

6171.0
17837

**А.Г.ПРОТОСЕНЯ, Ю.Н.ОГОРОДНИКОВ,
В.И.ОЧКУРОВ**

**СТРОИТЕЛЬСТВО
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1997**

Министерство общего и профессионального образования РФ

Санкт-Петербургский государственный горный институт
имени Г.В.Плеханова (технический университет)

**А.Г.ПРОТОСЕНЯ, Ю.Н.ОГОРОДНИКОВ,
В.И.ОЧКУРОВ**

СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Учебное пособие



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1997

СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: Учеб. пособие / А.Г.Протосеня, Ю.Н.Огородников, В.И.Очкуров; Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1997. 93 с. + вклейка. ISBN 5-230-19605-X

Рассмотрены периоды и организация строительства горных предприятий, типы, формы и размеры поперечных сечений вертикальных, горизонтальных и наклонных выработок, сопряжений и камер, сроки выполнения горно-проходческих работ. Изложены основные принципы проектирования технологии проведения горных выработок. Приведены данные по проходческому оборудованию, примеры эффективных технологических схем, основные технико-экономические показатели строительства горных выработок.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 090200 "Подземная разработка месторождений полезных ископаемых", а также смежных специальностей.

Табл. 7. Ил. 28. Библиогр.: 3 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского горного института

Научный редактор проф. А.Г.Протосеня

Рецензенты: канд. техн. наук Б.А.Крайнев (АО ВНИИГ), А.А.Парфенов (Гипрошахт)

ISBN 5-230-19605-X

© Санкт-Петербургский горный институт им.Г.В.Плеханова, 1997 г.

1. ОБЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА. ТЕРМИНОЛОГИЯ

Подземное горно-добывающее предприятие (шахта, рудник) - сложная система, включающая поверхностный технологический комплекс, вертикальные или наклонные стволы, капитальные, подготовительные и очистные выработки, камеры различного назначения. Технологическое оборудование, размещаемое на поверхности и под землей, обеспечивает производственные процессы, без которых невозможна работа предприятия: транспорт и подъем полезного ископаемого, доставку людей и материалов, водоотлив, проветривание выработок, электроснабжение. Поверхностный комплекс, вертикальные и горизонтальные капитальные выработки, камеры, часть подготовительных выработок, системы подъема, транспорта, водоотлива и вентиляции являются объектами капитального строительства.

Строительство зданий и сооружений, стволов и горизонтальных выработок, монтаж технологического оборудования ведут специализированные строительные, шахтопроходческие и строительно-монтажные управления, объединенные в крупные строительные организации.

Технологический комплекс строительства шахты. Состав зданий и сооружений на поверхности определяется схемой вскрытия, способом выдачи полезного ископаемого и породы на поверхность, схемой переработки, складирования и отгрузки угля или руды потребителю, схемой проветривания шахты, способом обеспечения

предприятия электроэнергией и теплом. Объекты поверхностного комплекса размещают на одной или нескольких промплощадках. Для отечественных горных предприятий характерно размещение главного и вспомогательного стволов, а также технологически связанных с ними сооружений на главной промплощадке.

В комплекс главного ствола входят копер, надшахтное здание с приемным бункером, здание подъемной машины, дробильно-обогащительные фабрики, погрузочные бункеры, резервные склады. Комплекс вспомогательного ствола с надшахтным зданием, вентиляторами и калориферами связан с административно-бытовым комбинатом, механическими и ремонтными службами, складскими помещениями крытыми эстакадами и внутриплощадочными проездами. Котельная, электроподстанция, компрессорная обычно образуют комплекс энергоснабжения.

На современных предприятиях сооружения компонуют в несколько крупных блоков, что позволяет уменьшить площадь промплощадки, сократить протяженность технологических потоков, линий тепло- и энергоснабжения, число и длину эстакад и галерей. На крупноблочных объектах проще применять прогрессивные строительные конструкции и индустриальные методы строительства.

На ход и сроки строительства шахты или рудника существенно влияют конструкции объекта, технология и организация строительного-монтажных работ при возведении сооружений, непосредственно примыкающих к стволам. Строительные работы на этих объектах трудно совместить с проведением ствола и горизонтальных выработок, особенно это касается объектов вокруг вспомогательного ствола, на который приходится основная нагрузка по обслуживанию горнокапитальных работ.

Копры главных и вспомогательных стволов обычно станкового типа, на глубоких и крупных шахтах - башенного. Башенный копер отличается от копра станкового размещени-

ем подъемных машин в верхней части копра, а не на земной поверхности.

Копер станкового типа - пространственная конструкция прямоугольного сечения высотой до 60-65 м, массой до 250 т с одной или двумя укосинами. Как правило, металлические конструкции копра собирают в горизонтальном положении, затем с помощью монтажных мачт копер поднимают и устанавливают на фундаментные балки, заделанные в крепь устья ствола.

Башенные копры в основном имеют прямоугольную форму, что позволяет рационально использовать строительный объем копра и обеспечить хорошее примыкание к нему надшахтных зданий, галерей, бункеров. Конструкции башенных копров, как правило, каркасные и монолитные железобетонные. Размеры башенного копра в плане от 18 x 18 до 18 x 24 м, высота копров главных стволов достигает 110 м, вспомогательных - 60 м. Фундаменты башенных копров делают монолитными железобетонными ленточного, коробчатого типа или в виде сплошной плиты. При наличии наносов большой мощности фундамент опирают на железобетонные столбы или сваи, передающие вес копра на коренные породы. Перекрытия копра могут быть монолитными железобетонными и сборными. Копры оборудуют лестничным отделением, лифтовым подъемником и монтажным проемом для подачи на верхние этажи копра крупногабаритных узлов многоканатных подъемных машин и отклоняющих шкивов.

Для снижения простоев, связанных со строительством башенных копров, при проходке стволов применяют прогрессивный способ монтажа копров с надвижкой нижней части копра, построенной в стороне от ствола, на фундамент. В этом случае нижняя часть башенного копра заменяет проходческий копер. Достройку копра совмещают с проведением ствола.

Надшахтные здания строят одно- и двухпролетными в один или два этажа. Они представляют собой каркасную конструкцию из стального проката или сборных железобе-

тонных элементов с панельным стеновым ограждением. Строительный объем надшахтного здания вспомогательного ствола достигает 28000 м³, надшахтное здание главного ствола несколько меньше.

Здания вентиляторов, калориферов, подъемных машин (при их наземном размещении), крепезаделочных цехов, дегазационных установок в блоки, как правило, не соединяют. Конструктивные решения отдельно стоящих зданий принимают по унифицированным схемам с использованием номенклатуры сборных железобетонных элементов заводского изготовления.

Эстакады и галереи служат для транспорта породы и полезного ископаемого, передвижения людей, размещения конвейеров, подачи к стволу материалов и оборудования. Конструктивно они представляют собой пролетные строения коробчатого сечения из связанных между собой по верху и низу несущих ферм. Их выполняют из металла или железобетона и металла.

Вертикальные стволы. Стволы обеспечивают работу горно-добывающего предприятия в течение всего срока его эксплуатации. Их крепят монолитной бетонной и железобетонной крепью, а в неустойчивых породах - чугунными тубингами или многослойной водонепроницаемой крепью. Круглая форма поперечного сечения повышает устойчивость крепи и породных стен ствола, позволяет механизировать основные проходческие процессы. Обычно прямоугольные стволы разведочных шахт крепят деревом.

На размеры поперечного сечения стволов влияют тип, число и размеры подъемных сосудов, наличие лестничного и трубно-кабельного отделений, конструкция армировки и величина зазоров между подъемными сосудами и элементами армировки, устанавливаемая правилами безопасности. В угольной промышленности принят унифицированный ряд поперечных сечений стволов диаметром в свету 6, 7 и 8 м (табл.1), в горно-добывающей - от 4 до 8 м, причем диаметр принимается равным 0,5 м. Стволы диаметром более 8 м про-

ходят, если необходимо, например, снизить скорость движения воздуха по стволу до предела, установленного правилами безопасности. Существенное значение при выборе диаметра ствола имеет конструкция армировки: жесткая или канатная. Как правило, канатная армировка требует увеличения диаметра ствола, так как безопасные зазоры между подъемными сосудами и между сосудами и крепью должны быть больше, чем при жесткой армировке. Разница особенно существенна для глубоких стволов, где указанные зазоры могут достигать соответственно 700 и 500 мм.

Т а б л и ц а 1

Унифицированный ряд поперечных сечений стволов угольных шахт

Индекс	Диаметр ствола, м	Число подъемов	Число клетей	Размеры клетки в плане, мм	Тип проводников	Расположение проводников
K1	6	2	2*	4000 x 1500	Рельсовые (P43)	Одностороннее
K2	7	2	2 с противовесами	4000 x 1500	Рельсовые (P43; P50)	Одностороннее
K3	7	2	2 с противовесами	4000 x 1500	Коробчатые**	Лобовое
K4	8	2	3	4000 x 1500	Коробчатые	Лобовое
K5	8	2	2 с противовесами	5200 x 1500	Коробчатые	Лобовое
K6	6	1	2	4000 x 1500	Рельсовые (P43)	Двустороннее боковое

* Одна из них аварийно-ремонтного подъема.

** Габариты коробчатых проводников 170 x 160 x 12 мм.

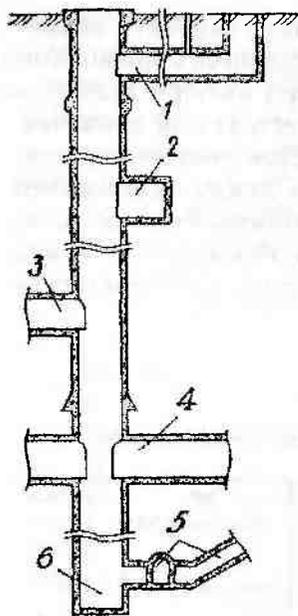


Рис.1. Клетевой ствол с примыкающими выработками

Среди действующих имеются стволы диаметром от 4 до 9 м, глубиной до 1600 м. По глубине принято классифицировать стволы на неглубокие (до 300 м), средней глубины (до 700 м) и глубокие (свыше 700 м). Последние годы из общего числа сооружаемых стволов неглубоких было около 20 %, средней глубины и глубоких по 35-40 %. В среднем ежегодно строится до 22 км стволов, из которых до 20 % составляют углубляемые стволы и 80-90 % новые.

Сопряжения стволов. Места примыкания к стволам горизонтальных выработок или приствольных камер называют сопряжениями, к вспомогательному водоотливу 2, водотрубный ходок 3, выработки околоствольного двора 4, камера и ходок водоотлива 5 из

зумпфа 6. Количество сопряжений с околоствольным двором зависит от схемы вскрытия. При пологом залегании угольных пластов или рудной залежи на стволе одно-два сопряжения, на крутом залегании их может быть до десяти и более. Высота сопряжения определяется необходимостью спуска по стволу длинномерного материала (труб, рельсов) и достигает 6,5-8,0 м. В связи со сложной пространственной конфигурацией, значительными площадями обнажения пород и необходимостью обеспечения длительной устойчивости сопряжения с откаточным горизонтом и примыкающие к околоствольному двору участки ствола крепят монолитной железобетонной крепью.

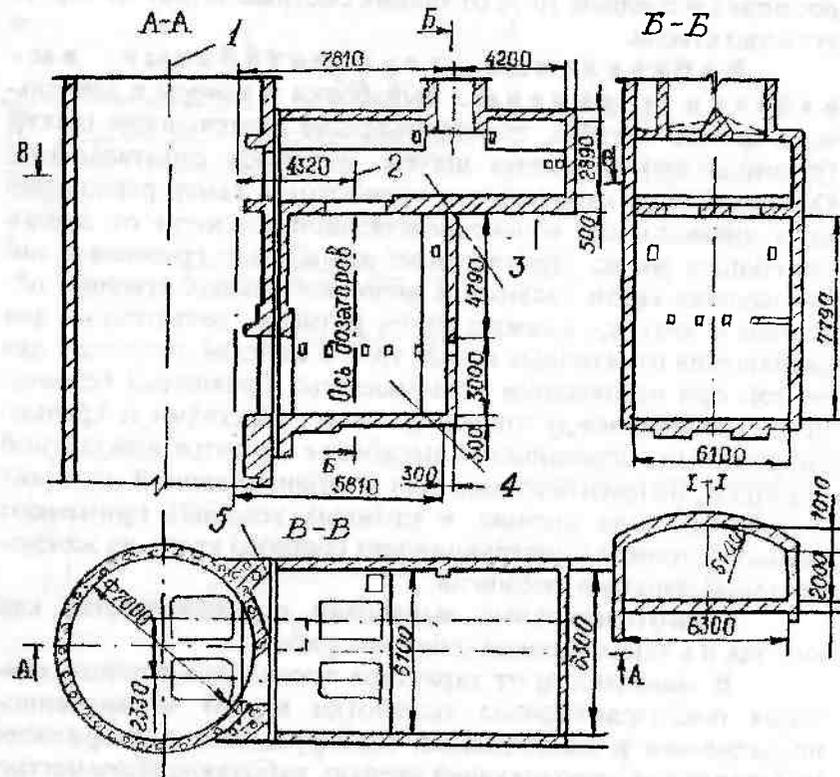


Рис.2. Схема сопряжения ствола с камерой загрузочных устройств
1 - ось ствола; 2 - ось дозатора; 3 - камера питателей; 4 - камера дозаторов;
5 - осадочно-деформационный шов

Сопряжения главных стволов с камерами загрузочных устройств скиповых подъемов значительно больше по высоте и объему (рис.2). Соответственно сложнее и работы по их проведению, или, как принято говорить, рассечке.

Несмотря на небольшой по сравнению со стволом объем выемки породы, стоимость строительства сопряжений

достигает в среднем 10 % от общих сметных затрат на строительство ствола.

