ствол проходят на 2—3 м ниже кольцевого вруба с уборкой породы до 50 %. Затем на породе устраивают горизонтальный настил и устанавливают опалубку (применяют в основном металлическую секционную опалубку, изготовляемую из листовой стали толщиной 3—5 мм с ребрами жесткости). После установки опалубки по отвесам приступают к бетонированию опорного венца. Бетон укладывают слоями толщиной 200—250 мм и уплотняют вибраторами.

При бетонировании опорного венца в него заделывают кольцо временной крепи и крючья, предназначенные для подвески колец временной крепи нижерасположенного звена ствола. В дальнейшем работы выполняются в направлении снизу вверх с подвесного двухэтажного полка — на нижнем этаже работают проходчики, а верхний является предохранительным.

При параллельной схеме после образования вруба ствол проходят с одновременным возведением временной крепи еще на 12—15 м ниже кольцевого вруба. После этого приступают к возведению опорного венца «на весу». Ниже вруба закладывают натяжную раму, на настиле которой устанавливают опалубку и производят укладку бетона. После бетонирования первого кольца опалубки работы по возведению крепи ведутся с двухэтажного подвесного полка, как и при последовательной схеме.

При совмещенной и параллельно-щитовой схемах монолитную бетонную крепь возводят в направлении сверху вниз с использованием металлической секционной опалубки, подвешиваемой на трех канатах тихходных лебедок, установленных на поверхности земли.

Секционная опалубка состоит из набора секций, образующих внешнюю оболочку опалубки и скрепленных

в два-три сегмента цилиндра. Последние соединяются между собой с помощью стяжных винтов (форкопфов), которыми производят также сжатие и разжатие опалубки. При отрыве опалубки от крепи винтовые стяжки сжимаются и диаметр наружной поверхности уменьшается на 8—10 см, что позволяет свободно перемещать опалубку на закрепленном участке ствола. После перемещения опалубки в новое положение винтовые стяжки разжимаются и опалубка принимает первоначальный диаметр. Роль опорных венцов выполняют неровности породных стенок ствола.

При совмещенной схеме крепь возводят из забоя ствола с установкой секционной опалубки непосредственно на породе. После выполнения буровзрывных работ и проветривания забоя породу убирают на высоту опалубки. Затем опускают металлическую опалубку и центрируют ее. После этого за опалубку укладывают бетонную смесь. Далее возобновляют уборку породы и проходческий цикл повторяется.

При параллельно-щитовой схеме крепь возводят с подвесного полка. В этом случае секционная опалубка снабжается поддоном, обеспечивающим возведение крепи «на весу».

Бетонную смесь с поверхности в забой ствола повсеместно подают по металлическим трубам диаметром 150—168 мм, подвешиваемым на канатах. На нижнем конце труб устанавливают гаситель скорости, к которому подсоединяют гибкий бетонопровод, служащий для направления смеси за опалубку. Рекомендуется применять быстротвердеющий бетон.

Применение монолитного бетона, спускаемого в ствол по трубам, и секционной опалубки обеспечивает полную механизацию возведения постоянной крепи, исключает необходимость применения временной крепи и устройство опорных венцов, повышает производительность труда крепильщиков в 2 раза по сравнению с обычным бетонированием и снижает стоимость возведения крепи.

При больших притоках воды в ствол применение бетонной крепи нежелательно в связи с вымыванием цемента из свежеложенного бетона. В этих условиях возможно применение сборной тубинговой крепи.

Тубинговая крепь представляет собой цилиндр, который состоит из колец, собираемых из отдельных тубингов, изготовляемых из стали, чугуна или железобе-

тона. Чаще всего применяют железобетонные тубинги конструкции ВНИИОМШСа и СТК. Тубинговую крепь применяют при совмещенной и параллельно-щитовой схемах. Тубинги в ствол опускают на канате подъемной машины. Навеску тубингов осуществляют с использованием лебедки, установленной на натяжном полке (при совмещенной схеме), или с помощью тельфера, передвигающегося по монорельсу, укрепленного снизу основания верхнего этажа полка по его периметру.

Учитывая достоинства и недостатки набрызгбетонной крепи (см. § 44), ее применяют в «чистом» виде, а также с анкерной крепью и металлической сеткой для крепления стволов в породах с $f=8\div 14$ или вентиляционных стволов, не оборудованных подъемными установками.