Капитальные горизонтальные выработки и камеры. Выработки и камеры с длительным сроком службы, обеспечивающие деятельность шахты (рудника) или горизонта шахты, называют капитальными. Основная часть капитальных выработок и камер расположена в пределах или в непосредственной близости от околоствольного двора. Протяженные выработки: грузовая и порожняковая ветви главных и вспомогательных стволов, обгонные и другие, - должны иметь размеры, достаточные для размещения откаточных путей, труб и кабелей, проходов для людей, при соблюдении установленных правилами безопасности зазоров между транспортными средствами и крепью. Подавляющее большинство выработок крепится монолитной бетонной, набрызгбетонной или комбинированной из штанг и набрызгбетона крепью, в сложных условиях применяют металобетонные конструкции или сборную крепь из железобетонных блоков и тюбингов.

Подготовительные выработки поддерживаются как вне, так и в зонах влияния очистных работ.

В зависимости от характера проявления горного давления подготовительные выработки крепят ограниченно-податливыми и податливыми конструкциями поддерживаемой крепи или упрочняющей крепью, работающей совместно с массивом: анкерной, комбинированной анкер-металлической, комбинированной из анкеров, металлической сетки и набрызгбетона. Размеры поперечного сечения выработки должны быть достаточными для размещения средств транспорта, труб, кабелей, водоотводной канавки, прохода людей. При этом зазоры между транспортными средствами, между крепью после осадки и подвижным составом должны быть не менее регламентированных правилами безопасности (рис.3).

Камеры (центрального водоотлива, электроподстанции, зарядная, ожидания, противопожарного поезда, диспет-

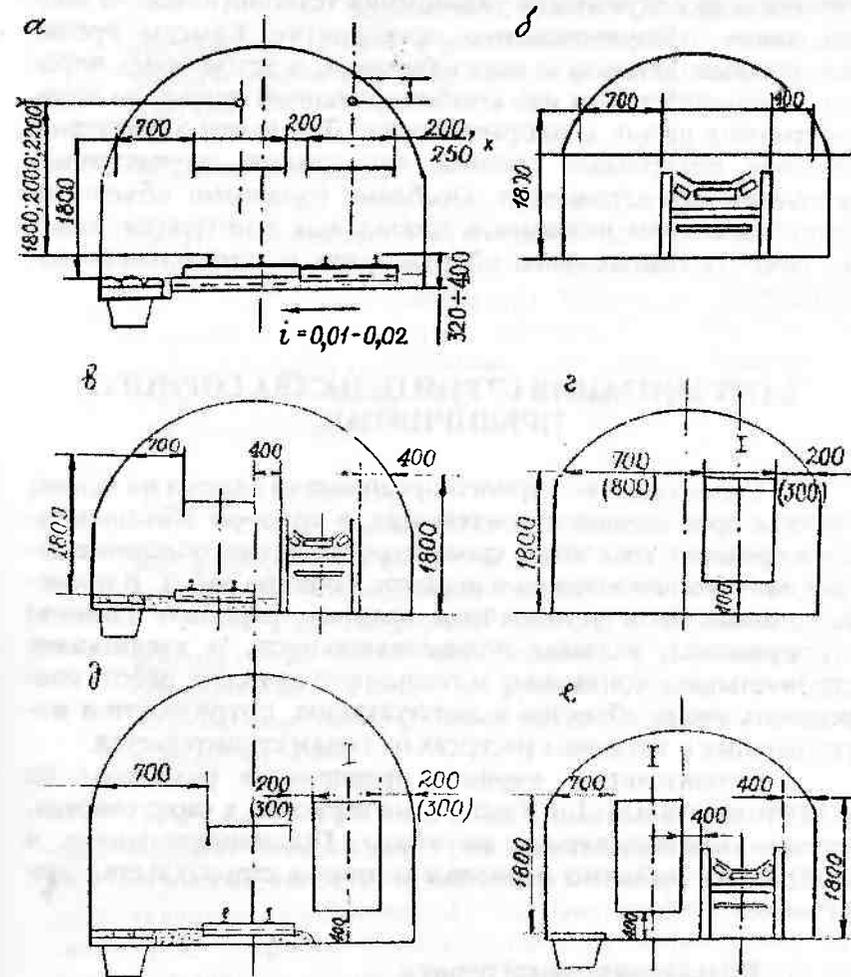


Рис.3. Размеры безопасных зазоров в поперечных сечениях выработок, оборудованных рельсовыми путями (а), ленточными конвейерами (б), рельсовой колеей и конвейером (в), монорельсовой дорогой (г), рельсовой колеей и монорельсовой дорогой (д), конвейером и монорельсовой дорогой (е). Звездочкой отмечены размеры зазоров при рамных крепях, в скобках - при скорости движения контейнера больше 1 м/с

черская и др.) служат для размещения технологического оборудования, обслуживающего предприятие. Камеры крепят монолитным бетоном и железобетоном, в устойчивых породах - набрызгбетоном или комбинированной крепью из железобетонных штанг и набрызгбетона. Для камер характерны большие поперечные сечения, что создает определенные трудности для строителей. Особенно сложными объектами являются камеры подземных дробильных комплексов, камеры ремонта самоходного оборудования и центрального водоотлива.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Строительство горного предприятия ведется на основе проекта организации строительства, в котором обосновываются средства, способы и сроки строительства, обеспечивающие наименьшие затраты и высокое качество работ. В проекте должны быть установлены границы периодов (этапов) строительства, указаны последовательность и взаимосвязь строительных, монтажных и горно-проходческих работ, очередность ввода объектов в эксплуатацию, потребности в материальных и трудовых ресурсах по годам строительства.

Строительство горного предприятия разделяют на подготовительный, I и II основные периоды, в свою очередь, условно подразделяемые на этапы. Последовательность и содержание работ по периодам и этапам строительства следующие:

Подготовительный период.

I этап. Освоение района и промплощадки строительства (строительство железнодорожных и автомобильных дорог, работы "нулевого" цикла, прокладка инженерных коммуникаций, возведение фундаментов).

II этап. Возведение зданий и сооружений для проведения стволов, строительство устья и технологического отхода стволов, монтаж проходческого оборудования.

I основной период.

III этап. Проведение стволов, приствольных выработок, сопряжений с околоствольным двором, сбойки между стволами, армирование стволов.

IV этап (переходный). Проведение временных выработок, демонтаж временного оборудования, строительство постоянных подъемных комплексов, устройство отвалов, скатов, монтаж средств вентиляции и водоотлива.

II основной период.

V этап. Проведение горизонтальных и наклонных выработок, строительство объектов на поверхности, монтаж оборудования технологической цепи.

VI этап. Окончание общестроительных и горно-проходческих работ, опробование эксплуатационного оборудования под нагрузкой, ремонтно-восстановительные работы, сдача шахты (пусковой очереди) в эксплуатацию.

Подготовительный период. Его назначение - создание условий для строительства стволов и сокращения продолжительности строительства предприятия в целом. Действующими нормативными документами продолжительность этого периода в зависимости от производственной мощности шахты ограничивается 12-16 месяцами. На организацию и продолжительность периода существенно влияет инфраструктура (освоенность) района строительства. Продолжительность его в районах с неразвитой инфраструктурой, где отсутствует база стройиндустрии, может быть увеличена на 12 месяцев.

Подготовительный период - период освоения территории строительной площадки, сооружения магистральных линий и коммуникаций. В это время стволы оснащают горнопроходческим оборудованием; возводят объекты, необходимые для строительства технологического отхода, стволов; подготавливают оборудование (при строительстве стволов специальными способами), завершают работы по прокладке подводящих водопроводных и канализационных сетей, высоковольтных линий электропередач, автомобильных и железнодорожных путей, создают базу стройиндустрии.

В этот период должно быть закончено оснащение стволов, пройден технологический отход, в стволе смонтирован комплекс проходческого оборудования и необходимое оборудование на поверхности вокруг ствола.

За пределами промышленных площадок строят подъездные железнодорожные и автомобильные дороги, линии связи и электропередачи с трансформаторными подстанциями, водоводы с заборными сооружениями, канализационные коллекторы и очистные сооружения.

Последовательность работ подготовительного периода устанавливается календарным графиком, который должен гарантировать первоочередное строительство объектов, необходимых для начала проведения стволов; непрерывность строительства объектов, от которых зависит продолжительность строительства горного предприятия; равномерную загрузку строителей.

Под оснащением стволов понимается работа по подготовке строительной площадки к проведению ствола, монтаж проходческого оборудования на поверхности и в стволе, возведение объектов, обеспечивающих начало строительства подземной части ствола.

Технологическая последовательность и объем работ по оснащению ствола связаны с характеристикой копрового комплекса. В качестве классификационного признака схем оснащения принят тип копра и подъемной машины, используемых при строительстве ствола. В зависимости от типа ко-

пра (башенного, металлического постоянного, временного проходческого) и типа подъемных машин (передвижных проходческих, временных или постоянных одноканатных стационарных, многоканатных), используемых для проходки ствола, возможны 11 схем оснащения, указанных на рис.4 стрелками. Каждая схема оснащения требует определенных капитальных вложений, отличается технологией работ в I и II периодах строительства горного предприятия, продолжительностью оснащения ствола, перехода к проведению горизонтальных выработок, строительства ствола.

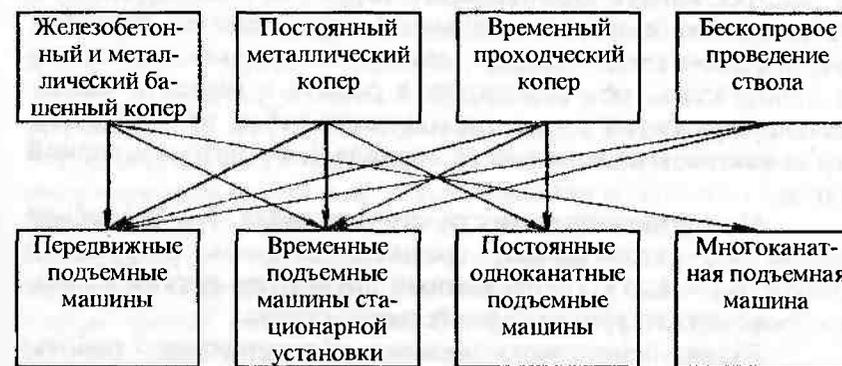


Рис.4. Схема оснащения стволов к проведению

I основной период. Продолжительность строительства ствола - от начала оснащения поверхности к его проведению до сдачи в эксплуатацию, определяется продолжительностью последовательно выполняемых работ:

$$T_{смс} = t_0 + t_{пр} + t_k + t_a$$

где t_0 - продолжительность оснащения ствола к проведению, включающая время на монтаж копра, строительство зданий вспомогательного назначения (административно-бытовой

комбинат, компрессорная, электроподстанция, мехмастерские, котельная), монтаж подъемной машины и проходческих лебедок на поверхности, проведение технологического отхода и монтаж стволопроходческого оборудования; $t_{пр}$ - продолжительность протяженной части ствола с частичным или полным одновременным армированием; t_k - продолжительность строительства приствольных камер и выработок при остановленном забое ствола; t_a - продолжительность армирования, если оно выполняется после проведения ствола.

Стволы вводят в эксплуатацию неодновременно. Сначала строят клетевой и вентиляционные стволы, что позволяет быстрее начать строительство выработок на горизонтах. Трудоемкость и продолжительность строительства скиповых стволов значительно больше, чем вспомогательных. Поэтому скиповой ствол обычно вводят в работу к моменту максимального развития горно-проходческих работ на горизонте, когда клетевой подъем уже не справляется с потоком горной массы.

По продолжительности строительства $T_{ств}$ и глубине ствола $h_{ств}$ рассчитывают среднюю скорость сооружения ствола: $v_{ств} = h_{ств}/T_{ств}$. Это важный показатель организационно-технического уровня строительства ствола.

Задача переходного периода, объединяющего работы от окончания проведения ствола до начала II основного периода, - скорейший ввод ствола в эксплуатацию. В это время на поверхности демонтируют сооружение и оборудование, использование которых не предусмотрено по II периоде строительства; возводят или методом надвига (подъема) устанавливают в проектное положение копры и монтируют постоянные подъемные машины, оборудование для обмена вагонеток у ствола; заканчивают строительство административно-бытового комбината, мехмастерской и других объектов; готовят источники и сети для снабжения забоев горизонтальных и наклонных выработок электроэнергией, сжатым воздухом, водой; в стволах демонтируют проходческое оборудование, навешивают канаты и подъемные сосуды, оборудуют

зумпфовой водоотлив; на горизонтах устраивают временные подстанции, насосную, организуют вентиляцию, прокладывают коммуникации, монтируют обменные устройства.

II основной период. В этот период строят капитальные выработки и камеры околоствольных дворов, проводят выработки, подготавливающие месторождение к разработке, ведут монтажные работы. Продолжительность периода (от 43 до 60 % общего времени строительства) определяется эффективностью технологических схем и последовательностью строительства выработок, возможностями подъемов по стволам, транспорта, проветривания, водоотлива, организацией материально-технического обеспечения.

Выбор технологической схемы (способов и средств) проведения горной выработки зависит от горно-геологических и производственно-технических условий. Из горно-геологических факторов (степень однородности пород в забое, обводненность, газоносность и склонность к внезапным выбросам угля и газа и др.) особенно важны прочность, абразивность и устойчивость пород, определяющие технологию проведения (буровзрывная, комбайновая), тип крепи и способ крепления выработки. К производственно-техническим факторам прежде всего относят форму и площадь поперечного сечения выработки, угол наклона, необходимые темпы ее проведения. На экономическую целесообразность применения комплекта проходческого оборудования и скорость проведения влияет протяженность выработок. Комплект проходческого оборудования должен обеспечивать максимальные степень механизации проходческих процессов, производительность труда, скорость проведения выработки при минимальных затратах.

Продолжительность строительства горного предприятия зависит от объемов горно-проходческих и строительномонтажных работ, возможности их совмещения во времени, организационно-технического уровня горно-строительного производства: применения высокопроизводительного оборудования, передовых технологий, индустриальных и поточных



методов строительства, комплексной механизации производственных процессов, выполнения горно-проходческих работ встречными направлениями, максимально возможного совмещения строительства поверхностного и подземного комплексов. Объем выработок на момент сдачи шахты в эксплуатацию составляет, как правило, 500-1200 тыс.м³. Комплекс промышленных и административно-бытовых объектов на поверхности шахты имеет несколько меньший общий объем: 400-700 тыс.м³. Ко времени сдачи шахты в эксплуатацию прокладываются десятки километров различных инженерных коммуникаций, монтируются десятки тысяч тонн металлоконструкций и оборудования.

Продолжительность строительства горного предприятия определяется как суммарная продолжительность общестроительных и горно-проходческих работ, выполнение которых возможно только в последовательном порядке. Окончательно продолжительность строительства горного предприятия устанавливается построением сводного календарного или сетевого графика строительства, оптимизированного во времени, по ресурсам и стоимости.

Последовательность проведения горных выработок устанавливается технологической схемой строительства горного предприятия. В технологической схеме указывают направления горно-проходческих работ по проведению выработок, составляющих последовательную цепь. Таким образом, технологическая схема строительства шахты - это совокупность встречных направлений ведения горно-проходческих работ от каждого ствола, имеющих примерно одинаковые сроки окончания в пунктах их встречи (сбойки).

Первоочередной задачей является сбойка направлений горно-проходческих работ со стороны центральных и фланговых стволов, обеспечивающая условия для наибольшего разворота работ на горизонтах. Опыт шахтного строительства показывает, что, как правило, работы развиваются от фланговых стволов. В 1,5-2,0 раза меньшее по сравнению с клетьевым стволом, сроки строительства флангового ствола

позволяют быстро развернуть работы по сбойке с центральными стволами. Скиповой ствол из-за сложности строительства обычно входит в наиболее протяженную последовательную цепь выработок, выполняющих роль основных магистралей для транспорта, вентиляции, водоотлива и открывающих фронт горных работ по полезному ископаемому. Эта цепь обуславливает продолжительность строительства горного предприятия и называется цепью выработок главного направления (критическим путем строительства).

3. СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Строительство вертикальных стволов включает проходку устья, монтаж технологического оборудования на поверхности, проведение технологического отхода, оснащение ствола для проведения, проведение ствола, рассечку сопряжений ствола с горизонтальными выработками, армирование ствола.

Способы проведения стволов зависят от устойчивости и обводненности пород. В устойчивых породах, не требующих специальных мер по упрочнению или подавлению притоков воды в забой, применяют обычные способы проведения с разрушением пород взрывным способом, комбайнами, ручным инструментом и машинами (экскаваторами, грейферными грузчиками).

Комбайн - это стволочный проходческий комплекс с механическим разрушением пород прочностью до 120 МПа. Современный комплекс типа СК-1 состоит из стволочной проходческой машины, металлической опалубки, подъемных сосудов (скипоклети), оборудования для подачи бетона.

Техническая характеристика комплекса СК-1 следующая:

Диаметр ствола в проходке, м	7,7
Толщина бетонной крепи, мм	350
Усилие подачи, кН	1400

Величина заходки, м:	
по разрушению	1,3
по креплению	3,9
Скорость проходки по породам крепостью $f = 4-10$, м/месяц	225-100
Масса комбайна (без опалубки), т	196

Комбайн может проходить стволы глубиной до 1200 м. В стволе его удерживают четыре лебедки грузоподъемностью 45 т по полиспастной схеме. Порода разрушается двумя рабочими дисками с резцами (при $f < 6$) или шарошками.

Комбайн обслуживается тремя рабочими, которые управляют работой комбайна, наращивают трубопроводы, укладывают бетон в опалубку. Производительность труда проходчиков в 2,5-3 раза выше, чем при буровзрывном способе, однако из-за высокой стоимости оснащения ствола комплексом затраты на проходку 1 м ствола комбайном в 2-3 раза больше. Таким образом, пока комбайновый способ по экономичности уступает буровзрывному. Но по мере увеличения расходов на заработную плату в структуре затрат, положение будет меняться в пользу более современного и безопасного комбайнового способа.

Способы проведения стволов с применением различных средств упрочнения пород (замораживанием, химическими составами), водоподавления (тампонированием, под сжатом воздухом, понижением уровня грунтовых вод) или опережающего крепления (забивной крепью, опускными колодцами) называют специальными.

Основной объем строительства стволов выполняют обычными способами. Из специальных способов проведения в слабых обводненных породах применяют главным образом замораживание, а в трещиноватых скальных обводненных массивах - тампонирование.

3.1. Строительство устья и технологического отхода

Вертикальный ствол состоит из нескольких конструктивных элементов, строительство которых имеет определенную специфику. Верхнюю часть ствола, расположенную в наносах, называют устьем. Обычно устье имеет протяженность 8-35 м в зависимости от мощности наносов. Нижняя часть крепи устья снабжается опорным венцом, передающим вес крепи устья и нагрузки от станка копра на коренные породы. Верхнюю часть устья до глубины 1,5-2,0 м от поверхности называют оголовком. Участки ствола от устья до сопряжения с околоствольными выработками и между сопряжениями представляют собой протяженные части ствола, которые имеют постоянное поперечное сечение и могут быть закреплены одним или разными видами крепи.

Верхняя часть ствола вместе с устьем - технологическая часть, или технологический отход - необходима для монтажа основного проходческого оборудования и в зависимости от технологии проходки ствола имеет протяженность 30-70 м. Технологический отход проходят или специальным оборудованием, или с частичным использованием основного проходческого оборудования.

Технология строительства устья ствола зависит от мощности, свойств и обводненности наносов.

Если коренные породы лежат близко к поверхности, наносы не обводнены и достаточно устойчивы в обнажениях, то возможен простой и эффективный способ строительства устья: с помощью мощных землеройных машин (бульдозеров, скреперов, экскаваторов) отрывают котлован, разрабатывают в коренных породах основание под опорный венец и бетонируют устье или собирают его из тюбингов в направлении снизу вверх, а котлован постепенно засыпают породой. Одновременно строят примыкающие к устью каналы и фундаменты под копер. Оголовок бетонируют в последнюю очередь. При такой схеме, однако, возможны осадка насыпного грунта вокруг устья, накопление талой и дождевой воды, ко-

торая через неплотности крепи может проникнуть в ствол, что увеличивает остаточные притоки воды весной и осенью.

В менее благоприятных условиях устье проходят в направлении сверху вниз. При этом типовым вариантом можно считать следующую последовательность работ:

1. Сооружение оголовка устья. Экскаватором типа "обратная лопата" или с канатным грейфером отрывают котлован глубиной 2,0-2,5 м, выравнивают стенки котлована, подсыпают на дно слой щебня, монтируют арматуру и устанавливают деревянную или металлическую инвентарную опалубку, которую используют в дальнейшем при возведении постоянной крепи устья. Бетон подвозят в автосамосвалах или автобетоносмесителях, укладывают и уплотняют вибраторами слоями по 0,2-0,3 м. В местах выводов труб, кабелей, укладки подстанковых балок в бетоне формируют каналы и углубления, устанавливая коробка.

2. Проведение устья ствола на глубину до 8-10 м. Работы ведут заходками с креплением стен ствола временной крепью, состоящей из металлических колец и деревянной затяжки. Кольцо собирают из четырех-восьми сегментов, выполненных из швеллера, и подвешивают к кольцу, установленному на предыдущей заходке, специальными крючками-подвесками. Верхнее кольцо подвешивают к оголовку. Расстояние между кольцами временной крепи регламентировано: 0,5-0,7 м. Соответственно выбирается и глубина заходки: на одно кольцо, в устойчивых породах - на два. Для обеспечения продольной жесткости крепи между кольцами в местах подвески устанавливают вертикальные деревянные или металлические трубчатые распорки. Когда участок устья пройден на заданную глубину, приступают к возведению постоянной крепи в направлении снизу вверх. Предварительно в ствол опускают секции арматурного каркаса, которые устанавливают по периметру и сваривают с выпусками арматуры оголовка. Прочная связь арматуры с оголовком чрезвычайно важна, так как крепь устья должна быть подвешена к оголовку во избежание сползания крепи вслед за забоем при даль-

нейших работах по углубке ствола в наносах. Места проемов для вентиляционных каналов не армируют.

Бетон укладывают заходками в опалубке по 1,0-1,5 м высотой. Бетон подают по трубопроводу, верхний конец которого снабжается приемной воронкой. Проемы для каналов закладывают кирпичом.

В слабоустойчивых породах верхний участок устья делают на звенья по 2-4 м высотой. Последовательность работ по выемке, возведение временной и постоянной крепи в звене остается без изменений. В этом случае затраты времени больше, но предотвращается возможность обрушения породных стенок с образованием пустот за временной крепью, которые в дальнейшем могут провоцировать осадку фундаментов копра и надшахтного здания.

Разработку грунта ведут грейфером, повешенным к стреле экскаватора, а более прочных слоев - отбойными молотками. Стенки устья оформляют ручным инструментом. При проведении верхнего участка в проветривании нет нужды. Воду откачивают забойным переносным пневматическим насосом. Для спуска людей в забой к оголовку крепят металлическую лестницу.

3. Строительство фундаментов под проходческий копер и оснащение ствола для дальнейшего проведения устья и технологического отхода. Работы начинают после бетонирования верхнего участка устья. Возможны два варианта, отличающиеся по составу и продолжительности работ. В первом используют комплекты передвижного оборудования, созданные специально для проходки технологических отходов и неглубоких стволов, а монтаж копра, подъемных машин и другого проходческого оборудования выполняют после сооружения технологического отхода.

Второй вариант предусматривает проведение технологического отхода с применением проходческого оборудования, в частности проходческого копра и подъемных машин в передвижном исполнении.

Первый вариант менее эффективен, так как требует дополнительных затрат на оснащение, зато обеспечивает некоторый резерв времени для сборки проходческого копра, строительства фундаментов под подъемные машины и проходческие лебедки и других подготовительных работ, которые можно совместить с проведением устья и технологической части.

Каждому варианту соответствует несколько схем оснащения в зависимости от применяемого комплекта основного оборудования. Для первого варианта используют установки ПК-1, ППУ-1, агрегаты ПА-2, ППА-2, комплексы КПШ-2, КПШ-3, комплекс с экскаватором ЭШ-1514 и др. Комплекты оборудования отличаются типами подъемных машин, а также способами разработки и подъема породы. Например, кран ПК-1, агрегаты ПАШ и ППУ-1, комплекс с экскаватором ЭШ-1514 работают с подъемными лебедками, стреловыми кранами и разгрузочными станками, в комплексах КПШ подъем производит экскаватор. Породы разрабатывают отбойными молотками или экскаватором ЭШ-1514.

Схемы оснащения во втором варианте отличаются типом копра и подъемными машинами. Схемы с относительно малыми затратами времени на подготовку к проходке предпочтительнее. В этом отношении преимущество имеет схема с копром Донгипрошахтоостроя и комплектом передвижного проходческого оборудования.

4. Окончание проведения устья и технологического отхода. Независимо от применяемого оборудования практикуют две схемы производства работ в забое ствола. Первая аналогична работам по проведению верхнего участка устья и предусматривает установку временной крепи вслед за разработкой породы, с последующим возведением постоянной крепи в направлении снизу вверх. Таким образом, в пределах участка ствола, на котором выполняется полный цикл работ, разработку породы с временной крепью и возведение монолитной бетонной или железобетонной крепи производят по-

следовательно. Поэтому такую технологическую схему проведения называют последовательной.

В более устойчивых породах, допускающих обнажение стен на высоту опалубок, целесообразнее совмещенная технологическая схема, характерным признаком которой является отсутствие временной крепи. Каждую заходку бетонируют вслед за разработкой породы, и надобность во временной крепи отпадает. Таким образом, разработка породы и возведение постоянной крепи совмещены, хотя в пределах одной заходки последовательный порядок разработки породы и крепления сохраняется.

Совмещенная технологическая схема проведения производительнее и экономичнее последовательной. Однако качество крепи, возведенной по последовательной схеме, выше. В ней меньше горизонтальных швов, которые часто служат путями поступления воды в ствол. Крепь не испытывает в начальный период твердения сейсмических нагрузок от взрывных работ. Упрощаются арматурные работы, которые при совмещенном способе приходится выполнять на каждой заходке. Преимущества совмещенной схемы проявляются при проведении технологического отхода, когда устье с опорным венцом и железобетонной крепью построено.

3.2. Оснащение ствола для проведения

Под оснащением стволов понимают совокупность подготовительных работ по монтажу комплекса проходческого оборудования на поверхности и в стволе, а также строительству и монтажу объектов, обеспечивающих проходку: здания вентиляторной установки, мехмастерской, бетоно-растворного узла, административно-бытового комбината, котельной, электроподстанции, компрессорной. От 30 до 70 % объема работ приходится на монтаж копрового комплекса (копер, подъемные машины, проходческие лебедки).

Продолжительность и стоимость работ по оснащению стволов зависит от принятой схемы оснащения, которая, в свою очередь, определяется типом копра и подъемных установок. В общем случае для проходки могут быть использованы специальные проходческие копры, постоянные металлические копры станкового типа, переоборудованные для проходческих целей, и даже башенные копры после их строительства до высоты 36-40 м. Проходческие подъемы могут быть оснащены передвижными проходческими подъемными машинами, временными подъемными машинами в стационарном исполнении и постоянными одноканатными машинами.