При возведении набрызгбетонной крепи применяют три технологические схемы работ. При применении первой схемы сухую бетонную смесь приготавливают на поверхности в специальной пневмобетонмашине. Из машины сухую смесь подают в ствол по металлическим трубам, к которым присоединяют гибкий шланг, заканчивающийся соплом. В сопле происходит смешивание сухой бетонной смеси с водой и увлажненную смесь наносят на стенки ствола. При применении второй схемы машину размещают в стволе (на полке). Загрузку ее сухой смесью производят с поверхности по трубам. При применении третьей схемы пневмобетонмашину БМС-5 загружают сухой смесью на поверхности и опускают в ствол к месту возведения крепи, как и бадью.

При толщине крепи до 100 мм применяют набрызгбетонирование в один слой, при большей толщине — в два слоя. Ведутся работы по созданию автоматического сопла (робота) для нанесения набрызгбетонной крепи в стволах. Применение набрызгбетона исключает сложное оборудование, обеспечивает более высокий уровень механизации и повышение производительности труда в 2—2,5 раза.

§ 88. Армирование и армирование стволов

Армирование ствола — совокупность конструкций для армирования стволов: расстрелов, проводников, лестничных отделений, трубопроводов и кабелей. По роду материала проводников и расстрелов различа-

ют деревянную, металлическую и смешанную армировки.

Расстрелы — это несущие балки, заделанные одним или двумя концами в стенки ствола. В качестве расстрелов применяют в основном двутавровые балки № 20—40, коробчатые профили (прямоугольные трубы) и реже деревянные брусья 20×20 см. Расстрелы разделяют на главные, к которым крепят проводники, и вспомогательные — для крепления лестничных и трубных отделений. Комплект расстрелов в одной горизонтальной плоскости называют ярусом. Расстояние между ярусами принимают в зависимости от типа и длины проводников: 3,125 или 4,168 м для рельсовых проводников длиной 12,5 м, до 6—7 м для коробчатых длиной 12—14 м и 1,5—2 м для деревянных проводников независимо от их длины.

Проводники служат для движения по ним клетей или скипов. Проводники разделяют на гибкие (канатные) и жесткие. Канатные проводники (диаметр 25—45 мм) крепят в копре и натягивают грузом, подвешенным в зумпфе. В качестве жестких проводников используют рельсы Р38, Р43, Р50 длиной 12,5 м, коробчатые профили или деревянные брусья. Рельсовые проводники присоединяют к расстрелам с помощью специальных скоб, которые ставят попарно сверху и снизу расстрела, стягивают их болтом. Коробчатые проводники присоединяют к металлическим расстрелам болтами с помощью уголков, приваренных к проводнику или расстрелу. Деревянные проводники прикрепляют к расстрелам с помощью болтов, головки которых утапливают в тело проводника.

Лестничное отделение служит запасным выходом на земную поверхность в случае аварии на людском подъеме. Лестничное отделение отшивают от других отделений досками или металлическими сетками. Расстояние между лестничными полками принимают равным расстоянию между ярусами, но не более 8 м, а угол наклона лестниц — не более 80°. В полках устраивают проемы (лазы) размером не менее 0,6×0,7 м.

Трубопроводы служат для откачки шахтной воды, подачи воды и сжатого воздуха в шахту. Располагают их в лестничном или трубном отделении и прикрепляют к расстрелам или к крепи с помощью скоб.

Кабели (силовые, телефонные и для сигнализации) крепят к скобам, заделанным в крепь ствола через каждые 3—6 м.

Армированием стволов называют работы по установке расстрелов, навеске проводников, устройству лестничных отделений, прокладке труб и кабелей.

Армирование ствола обычно производят после проходки и крепления его на проектную глубину, выдачи из ствола всего проходческого оборудования, а также после переоборудования подвешенного полка (прицепное устройство с верхнего этажа переносят на нижний).

Расстрелы устанавливают в основном сверху вниз с верхнего этажа, а на нижнем этаже подготавливают лунки для расстрелов. Расстояние между этажами принимают равным расстоянию между ярусами (3,125 или 4,168 м). Лунки под расстрелы в бетонной крепи чаще всего разделяют отбойными молотками. Для механизации работ ЦНИИподземмаш разработал и внедрил станки СБЛ (РЛ-1) и БАС-1 для бурения лунок под расстрелы в бетонной крепи. Рабочий орган станков состоит соответственно из трех и двух пневмоударников, установленных в вертикальной плоскости один над другим.

Расстрелы необходимо устанавливать строго горизонтально и в одной вертикальной плоскости. После установки расстрелов лунки заделывают пластичным бетоном. Одновременно с установкой расстрелов с верхнего этажа подвешенного полка оборудуют лестничное отделение.

После окончания установки расстрелов подвешенный полк разбирают, выдают на поверхность и приступают к навешиванию проводников снизу вверх с использованием специальных трех- или четырехэтажных люлек (по числу ярусов на один проводник).