Критериями выбора того или другого варианта являются удельные капитальные вложения на оснащение ствола и продолжительность подготовительного периода. Нормативная продолжительность оснащения ствола составляет 8-16 месяцев и зависит от схемы оснащения и глубины ствола. Значительное (до 4-6 месяцев) сокращение периода оснащения возможно, если на оснащении ствола работают проходческие копры и комплекс передвижного проходческого оборудования с инвентарными временными зданиями. Комплекс включает передвижные подъемные машины, проходческие лебедки, компрессорную станцию, блоки электроснабжения, распределительные устройства, вентиляторную установку, административно-бытовой комбинат. Оборудование доставляют на площадку в сборе или крупными блоками и устанавливают на фундаменты из унифицированных железобетонных блоков.

Из известных конструкций проходческих копров минимальных затрат времени и труда на монтаж требует копер Донгипрооргшахтостроя (рис.5), предназначенный для стволов диаметром 6, 7 и 8 м. Конструкции копра доставляют на площадку крупными блоками, которые собирают в две секции по обе стороны от ствола и затем поднимают, поворачивая вокруг фундаментов копра. Существенное преимущество копра состоит также в возможности надвигки и спуска в ствол проходческого полка в собранном виде.

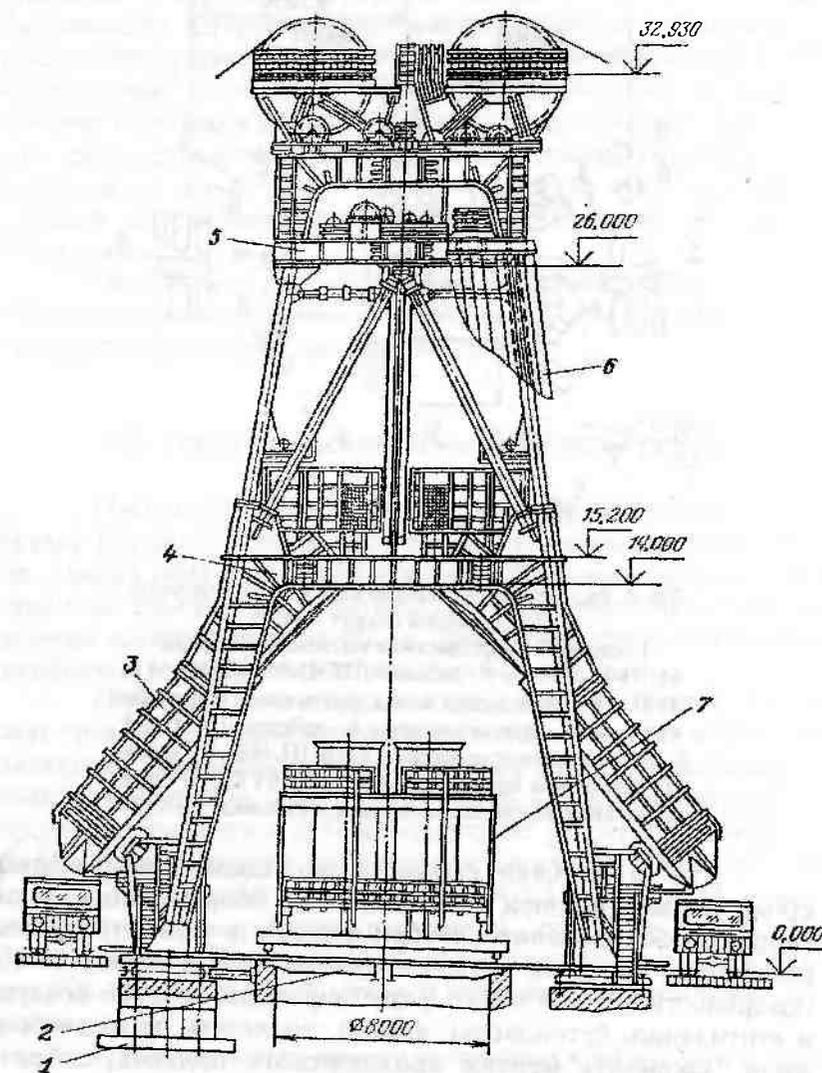


Рис.5. Копер Донгипрооргшахтостроя
1 - фундамент; 2 - нулевая рама; 3 - породный бункер; 4 - разгрузочный станок; 5 - подшивная площадка; 6 - ограждение копра; 7 - проходческий полк на платформе

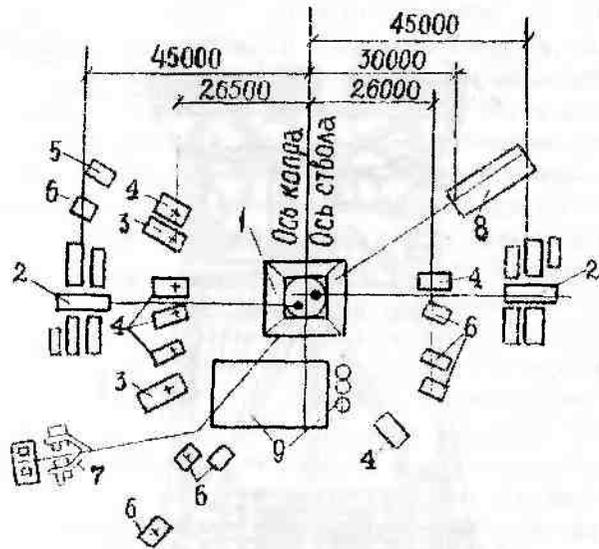


Рис.6. Расположение передвижного проходческого оборудования вокруг ствола

1 - копер; 2 - передвижная подъемная машина МПП-17,5; 3, 4 и 5 - лебедки ЛПЭП-45, ЛПЭП-16 и ЛПЭП-10 для подвески полка, различного оборудования и насоса соответственно; 6 - лебедка ЛПЭП-6,3; 7 - вентиляторная установка УПВЦП-16Б; 8 - здание обслуживания бурильной установки БУКС; 9 - пристольная бетоносмесительная установка УБК-30

Для подготовки ствола к проведению необходимо, кроме установки копра и передвижного оборудования, смонтировать оборудование в стволе, перекрыть устье ствола стационарным прочным полком - нулевой рамой, пропустить с поверхности в ствол канаты, трубопроводы сжатого воздуха и вентиляции, бетоноводы, кабели, подвесить проходческий насос, закончить монтаж проходческого подъема, собрать аппаратуру сигнализации, связи, освещения и отопления копра. Затем производят работы вокруг копра: прокладывают

подъезды к породным бункерам копра и приемным лоткам бетоноводов, сооружают отстойники шахтной воды, монтируют систему дистанционного управления лебедками, строят инвентарный блок для обслуживания бурильных установок, готовят площадки для складирования материалов. На стволах, снабженных пристольными бетонными узлами, объем подготовительных работ увеличивается за счет монтажа и наладки бетоносмесителей, питателей, бункеров и другого оборудования узла.

Общий вид промплощадки при проведении ствола, оснащенной передвижным оборудованием и копром Донгипрооргшахтостроя, показан на рис.6.

3.3. Технологические схемы проведения ствола

Проходческие процессы в стволе: бурение шпуров, погрузка породы, возведение крепи, установка расстрелов и др., могут выполняться в различной последовательности, и в практике шахтного строительства сформировались три основные технологические схемы проведения стволов: последовательная, совмещенная и параллельно-щитовая.

Последовательная схема (рис.7), как и при проведении технологического отхода, состоит в последовательном выполнении работ по проходке с временной крепью и возведению постоянной крепи. Схему характеризуют простота оснащения и благоприятные условия бетонирования, но из-за низкой производительности погрузочных машин и бадей малой вместимости (1,0-1,5 м³) скорость проведения ствола по последовательной схеме не превышает 25-30 м/месяц. Поэтому по этой схеме проходят неглубокие (до 100-150 м) стволы и участки стволов в неустойчивых породах.

Протяженность звена с временной крепью, как правило, от 10 до 40 м выбирают с учетом устойчивости пород, подвигание забоя за один цикл до 2 м, расстояние между

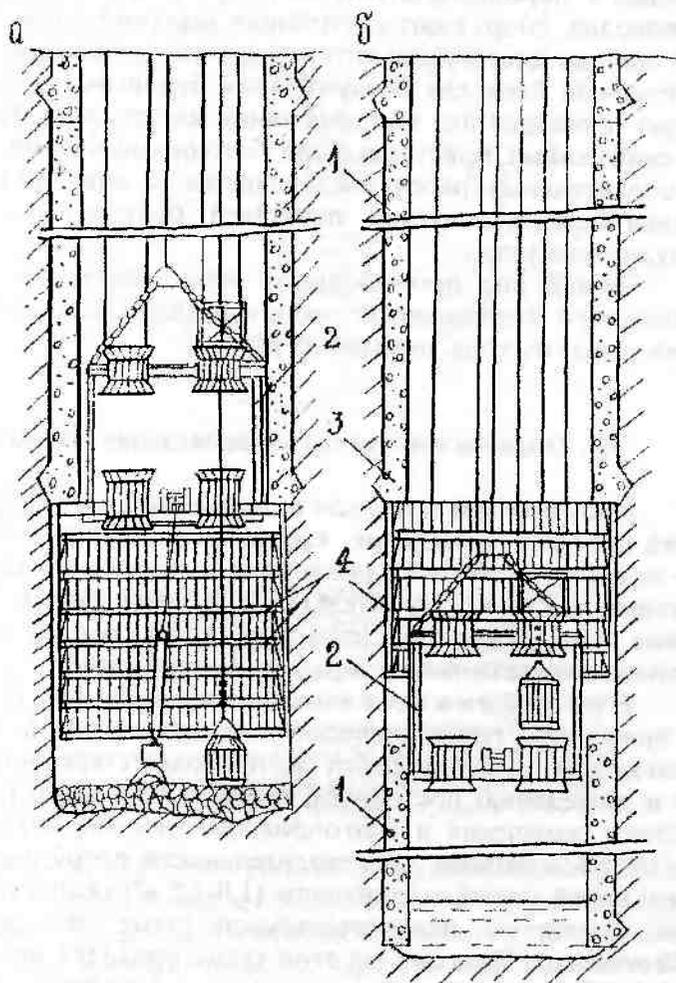


Рис.7. Проходка ствола по последовательной схеме: а - проходка звена с временным креплением; б - возведение бетонной крепи
1 - бетонная крепь; 2 - подвесной полок; 3 - опорный венец; 4 - временная крепь

кольцами временной крепи 1,0 м. Шпуров бурят ручными перфораторами, погрузку породы обеспечивают один-два пневматических грейферных погрузчика с ручным управлением. По мере отгрузки взорванной породы навешивают кольца временной крепи, затягивают бока и раскрепляют кольца распорками, чтобы предупредить деформации временной крепи при взрыве. Работы в забое ведут под защитой двухэтажного подвесного полка, который служит для натяжения направляющих канатов проходческого подъема, а также рабочим полком при возведении бетонной крепи. Для пропуска бадей в забой полок снабжен специальными раструбами. Низкий уровень механизации работ усугубляется неравномерностью трудозатрат. Ручного труда больше всего в конце погрузки, когда совмещаются работы по разборке породы отбойными молотками, погрузке породы, установке временной крепи, откачке воды. Производительность труда проходчика при последовательной схеме не превышает 0,8-1,1 м³ в свету/человеко-смену.

Совмещенная схема (рис.8) позволяет выполнять основные процессы по выемке породы и возведению постоянной крепи в призабойном пространстве без применения временной крепи. Возможно также частичное совмещение погрузки породы с бетонированием.

Для совмещенной схемы характерны применение высокопроизводительного оборудования и высокая степень механизации основных проходческих процессов. Для бурения шпуров используют бурильные установки типа БУКС и СМБУ, оснащенные двумя-пятью гидравлическими манипуляторами с тяжелыми буровыми машинами и ходом автоподатчика 4,5 и 4,0 м. Породу грузят погрузочными машинами с одним или двумя грейферами вместимостью от 0,4 до 1,25 м³ и поднимают на поверхность в бадах вместимостью от 3 до 6,5 м³. Монолитную бетонную крепь возводят в подвесных секционных опалубках с рабочей высотой от 2 до 4,5 м. Бетон подают за опалубку с поверхности по трубам.

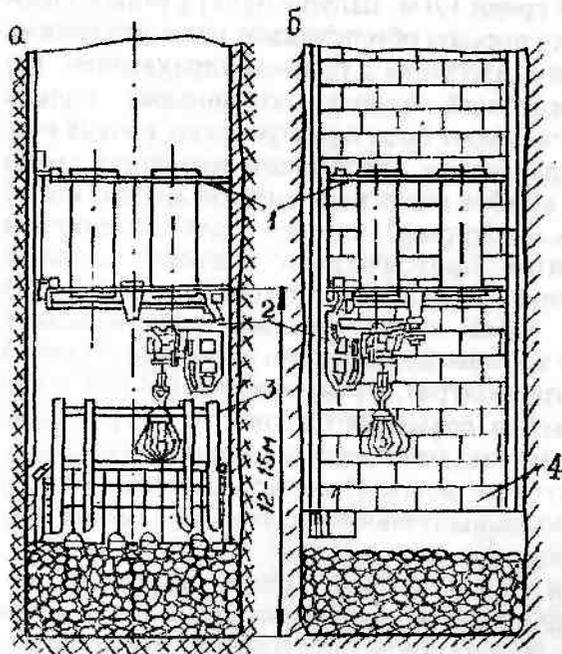


Рис.8. Проходка ствола по совмещенной схеме:
 а - с монолитной бетонной крепью; б - с тюбинговой крепью
 1 - подвесной полок; 2 - погрузочная машина; 3 - подвесная опалубка; 4 - тюбинги

металлическую опалубку, оборудование для спуска в ствол бетонной смеси и комплект подъемного оборудования с самопрокидными бадьями вместимостью 3-5 м³. Комплекс дополняют подвесной проходческий насос, спасательная лестница, трубопроводы для проветривания забоя и подачи сжатого воздуха. Масса подвешенного в стволе оборудования составляет около 70 т. Для его подвески требуется от 12 до 20 проходческих лебедок со статическим натяжением каната от

Оборудование скомпоновано в проходческие комплексы, предназначенные для проходки стволов диаметром от 4 до 8 м. Базовым комплексом является ствольной комплекс КС-2у, созданный для проходки стволов диаметром в свету от 5 до 6,5 м и включающий породопогрузочную машину КС-2у/40 с одним грейфером, подвесной двух- и трехэтажный проходческий полок с гидрораспором, бурильную установку типа БУКС, передвижную метал-

61 до 440 кН. Комплекс обслуживается двумя одноконцевыми подъемниками.