Трубы устанавливают в стволе снизу вверх с люлек аналогично навеске проводников. Кабели по стволу прокладывают после заделки в крепь скоб по всей глубине ствола. Кабели опускают с поверхности в ствол на тросе и после отсоединения от троса крепят к скобам, заделанным в крепь.

Работы по армированию ствола обычно выполняет та же бригада, которая проходила ствол. Средняя скорость армирования стволов составляет 5—7,5 м/сут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горное дело*. Терминологический словарь. М., Недра, 1981.
2. *Технология, механизация и организация проведения горных выработок*/Б. В. Бокий, Е. А. Зимина, В. В. Смирняков, О. В. Тимофеев. М., Недра, 1983.
3. *Гелескул М. Н., Каретников В. Н.* Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок. М., Недра, 1982.
4. *Гелескул М. Н., Усан-Подгорнов Б. М.* Поддержание горных выработок. М., Недра, 1982.
5. *Гузев А. Г., Гудзь А. Г., Пономаренко А. К.* Сооружение горизонтальных и наклонных горных выработок. Киев — Донецк, Вища школа, 1980.
6. *Справочник по буровзрывным работам*. Под общей редакцией проф., д-ра техн. наук М. Ф. Друкованого. М., Недра, 1976.
7. *Единые правила безопасности при взрывных работах*. М., Недра, 1976.
8. *Заплавский Г. А., Лесных В. А.* Горные работы, проведение и крепление горных выработок. М., Недра, 1966.
9. *Котляров С. И.* Горные работы, проведение и крепление подземных выработок. М., Недра, 1971.
10. *Мельников Н. И.* Проведение и крепление горных выработок. М., Недра, 1979.
11. *Машины и оборудование для проведения горизонтальных и наклонных выработок*. Под ред. Б. Ф. Братченко. М., Недра, 1975.
12. *Машины и оборудование для угольных шахт*. Справочник. Под ред. В. П. Герасимова, В. Н. Хорина. М., Недра, 1979.
13. *Методические рекомендации по ведению буровзрывных работ на шахтах Донбасса*. Донецк, Донбасс, 1973.
14. *Насонов И. Д., Федюкин В. А., Шуплик М. Н.* Технология строительства подземных сооружений. Части I, III, М., Недра, 1983.
15. *Плотников А. М., Усан-Подгорнов Б. М.* Проходчик подготовительных выработок. М., Недра, 1974.
16. *Покровский Н. М.* Технология строительства подземных сооружений и шахт. Ч. I. М., Недра, 1977.
17. *Покровский Н. М.* Технология строительства подземных сооружений и шахт. Ч. II. М., Недра, 1982.
18. *Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах*. М., Недра, 1976.
19. *Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт*. М., Недра, 1976.
20. *Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах*. М., Недра, 1979.
21. *Унифицированные типовые сечения горных выработок*. Т. I. Киев, Будивельник, 1971.
22. *Хаджииков Р. Н., Бутаков С. А.* Горная механика. М., Недра, 1982.
23. *Яцких В. Г., Спектор Л. А., Кучерявый А. Г.* Горные машины и комплексы. М., Недра, 1984.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Общие сведения о шахте и горных выработках	4
§ 1. Условия залегания угольных пластов	4
§ 2. Горные выработки	6
§ 3. Формы и размеры поперечного сечения горных выработок	10
§ 4. Основные сведения о шахте	13
§ 5. Понятие о шахтном транспорте, подъеме, водоотливе и вентиляции шахты. Поверхностный комплекс шахты	17
§ 6. Техника безопасности в шахте и охрана природы	24
Глава II. Свойства и классификация горных пород	28
§ 7. Физико-механические свойства горных пород	28
§ 8. Классификация горных пород	30
Глава III. Горные работы	32
§ 9. Виды горных работ и их классификация	32
Глава IV. Бурение шпуров	35
§ 10. Классификация способов бурения шпуров	35
§ 11. Вращательный способ бурения шпуров	35
§ 12. Ударно-поворотный способ бурения шпуров	44
§ 13. Вращательно-ударный способ бурения шпуров	50
§ 14. Правила безопасности и борьба с пылью при бурении шпуров	52
Глава V. Взрывчатые вещества и средства взрывания	56
§ 15. Понятие о взрыве и взрывчатом веществе	56
§ 16. Классификация ВВ	59
§ 17. Характеристика основных групп промышленных ВВ	60
§ 18. Предохранительные ВВ	62
§ 19. Способы и средства инициирования зарядов	64
§ 20. Принадлежности для электрического инициирования зарядов	69
Глава VI. Параметры буровзрывных работ	71
§ 21. Шпуры, их параметры и расположение в забое	71
§ 22. Конструкция зарядов в шпурах	75
§ 23. Расчет параметров буровзрывных работ при шпуровом методе	76
§ 24. Паспорт буровзрывных работ	82
Глава VII. Производство взрывных работ	83
§ 25. Заряжание шпуров	83
§ 26. Огневое инициирование зарядов	87
§ 27. Электрическое инициирование зарядов	89
§ 28. Особенности взрывных работ в шахтах, опасных по газу или угольной пылью	91
§ 29. Отказы, неполные взрывы и выгорание зарядов	94
Глава VIII. Хранение и транспортирование ВМ	96
§ 30. Хранение ВМ	96
§ 31. Транспортирование ВМ	98