Последовательность работ при совмещенной схеме проходки с монолитной бетонной крепью (рис.8,а) следующая:

1) в ствол опускают бурильные установки, бурят шпур, поднимают полок на безопасную высоту, заряжают шпур, взрывают, проветривают, приводят забой в безопасное состояние;

2) начинают погрузку породы, для чего полок опускают и раскрепляют в стенки ствола; убрав породу на такую высоту, чтобы можно было опустить опалубку для бетонирования очередной заходки, отрывают опалубку от бетона, опускают на выровненную породу и центрируют;

3) после укладки бетона примерно на 1/4-1/3 высоты делают перерыв для твердения нижнего слоя бетона, который используют для наращивания трубопроводов;

4) продолжают укладку бетона, причем в стволах диаметром более 7 м эту работу совмещают с погрузкой породы.

После окончания погрузки забой зачищают и начинают новый цикл.

Та же последовательность работ сохраняется и при тюбинговой крепи (рис.8,б), которая монтируется в направлении сверху вниз по мере отгрузки породы.

Благодаря высокой степени механизации процессов и относительно простому оснащению и организации работ, совмещенная схема дает стабильные, достаточно высокие среднемесячные показатели по скорости проведения (65-80 м/месяц) и производительности труда проходчиков. Максимальные скорости проходки в угольной промышленности 200,3 м/месяц, в горно-рудной 186,1 м/месяц. В настоящее время при проведении стволов буровзрывным способом до 95% от общего объема проходки осуществляется по совмещенной схеме.

Вместе с тем совмещенная схема не лишена недостатков. Взрывные работы приходится вести в 2-4 м от свежееуло-

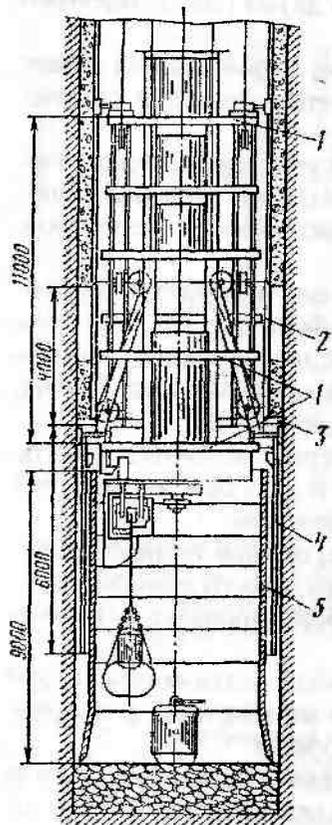


Рис.9. Проходка ствола по параллельной схеме с применением щитовой оболочки

женного бетона. Металлическая опалубка и постоянная крепь в забое сужают рабочее пространство, затрудняют размещение буровых машин для бурения контурных шпуров, что ведет к неудовлетворительному оконтуриванию стен ствола. В призабойной зоне, на расстоянии до 18 м от забоя, сконцентрировано технологическое оборудование. Здесь постоянно движутся бады большой вместимости, грейферы. Эти обстоятельства являются причинами накопления у проходчиков технологической усталости, усугубляющиеся притоками воды и слабой освещенностью зоны.

Параллельно - щитовая схема проведения ствола (рис.9) характеризуется параллельным ведением работ по выемке породы и возведению постоянной крепи. Для этой цели проходческий полук 1 делают многоэтажным, опалубку 2 снабжают кольцевым поддоном 3, а призабойное пространство ограждают защитной обоймой 4 и щитом 5. В забое выполняют работы по бурению шпуров, заряданию шпуров и

погрузке породы. Временная крепь отсутствует. По мере отгрузки горной массы щит опускают, защищая проходчиков от случайных вывалов.

Благодаря параллельному выполнению процессов, применению производительных буровых и породопогрузочных машин, эта схема обеспечивает высокие скорости проведения стволов, достигающие в отдельных случаях 390,1 и 401,3 м/месяц. Недостатками схемы являются большие капитальные затраты на оснащение ствола, связанные с удорожанием стволового оборудования, увеличением числа проходческих лебедок, расхода канатов; высокая трудоемкость работ по монтажу и демонтажу комплекса; возможность зажима щита при вывалах породы из стен ствола. Эти недостатки обусловили ограниченное применение схемы в отечественной практике. За рубежом в устойчивых массивах на глубоких стволах параллельная схема применяется, так как при большой глубине удельные капитальные вложения снижаются.

3.4. Проходческие процессы при сооружении ствола

Буровзрывные работы должны обеспечивать оконтуривание сечения ствола с минимальными переборами, равномерное дробление породы, высокий коэффициент использования шпуров, минимальные затраты ручного труда и снижение влияния взрыва на крепь и технологическое оборудование.

Буровзрывные работы ведутся, как правило, в сложных условиях. Ограниченная площадь поперечного сечения, постоянное изменение свойств пород, пересекаемых забоем ствола, обводненность предъявляют повышенные требования к параметрам паспорта БВР. Шпуров под патроны ВВ диаметром 36 или 45 мм бурят глубиной до 4,5 м при механизированном бурении и до 2,5 м при бурении перфораторами и располагают по концентрическим окружностям. Как правило, применяют прямые врубы с одной или двумя окружностями врубовых шпуров. Для снижения влияния взрыва на крепь и опалубку пользуются детонаторами короткозамедленного и замедленного действия, позволяющими рассредо-

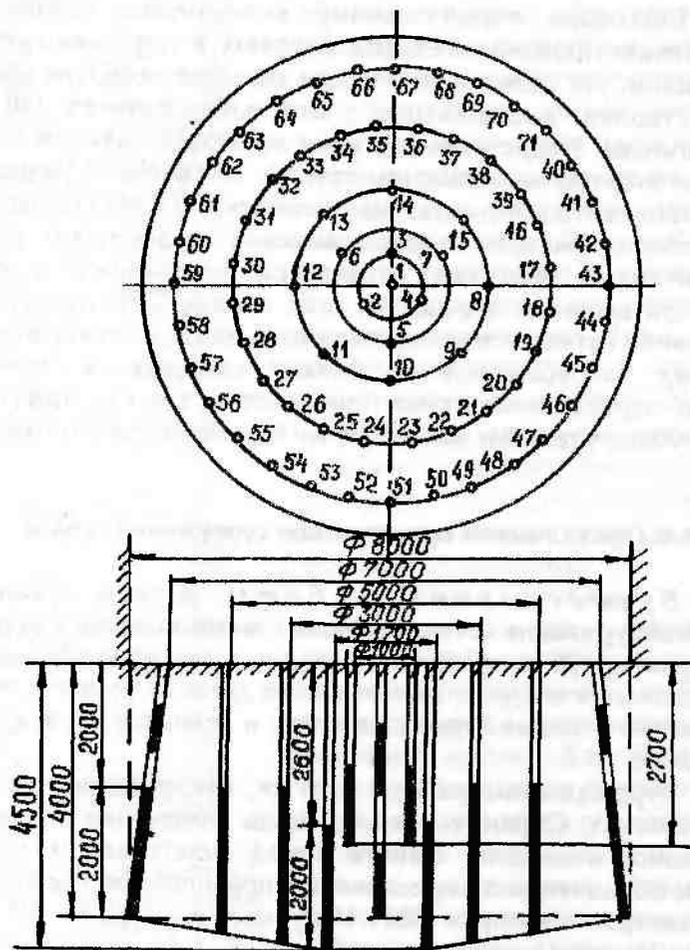


Рис.10. Схема расположения шпуров в забое ствола

точить по времени взрывы зарядов врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров. Схема расположения шпуров в забое диаметром 8 м вчерне с двумя окружностями врубовых

шпуров и рассредоточенными зарядами (рис.10), например, предусматривает взрывание комплекта шпуров пятью сериями.

Проветривание забоя осуществляется по нагнетательной схеме осевыми или центробежными вентиляторами местного проветривания с напором до 920 даПа и подачей до 46 м³/с. Воздух подают в забой по металлическому трубопроводу диаметром 0,6-1,2 м, который подвешивают на канатах или жестко закрепляют на стенках ствола. В первом случае трубопровод наращивают с поверхности, во втором - с проходческого полка и бадьи. На неглубоких (до 300 м) стволах и в призабойной зоне возможно применение гибких труб.

Погрузка породы в стволах осложняется необходимостью захвата породы только сверху, обводненностью, стесненностью условий погрузки, так как в забое находятся бадьи, насосы, опалубка, люди, обслуживающие прием и отправку бадей и откачку воды. Серийные породопогрузочные машины с механизированным вождением и в этих условиях работают достаточно производительны.

Машина КС-2у/40 (рис.11), являющаяся базовой моделью, состоит из грейфера 9, подвешенного на двух ветвях каната к тельферу 7, база 4 которого при помощи лебедки 3 радиально перемещается по раме 6. Рама одним концом шарнирно соединена с центральной подвеской 5; другой ее конец крепится к тележке поворота 2, имеющей пневмопривод для перемещения рамы по кольцевому монорельсу 1.

Кольцевой монорельс и центральная подвеска прикрепляются к нижнему этажу полка. Рабочий орган машины - шестилопастный пневматический грейфер - имеет вместимость 0,7 м³. Спуск и подъем грейфера обеспечивает тельфер, радиальное перемещение - лебедка 3. Управление машиной осуществляется из кабины 8, которая перемещается по монорельсу вместе с тележкой поворота.

Другие погрузочные машины имеют ту же принципиальную схему, и многие их узлы унифицированы с машиной КС-2у/40. Двухгрейферные машины, например 2КС-2у/40,

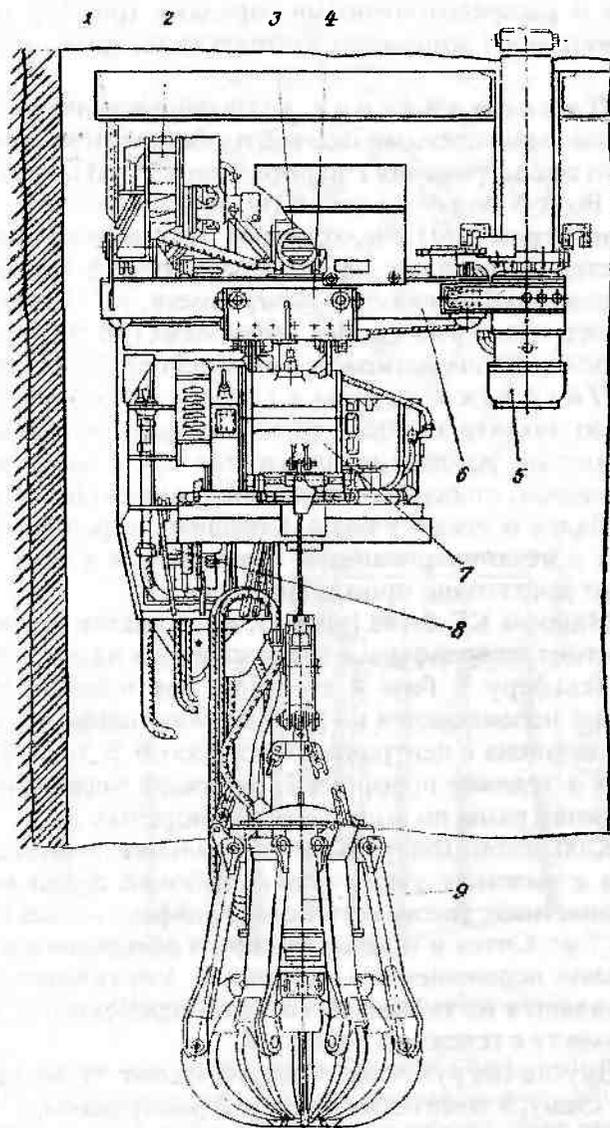


Рис.11. Породопогрузочная машина КС-2у/40

компонуются из двух машин и управляются двумя машинистами.

В стволах малой глубины (до 250-300 м) вместо механизированных пневмопогрузчиков используют грейферы типа КС-3м с ручным вождением по забою и вместимостью 0,25 м³. Порядок работ при этом остается прежним.

По мере отгрузки породы эффективность работы грейферных погрузчиков снижается, так как качество дробления породы с глубиной ухудшается. В конце погрузки необходима бывает дополнительная разработка породы отбойными молотками (зачистка). Погрузка обычно ведется с перецепной бадьей, т.е. порожняя бадья отклоняется проходчиками при ее приеме в удобное для погрузки место, отцепляется и заменяется груженой бадьей. По сигналу бадью приподнимают над забоем; проходчики успокаивают ее раскачивание, очищают днище от налипших кусков породы и дают сигнал на подъем.

На глубоких стволах производительность погрузки ограничивается также возможностями подъемных установок. Эффективность погрузки можно повысить, увеличив вместимость бадей до 5-6,5 м³, но это требует мощных подъемных машин.

Проходческий подъем обеспечивает спуск-подъем людей, бурильных установок, материалов, инструмента, подъем породы и воды, обслуживает ремонтные и монтажные работы в стволе.

Условия работы проходческого подъема достаточно трудны: переменная высота подъема, большие концевые нагрузки, сложная тахограмма работы, динамические воздействия при проходке бадей в раструбы полка и их опрокидывания, многократное изгибание грузового каната при перецепке и разгрузке бадей.