Глава IX. Давление горных пород	99
§ 32. Понятие о горном давлении	99
§ 33. Определение величины горного давления в выработках	101
Глава X. Крепежные материалы	105
§ 34. Классификация крепежных материалов	105
§ 35. Дерево как крепежный материал	106
§ 36. Металл как крепежный материал	107
§ 37. Вяжущие вещества и растворы	109
§ 38. Бетон и железобетон	110
§ 39. Искусственные камни	111
§ 40. Новые крепежные материалы	111
Глава XI. Конструкции крепи горизонтальных и наклонных выработок	113
§ 41. Требования к горной крепи и ее классификация	113
§ 42. Деревянные крепи	114
§ 43. Металлические крепи	118
§ 44. Бетонные и каменные крепи	122
§ 45. Железобетонные крепи	125
§ 46. Анкерные крепи	128
§ 47. Смешанные и комбинированные крепи	132
§ 48. Межрамные ограждения	134
§ 49. Крепи закруглений, сопряжений и пересечений горных выработок	136
§ 50. Особенности конструкций крепи наклонных выработок	138
§ 51. Временные предохранительные крепи	140
§ 52. Паспорт проведения и крепления горных выработок	142
Глава XII. Общие вопросы проведения горизонтальных и наклонных горных выработок	143
§ 53. Способы и схемы проведения выработок	143
§ 54. Организация работ и труда при проведении горных выработок	145
§ 55. Скорость проведения горизонтальных и наклонных выработок	148
Глава XIII. Проведение горизонтальных выработок в крепких и средней крепости однородных породах	151
§ 56. Буровзрывные работы	151
§ 57. Проветривание и приведение забоя в безопасное состояние	156
§ 58. Погрузка и транспортирование породы	159
§ 59. Возведение постоянной крепи	166
§ 60. Вспомогательные процессы проходческого цикла	167
§ 61. Комплексная механизация проведения квершлагов и полевых штреков	171
§ 62. Скоростное проведение квершлагов и полевых штреков	174
Глава XIV. Проведение горизонтальных выработок в мягких однородных породах	177
§ 63. Проведение штреков комбайновым способом	177
§ 64. Проведение штреков буровзрывным способом	181
§ 65. Проведение штреков с помощью гидромеханизации	182

Глава XV. Проведение горизонтальных выработок в неоднородных породах	184
§ 66. Основные понятия	184
§ 67. Проведение штреков узким забоем	185
§ 68. Проведение штреков широким забоем	196
Глава XVI. Проведение наклонных выработок	205
§ 69. Особенности проведения наклонных выработок	205
§ 70. Проведение бремсбергов и ходков	206
§ 71. Проведение уклонов и наклонных стволов	211
§ 72. Проведение скатов и печей	217
Глава XVII. Общие сведения о специальных способах проведения горизонтальных и наклонных выработок	220
§ 73. Проведение выработок при внезапных выбросах угля, породы или газа	221
§ 74. Проведение выработок в пучащих и неустойчивых породах	224
Глава XVIII. Ремонт, восстановление и погашение горных выработок	226
§ 75. Ремонт горизонтальных и наклонных выработок	226
§ 76. Восстановление и погашение выработок	230
Глава XIX. Проведение камер	234
§ 77. Проведение камер по углю с подрывкой породы	234
§ 78. Проведение камер по породе	236
Глава XX. Проектирование проведения горизонтальных и наклонных выработок	237
§ 79. Общие сведения	237
§ 80. Составление паспорта проведения и крепления горной выработки	237
Глава XXI. Проходка вертикальных стволов обычным способом	251
§ 81. Общие сведения	251
§ 82. Работы подготовительного периода и проходка устья ствола	251
§ 83. Технологические схемы проходки стволов	255
§ 84. Буровзрывные работы и проветривание забоя	257
§ 85. Погрузка породы	260
§ 86. Подъем при проходке стволов	260
§ 87. Постоянная крепь и ее возведение	263
§ 88. Армировка и армирование стволов	266
«Список литературы	269