Одноконцевые подъемы удобнее и безопаснее в работе. В настоящее время предпочитают проектировать по два

одноконцевых подъема, производительность которых примерно на 30-40 % больше, чем одного двухконцевого.

Помимо подъемной машины и самопрокидных бадей, важными элементами подъема являются грузовой и направляющие канаты, прицепное устройство, направляющая рамка, шкивы, разгрузочный станок, ляды станка и нулевой рамы с электрическим приводом. Необходимым условием безопасной работы подъема является контроль за состоянием канатов, аппаратуры блокировки работы подъема и погрузочных машин, предупреждающей столкновение бадей с рамой погрузчика. Немаловажно строгое соблюдение установленных скоростных режимов работы, особенно в призабойной зоне, правил спуска-подъема людей в бадьях, а также спуска длинномерных и громоздких материалов и оборудования (бурильных установок, труб).

Водоотлив - вынужденное мероприятие, связанное с притоком воды в забой, отрицательно влияющим на все основные процессы и снижающим скорость проходки. Воду поднимают из забоя бадьями или подвесными вертикальными насосами. В бадью вода подается забойными погружными пневматическими насосами, для которых проходчики постоянно делают небольшой приямок. Бадью водоотлив эффективен при малых (до 8 м³/ч) притоках. При больших притоках используют ступенчатую схему водоотлива, при которой погружной насос откачивает воду в промежуточную емкость, подвешенную к вертикальному насосу или установленную на полке. Но и в этом случае подвесной насос должен быть в резерве, а в нулевой раме и полке должны быть соответствующие проемы, закрытые лядами. Иногда практикуют откачку воды подвесным насосом непосредственно из забоя. Эта схема неудобна, так как насос мешает маневрам грейферных погрузчиков.

На стволах глубиной более 250 м проходят камеры промежуточного водоотлива, так как напор подвесных насосов ограничен. Камеры оборудуют водосборником и двумя горизонтальными насосами.

Возведение монолитной бетонной крепи получило преимущественное распространение при проходке стволов по совмещенной схеме. Бетонирование ведут в металлических подвесных опалубках. Отрыв от бетона секционных опалубок высотой от 2 до 4,5 м механизирован: достаточно опустить каркас опалубки лебедками, к которым опалубка подвешена.

В комплект оборудования для подачи бетона в ствол входят приемный бункер, приемная воронка, бетоновод из толстостенных труб диаметром 150-200 мм, телескопическая часть с гасителем скорости и гибкий бетоновод, предназначенный для распределения бетонной смеси по приемным карманам опалубки. Если ствол оборудован приствольным бетонным узлом, надобность в приемном бункере отпадает.

При бетонировании по совмещенной схеме применяют быстротвердеющие пластичные бетонные смеси на сульфатостойком портландцементе марок М400 и М500. Бетон должен набрать к моменту отрыва опалубки прочность не менее 0,8 МПа.

Рассечка сопряжений ствола с околоствольными выработками и камерами ведется двумя способами: одновременно с проходкой ствола или последовательно, после проведения ствола на 25-30 м ниже сопряжения с целью аккумулировать породу от рассечки в стволе. Сначала с временной крепью проходят верхний ствол I, затем ствол углубляют и бетонируют свод сопряжения. После этого вновь углубляют ствол и разрабатывают нижний слой II и участок III на полное сечение.

Сопряжения клетевых стволов проводят в устойчивых породах на полное сечение уступным забоем, в менее благоприятных условиях слоями сверху вниз с креплением верхнего слоя временной, а затем и постоянной крепью (рис.12). В неустойчивых породах применяют схемы рассечки с раскрытием и креплением забоя по частям.

При рассечке дозаторных камер скиповых стволов, имеющих большую высоту и сложную конфигурацию, рабо-

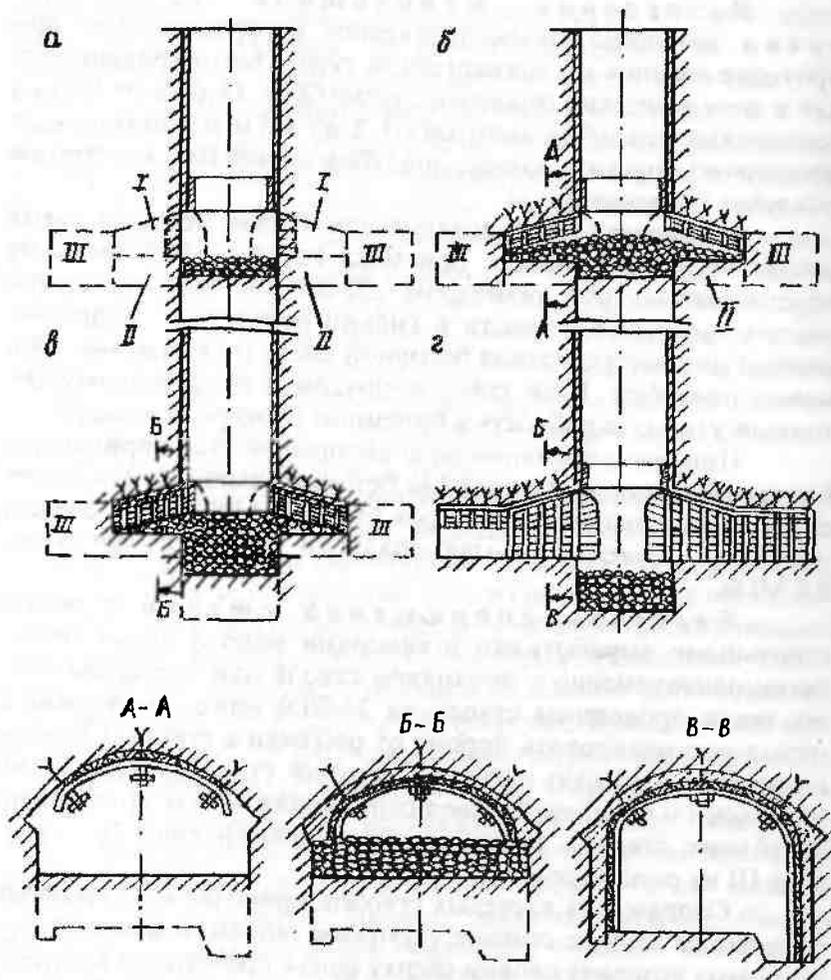


Рис. 12. Рассечка сопряжения клетчатого ствола слоями I-III сверху вниз: а - положение до начала разработки верхнего (I) слоя; б - бетонирование свода верхнего слоя; в - углубка ствола перед разработкой нижнего (II) слоя; г - возведение постоянной бетонной крепи

ты ведут слоями сверху вниз, причем число слоев достигает пяти-восьми. Постоянную бетонную крепь возводят в нисходящем порядке, устраивая опорные пояса в каждой бетонной заходке для предупреждения осадки крепи при разработке нижележащего слоя.

Буровзрывные работы на сопряжениях регламентируются специальными паспортами БВР, а их параметры определяют по аналогии с горизонтальными выработками. На первых заходках вблизи ствола глубину шпуров, массу зарядов и число зарядов в одной серии уменьшают для снижения сейсмического действия взрыва на вмещающие породы.

На погрузке породы из рассечек используют скреперы и погрузочно-транспортные машины с кузовом на пневмошинном ходу. Тем не менее объем ручных работ по бурению, подкидке породы, установке опалубки остается значительным. Как правило, рассечка сопряжений снижает производительность по выемке породы и креплению. Скорость проведения сопряжений обычно не превышает 350-450 м³ в свету/месяц.

Армирование стволов включает установку расстрелов и проводников, устройство лестничных отделений, прокладку постоянных трубопроводов и кабелей.

Последовательная схема производства работ по армированию, при которой после проведения ствола вначале сверху вниз по всему стволу устанавливают расстрелы и устраивают лестничное отделение, а затем снизу вверх монтируют проводники и в последнюю очередь прокладывают трубы и кабели, применяется наиболее широко.

Другие схемы с одновременной установкой расстрелов и проводников, с армированием ствола параллельно с его проведением сложны и используются довольно редко.

Армированию предшествуют подготовительные работы по демонтажу проходческого оборудования и переоснащению ствола; передвижка шкивов на копре, демонтаж разгрузочного станка, спуск в ствол армированного полка, перевод подъема на бадью меньшей вместимости, переделка ну-

левой рамы, спуск маркшейдерских отвесов и некоторые другие работы, связанные с водоотливом и проветриванием. На поверхности в этот период проводится контрольная сборка и маркировка ярусов расстрелов.

Расстрелы и лестничное отделение устанавливают с двухэтажного полка. Нижний этаж служит для бурения станком или разделки отбойными молотками лунок для заделки концов расстрелов, верхний - для установки расстрелов и сборки лестничного отделения. Расстрел опускают в ствол на грузовом канате подъема, заводят в лунки, выверяют в горизонтальной плоскости по отвесам и в вертикальной по уровню, расклинивают, затем бетонируют лунки. Элементы лестничного отделения: настил, лестницы, ограждение, - монтируют вслед за расстрелами.

После установки расстрелов армированный полук разбивают и по частям поднимают на поверхность. В стволе навешивают "люльки" - специальные многоэтажные клетки, с которых выполняют работы по креплению проводников в направлении снизу вверх.

Так как на подготовительные работы затрачивается до двух-трех месяцев, средние скорости армирования стволов по последовательной схеме не превышает 300-350 м/месяц, на глубоких стволах - 110-180 м/месяц.

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

При проведении выработок применяют буровзрывной, механический, гидравлический, ручной и комбинированный способы разрушения горного массива, определяющие технологию проходческих работ. Рациональная область применения той или иной технологии проведения выработки обусловлена физико-механическими свойствами горного массива и горно-техническими условиями.

Разрушение горного массива с помощью отбойных молотков возможно при малых протяженности или площади поперечного сечения выработки на пластах с повышенной газодинамической активностью. Коэффициент крепости пород не более 1,5.

Гидромеханическая технология проведения штреков целесообразна в породах с $f < 10$. Гидроотбойку в породах и угле с $f < 1,5$ производят непрерывной водяной струей с напором до 5 МПа, при большей крепости - импульсной водяной струей. Технология эффективна при проведении штреков по выбросоопасным пластам угля.

Область применения комбинированной технологии зависит от того, какие способы разрушения массива сочетаются: буровзрывной с ручным или механическим, механический с гидравлическим и т.д.

Строительство горной выработки - комплекс работ, обеспечивающий готовность выработки согласно проекту. Продолжительность строительства горной выработки

$$T_c = T_n + T_{то} + T_b + T_3,$$

где T_n - продолжительность подготовительного этапа; $T_{то}$ - время на проведение технологического отхода длиной 10-30 м и монтаж проходческого оборудования; T_b - продолжительность проведения основной части выработки с заданной скоростью; T_3 - продолжительность заключительного этапа.

Подготовительный этап (0,5-1,0 месяц) включает прокладку к забою инженерных коммуникаций, организацию транспорта и проветривания, заготовку элементов крепи. На заключительном этапе (0,5-1,5 месяца) выполняют демонтаж проходческого оборудования, перестилку и балластировку рельсовых путей, устройство дорожного покрытия, монтаж эксплуатационного конвейера, ремонт выработки.

Проведение горной выработки представляет собой самостоятельный производственный процесс, направленный на решение трех основных задач: разрушение массива пород,

удаление горной массы за пределы контура выработки, обеспечение устойчивости образовавшейся полости. Технологическая схема проведения выработки предусматривает инженерные решения по технологии проведения выработки, размещению проходческого оборудования в выработке, выбор и обоснование технологически возможной последовательности и продолжительности работ, численности проходчиков требуемой квалификации, технико-экономических показателей.

Применяемое проходческое оборудование предопределяет цикличную организацию работ. Совокупность технологических операций, периодически повторяющихся в определенной последовательности и выполняемых в установленное время, в результате осуществления которых забой выработки подвигается на некоторое расстояние (заходку), называют проходческим циклом.

Состав проходческого цикла зависит от принятой технологической схемы проведения выработки. Проходческие процессы могут выполняться последовательно во времени, и тогда проходческий цикл имеет максимальную продолжительность при минимальной скорости проведения выработки. При совмещении проходческих процессов во времени, например бурения шпуров с возведением постоянной крепи, устройством водоотводной канавки и наращиванием вентиляционных труб, скорость проведения выработки увеличивается. Совмещение процессов заряжания шпуров и взрывания зарядов, проветривания выработки с другими операциями проходческого цикла запрещено.

Технология проведения горных выработок развивается в направлении перехода от цикличной многооперационной технологии к малооперационной поточной технологии, предполагающей одновременное и непрерывное во времени выполнение проходческих процессов.

5. БУРОВЗРЫВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Буровзрывной способ проведения выработок является основным в абразивных породах с $f > 8$. Достигнуты высокие темпы (1237 м/месяц в породах с $f = 12 \div 14$) проведения выработок в породах, механическое разрушение которых невозможно. Буровзрывной способ представляет собой четырехоперационную технологию с ярко выраженной цикличной организацией работ. Основные процессы проходческого цикла следующие: 1) бурение; 2) зарядание шпуров, взрывание шпуровых зарядов и проветривание выработки; 3) уборка породы; 4) возведение постоянной крепи. Остальные процессы: установка предохранительной и временной крепи, устройство водоотводной канавки, дорожного покрытия, настилка рельсового пути, прокладка инженерных коммуникаций, - отнесены к вспомогательным.

П а р а м е т р ы Б В Р . Конечным результатом буровзрывных работ является создание в массиве пород выработки заданной формы и размеров. Взрывание зарядов выполняется в соответствии с паспортом БВР, в котором указывают прочность породы, число, диаметр и глубину шпуров, тип взрывчатого вещества (ВВ) и средств взрывания, схему размещения шпуров, величину заряда, места укрытий взрывника и проходчиков, схему проветривания, ожидаемые результаты взрыва.

Выбор ВВ и средств взрывания производят с учетом газового режима шахты, физико-механических свойств и обводненности горного массива. Широко распространены сплошная и рассредоточенная колонковые конструкции заряда. Обратное инициирование заряда наиболее эффективно, но увеличивает вероятность выброса раскаленных продуктов взрыва в шахтную атмосферу.

Среднюю массу заряда в шпуре вычисляют как частное от деления общего расхода ВВ на заходку на количество шпуров. Заряд врубовых шпуров обычно на 15-20 % больше

среднего заряда, заряды отбойных и оконтуривающих шпуров соответственно равны и меньше среднего на 10-15 %.

Забойка повышает эффективность взрыва во всех случаях ее применения. Для шахт, опасных по газу и пыли, длина забойки должна быть не менее 0,5 длины шпура и не менее 0,5 м при длине шпура соответственно 0,6-1,0 и больше 1 м. Для негазовых шахт длина забойки изменяется в диапазоне 0,3-0,85 м.

Из большого числа рекомендаций по определению удельного расхода ВВ в виде аналитических зависимостей и в табличной форме наиболее известна формула, предложенная Н.М.Покровским:

$$g = 0,1f\varphi vek,$$

где f - коэффициент крепости пород по шкале Протождьяконова; φ - коэффициент, учитывающий структуру породы, для вязкой монолитной и пористой породы $\varphi = 2,0$, для дислоцированных с непрерывным залеганием и мелкой трещиноватостью пород $\varphi = 1,4$, для сланцеватой породы с напластованием, перпендикулярным направлению шпура, $\varphi = 1,3$, для мелкослоистой породы $\varphi = 0,8$; ν - коэффициент сопротивления породы отрыву от массива, $\nu = 6,5/\sqrt{S_{вч}}$, для двух обнаженных поверхностей забоя $\nu = 1,1 \div 1,4$; $S_{вч}$ - площадь поперечного сечения выработки в черне; e - коэффициент относительной работоспособности ВВ, $e = 380/A$; A - работоспособность применяемого ВВ; k - коэффициент, учитывающий диаметр патрона ВВ, для патронов диаметрами 24, 32 и 36 мм k соответственно равен 1,1; 1,0 и 0,95.

Оптимальная глубина шпуров $l_{ш}$ зависит от напряженно-деформированного состояния массива пород, скорости проведения выработки, организации проходческих работ и должна обеспечивать минимальные стоимость и трудоемкость работ буровзрывного комплекса. При заданных скоро-

сти проведения v , продолжительности проходческого цикла $T_{ц}$ и коэффициенте использования шпуров η

$$l_{ш} = vT_{ц}(\eta nt),$$

где t - число часов в сутки по проведению выработки; n - число рабочих суток в месяце.

Средняя глубина шпуров на отечественных шахтах 2-2,5 м, на зарубежных 3,5 м. Врубовые шпуры обычно на 10-30 см длиннее остальных шпуров комплекта. Увеличение глубины шпуров (при проведении выработок глубокими заходками) сопровождается уменьшением удельных затрат времени на зарядание и взрывание, проветривание, подготовительно-заключительные работы в структуре проходческого цикла, повышает коэффициент использования проходческого оборудования. На рудниках Криворожского бассейна увеличение глубины шпуров с 1,7-1,8 до 3,8-4,2 м повысило производительность труда проходчиков на 30-50 %, а загрузку оборудования на 40-50 %.

Количество шпуров

$$N = 1,27qS_{вч}(\gamma d_{ш}^2 a k_{\gamma}),$$

где γ - плотность ВВ в патронах; $d_{ш}$ - диаметр патрона ВВ; a - коэффициент заполнения шпуров; k_{γ} - коэффициент, учитывающий уплотнение ВВ при зарядании, для обычных патронов $k_{\gamma} = 1,1$, для патронов с надрезанной вдоль образующей оболочкой $k_{\gamma} = 1,2$.

Схему расположения шпуров выбирают с учетом прочности и структуры горного массива, размеров поперечного сечения выработки, глубины заходки и числа шпуров, удобства обустройства забоя. Элементом схемы является вруб, который может быть наклонным, прямым (призматическим) и комбинированным. В клиновых врубах шпуры наклонены к плоскости забоя под углом 53-73° при расстояниях между забоями 0,2-0,5 м. Расстояние между устьями врубовых шпу-

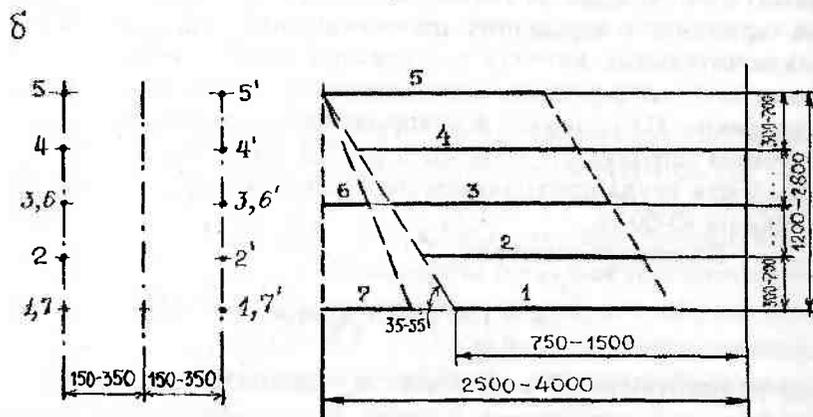
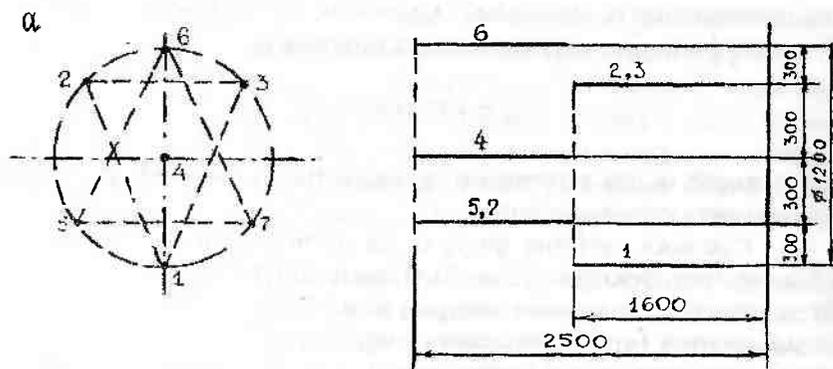


Рис. 13. Конструкции прямых врубов: а - ступенчато-цилиндрический; б - двойной ступенчатый
1-7 и 1'-7' - последовательность взрывания зарядов (заряды 4 и 5-7 взрывают с замедлением 30 и 60 мс соответственно относительно зарядов 1-3)

ров зависит от глубины шпуров, ширины выработки и обычно равно ее половине. Для разрушения крепких монолитных пород применяют многоклиновые вruby, в которых забои шпуров последующего клина отстоят от предыдущего на величину линии наименьшего сопротивления (0,6-0,9 м).

Прямые вruby улучшают технико-экономические показатели проведения выработок. На Норильском горно-металлургическом комбинате замена клиновых врубов прямыми позволила увеличить величину заходки, уменьшить разброс породы, повысить производительность погрузочно-доставочных машин на 25%. Внедрение прямых врубов сдерживается трудностью реализации проектной ориентации шпуров. Отклонение забоя шпура от первоначального направления в крепких породах для отечественных средств бурения может достигать 5% длины шпура. Высокие значения η достигаются при последовательном образовании врубовой полости. Ступенчато-цилиндрический вруб обеспечивает $\eta = 0,9 \div 0,95$ в породах с $f = 7 \div 12$ (рис. 13, а), а двойной ступенчатый вруб (рис. 13, б) - $\eta \sim 1,0$ в породах с $f = 3 \div 10$ и кучный развал породы. Прямые вruby с компенсационным пространством позволяют увеличить глубину заходки. В некоторых конструкциях прямых врубов (рис. 14) компенсационные шпуры перебуривают по отношению к врубовым шпурам на 0,3-0,9 м. Прямые вruby с компенсационным пространством просты и надежны, но, по сравнению с ярусными (секционными) врубам, требуют в 2-2,5 раза больше объема буровых работ. Показатели применения прямых врубов следующие:

Конструкция вruby (рис. 14)	А	Б	В	Г
Коэффициент крепости пород	8-10	10-12	12-14	16-18
Величина заходки, м	2,9	2,8	2,9	2,9
η	0,8	0,87	0,9	0,89

Секционные вruby особенно эффективны в крепких трудновзрываемых породах. Сочетания конструкций врубов образуют комбинированные вruby: клиновый вруб с добавлением прямых шпуров, клиновой и всеерный вруб и т.д.

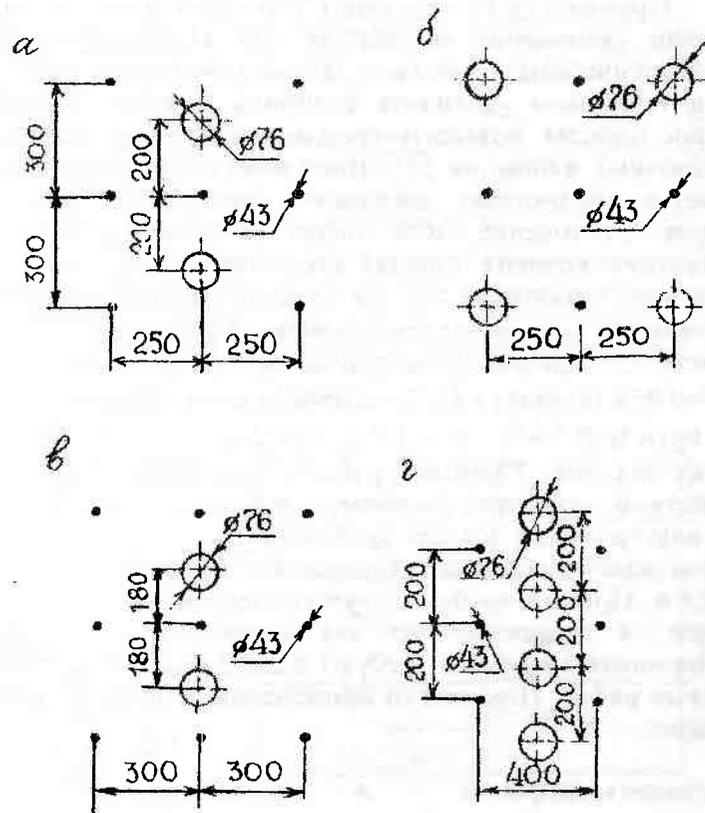


Рис. 14. Конструкции прямых врубов с компенсационными скважинами

Первый ряд отбойных шпуров размещают на расстоянии от врубовой полости, не превышающем ее диаметра или величины ЛНС. Устья оконтуривающих шпуров обычно отстоят от контура выработки на 10-25 см. Забой оконтуривающих шпуров в крепких породах выводят на 10-20 см за контур выработки, в слабых и средней крепости породах размещают на нем, а в породах, склонных к обрушению, не доводят до него. В шахтах, опасных по газу и пыли, минималь-

ное расстояние между зарядами в породах с $f < 7$ и $f > 7$ соответственно 0,45 и 0,30 м.

Последовательность взрывания зарядов назначают из условия соблюдения перпендикулярности ЛНС заряда к большей оси формируемой врубовой полости. Между взрывами комплектов врубовых и отбойных зарядов целесообразно замедление в 45-100 мс. Суммарное время замедления в породных забоях, опасных по газу и пыли, ограничено 200 мс.

Контурное взрывание как технологический прием уменьшает нарушенность приконтурного массива пород, обеспечивает большее соответствие фактического контура выработки проектному и реализуется с помощью следующих мероприятий:

- применения в оконтуривающих шпурах рассредоточенного заряда, низкобризантного ВВ, патронов ВВ диаметром 24 и 28 мм;
- уменьшения расстояния между оконтуривающими шпурами до 4-6 их диаметров и заряжания через шпур;
- предварительного оконтуривания выработки;
- отставания оконтуривающих шпуров от забоя выработки.

Эффективность буровзрывных работ оценивается коэффициентами использования шпура и излишка сечения, линейным отклонением фактического контура от проектного, величиной разброса породы и степенью ее дробления, относительными показателями расхода ВВ, объемом буровых работ.

Бурение шпуров. Трудоемкость и продолжительность этой важной части проходческого цикла оценивается в 25-50 % трудоемкости и продолжительности цикла в целом. В зависимости от прочности породы для бурения шпуров используются следующие бурильные средства:

Буровой механизм	Прочность породы, МПа
Ручные сверла	< 40
Колонковые электросверла	40-100
Перфораторы	50-200
Бурильные установки (навесное буровое оборудование):	
вращательного действия	< 80
вращательно-ударного действия	80-160
ударно-поворотного действия	60-200

Бурение ручными сверлами (СЭР-19М, ЭР14Д-2М, СР-3, СР-31М) и переносными перфораторами (ПП-36В, ПП-50В, ПП-54, ПП-63) требует больших трудозатрат и может быть оправдано невозможностью использования бурильных установок или необходимостью скоростного проведения выработки. Для повышения уровня механизации работ применяют бурильные установки, работающие на сжатом воздухе (БУ-1, БУР-2, СБКНС-2, СБКН-3, СБУ-2М, СБУ-2К) или на электроэнергии (БУЭ-1, БУЭ-2, БУЭ-3, БУЭ-3Т, БУА-3С02, БК-Г-2, УБГ-1Р).

По завершении операции бурения шпуров проверяют соответствие фактического обуривания забоя паспорту БВР и приступают к заряданию шпуров. После взрывания и проветривания выработки мастер-взрывник осматривает забой и при отсутствии невзорвавшихся зарядов подает сигнал об окончании взрывных работ.

Проветривание выработок. Во время строительства горные выработки проветривают вентиляторами местного проветривания по нагнетательной, всасывающей или комбинированной схемам подачи воздуха к забою. Наиболее распространена нагнетательная схема проветривания.

Вентиляторы местного проветривания ВМ-4, ВМ-5, ВМ-6 и ВМ-8 с подачей воздуха до 23 м³/с проветривают вы-

работки длиной до 500 м, а при последовательном соединении и более длинные.

Вентиляционный трубопровод монтируют из гибких труб диаметром 0,3-1,2 м и звеньями по 5, 10 или 20 м. Расстояние от конца вентиляционных труб до забоя не должно превышать в газовых шахтах 8 м, в негазовых - 12 м. Минимально допустимая скорость движения воздуха регламентируется: 0,25 м/с в шахтах, опасных по газу и пыли, и 0,15 м/с в негазовых.

Выбор вентиляторной установки обусловлен требуемым количеством подаваемого в призабойную зону воздуха и определяется отдельно по следующим факторам: метановыделению, разбавлению газов до регламентируемой концентрации после взрывных работ, максимальному количеству работающих, минимальной скорости движения воздушной среды, суммарной мощности дизельного самоходного оборудования, тепловому и пылевому режимам.

Уборка породы. Этот процесс состоит из двух относительно самостоятельных операций: погрузки в транспортные средства и транспортирования породы за пределы выработки (перемещение породы до обменного или разгрузочного пункта, обмен груженых вагонеток на порожние). Его продолжительность составляет на рудниках 15-35 %, а на угольных шахтах - 35-45 % общей продолжительности проходческого цикла. Породу в транспортные средства грузят различными погрузочными механизмами.

Погрузочные машины периодического действия с прямой (ППН-1С, ППН-1Э, ППН-3), боковой (МПК-3) и ступенчатой (ППН-5, ППМ-4М) разгрузкой ковша грузят породу любой крепости и абразивности. Погрузочные машины с прямой задней разгрузкой ковша имеют колесно-рельсовый ход, небольшую массу (3,8-9,0 т), незначительные габариты, они надежны и широко применяются при строительстве выработок в сочетании с вагонетками вместимостью до 4 м³. Машина МПК-3 на гусеничном ходу обеспечивает погрузку породы кусковатостью до 800 мм в вагонетки, на

ленточный или скребковый конвейер, может быть использована как погрузочно-доставочное средство или бульдозер и весьма производительна (до 144 м³/ч).

Погрузочные машины непрерывного действия на гусеничном ходу имеют ступенчатую погрузку породы и парные нагребавшие лапы нижнего бокового захвата. В угольной промышленности наиболее распространены машины 1ПНБ-2 и 2ПНБ-2, в горно-рудной - ПНБ-3Д и ПНБ-4. Они высоко производительны (72-240 м³/ч) и технологически совместимы с транспортными средствами.

Погрузочные машины с навесным бурильным оборудованием (буропогрузочные машины 1ПНБ-2Б, 2ПНБ-2Б, БА-ПНБ-3Д) наиболее предпочтительны, если возможности маневра проходческих машин ограничены.

Скреперные установки применяют в выработках малой протяженности, криволинейных в плане, с углом наклона до 35°, где невозможно или экономически невыгодно использование погрузочной машины. В отечественной практике хорошо известны скреперные комплексы СКУ-1, СКБ-1, СКМ-600, МПДК-2 и МПДК-3, обеспечивающие высокие темпы проведения выработок: 150-250 м/месяц. Для минимизации удельных затрат времени на уборку породы передвижку погрузочного полка производят вслед за продвижением забоя через 8-10 м при рельсовом и 15-20 м при конвейерном транспорте.

Снижение затрат времени на уборку породы, более полная реализация технических возможностей погрузочных машин обеспечивается не только применением высокопроизводительных погрузочных средств, но и устранением или сведением к минимуму периодичности погрузки, обусловленной организацией откатки породы. Работу призабойного транспорта организуют по различным схемам:

- одиночными вагонетками;
- партиями нерасцепленных вагонеток;

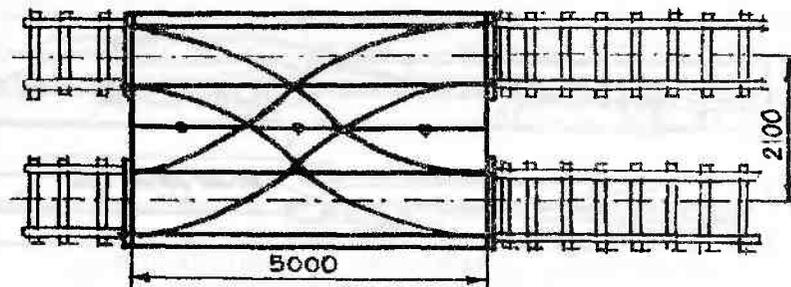


Рис.15. Накладной перекрестный съезд

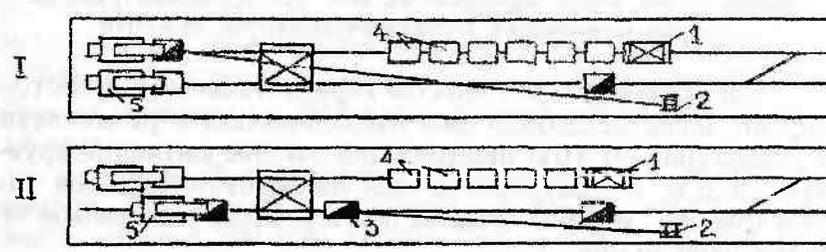


Рис.16. Схема обмена одиночных вагонеток на накладной плите-разминковке

I и II - последовательность маневров; 1 - электровоз; 2 - маневровая лебедка; 3 и 4 - соответственно груженная и порожняя вагонетки; 5 - ковшовая погрузочная машина

- транспортными средствами с непрерывной загрузкой объема породы от заходки;

- самоходными транспортными средствами.

Для обмена груженых транспортных средств (вагонетки, бункер-поезда, вагоны ВПК) на порожние используют стационарные разминки и переносимое вслед за забоем выработки путевое оборудование: тупиковые и замкнутые разминки, накладные съезды и плиты-разминки, перекатные роликовые платформы, вагоноперестановщики.

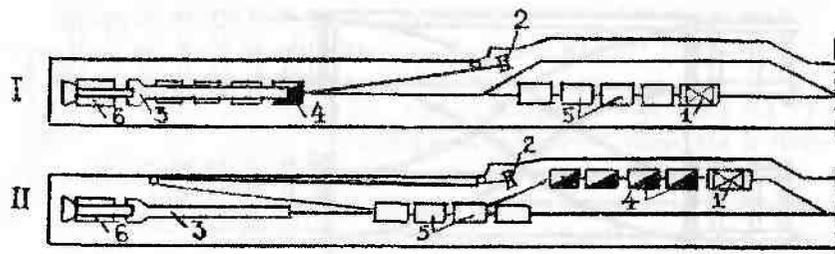


Рис. 17. Схема обмена партий вагонеток с применением перегружателя на замкнутой разминке в однопутевой выработке
I и II - последовательность маневров; 1 - электровоз; 2 - маневровая лебедка; 3 - ленточный перегружатель; 4 и 5 - соответственно груженные и порожние вагонетки; 6 - погрузочная машина типа ПНБ

В практике строительства горизонтальных выработок хорошо зарекомендовали себя накладные плиты-разминовки и съезды (рис. 15). Шаг переноса при откатке вагонеток вручную 20-25 м, а электровозом или маневровой лебедкой 40-50 м (рис. 16). Затраты времени на устройство разминок не превышают 30 мин.

Стремление уменьшить время уборки породы за счет сокращения циклов обмена транспортных сосудов вызывает применение погрузочно-транспортных схем с использованием перегружателей, бункер-поездов (БПС-10, БПС-20, БПС-32, БПК-2, БПК-20, БПК-32 и др.), вагонов большой вместимости (ВПК-7, ВПК-10), конвейеров (СР-70А, 1Л-80 и др.). Наличие перегружателя (ППЛ-1, УПЛ-2, ПСК-1, "Изгиб-1") уменьшает, но не устраняет периодичности погрузки породы из-за малой суммарной вместимости одной партии вагонеток (рис. 17). Наибольшая эффективность уборки породы достигается сочетанием перегружателя с конвейером (рис. 18).

Пневмоколесные самоходные вагоны типа ВС имеют троллейно-кабельный (1ВС-10, 2ВС-15, 1ВС-20) и кабельный (ВС-15Э, 5ВС-15М) подвод электроэнергии, а вагоны типа

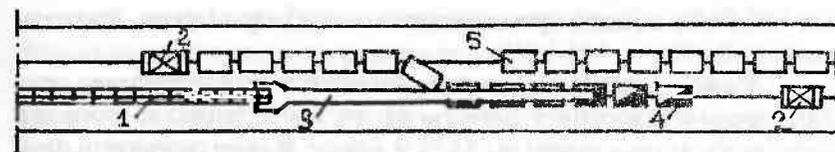


Рис. 18. Схема обмена состава вагонеток при их поточной загрузке на стационарной разминке в двухпутевой выработке
1 - скребковый конвейер; 2 - перегружатель; 3 - электровоз; 4 и 5 - соответственно груженные и порожние вагонетки

ВС-15Д и ВС-20Д - дизельный привод. Зона действия вагона с кабельным электропитанием ограничена вместимостью кабельного барабана (до 220 м). Самоходные вагоны высокоманевренны и производительны (до 1000 т/смену), они способны преодолевать подъемы до 12°. На рудниках Джезказгана их применение увеличило производительность труда в 1,6 раза.

Шахтный автосамосвал МоАЗ-7405-9586 (грузоподъемность 22 т, скорость движения до 40 км/ч, рациональная длина откатки 300-2500 м) работает обычно в комплексе с погрузочными машинами ПНБ-3Д и ПНБ-4.

На рудниках успешно работают ковшовые погрузочные самоходные машины на пневмомашинном ходу с грузонесущим ковшом (ПД-3, ПД-5, ПД-8, ПД-12) или с погрузочным ковшом и грузонесущим кузовом, загружаемым за несколько черпаний ковшом (ПТ-4 и ПТ-6). Наиболее распространены погрузочно-доставочные машины (типа ПД) с дизельным двигателем и рациональной длиной откатки 250-300 м. По сравнению с системой погрузочная машина - транспортные средства производительность труда с использованием этой техники увеличивается в 2,5-3 раза, так как работы по уборке породы выполняет машинист погрузочно-транспортной машины.

Возведение крепи. Это один из наиболее трудоемких (20-25 % общей трудоемкости) и продолжитель-

ных (20-30 % общей продолжительности) процессов проходческого цикла.

Рамные крепи - многоэлементные конструкции; это существенно осложняет работы по их возведению и снижает уровень их механизации до 25 % и менее. В подготовительных выработках угольных шахт чаще всего ставят металлическую арочную трехзвенную податливую крепь из специального взаимозаменяемого профиля (КМП-А3). Установку крепи выполняют в следующей последовательности: подготовив лунки под стойки крепи, устанавливают в них стойки, которые скрепляют межрамной стяжкой с предыдущей аркой; при необходимости монтируют рабочий полук (подмости), с которого устанавливают верхняк в проектное положение и скрепляют его со стойками с помощью скоб, планок и гаек; по отвесам проверяют вертикальность арки и соединяют верхняк межрамной стяжкой с ранее установленной аркой; арку расклинивают деревянными клиньями, по периметру арки устанавливают межрамное ограждение (деревянная или железобетонная затяжка, металлическая сетка) с забутовкой закрепного пространства.

Устойчивые темпы проведения выработок (100-110 м/месяц) достигнуты при креплении железобетонными тубингами ГТК. Для механизации работ используют шахтный кран К-1000 М, тубингоукладчики ТУ-2, ТУ-2Р и ТУ-3. Возведение тубинговой крепи включает следующие процессы: установку предохранительной крепи, устройство прямков, монтаж тубингов в арку и ее расклинку, забутовку закрепного пространства. Тубинги монтируют, начиная с боков выработки, завершая сборку тубинговой арки в вершине свода. Особому контролю подлежит качество заполнения закрепного пространства.

Монолитную бетонную и железобетонную крепь возводят вручную только при невозможности или нецелесообразности применения средств механизации (малый объем работ, выработки небольшого поперечного сечения). Вначале монтируют опалубку, которая может быть разборно-пере-

ставной (инвентарной) и передвижной (механизированной). Инвентарные опалубки (например, ОГУ-1М и ОГВ-1М) представляют собой комплект элементов, которые монтируют на месте производства работ. При всем разнообразии конструкций передвижных опалубок схема работы одна и та же: приведение опалубки в транспортное положение (уменьшение ее габаритов после отрыва от бетона), перемещение вдоль выработки и приведение в рабочее положение для бетонирования следующей заходки. Наиболее эффективна металлическая передвижная опалубка типа ОМП.

Для механизации подачи бетонной смеси за опалубку применяют пневматические бетоноукладчики (ПБУ) и бетононасосы (БН-1). Бетонопровод монтируют из труб диаметром 76-150 мм длиной 1; 1,5; 2,0 и 3 м. Комплексную механизацию возведения монолитной бетонной крепи обеспечивают бетоноукладочные комплексы БУК-1М, БУК-2М, БУК-3, УБМЗ-5 и "Монолит-2". В зависимости от схемы производства работ монолитную бетонную крепь возводят с отставанием от забоя до 3 м (совмещенная схема), до 60-200 м (параллельная схема) или после проведения выработки или ее участка с временной крепью (последовательная схема).

Высокий уровень механизации достигается при возведении набрызгбетонной крепи, применяемой как самостоятельно, так и в сочетании с анкерами, металлической сеткой. Скоростной напор бетонной смеси создается машинами БМ-60, БМ-68, БМ-70 и ПБМ. При больших объемах работ эффективны комплексы "Монолит-2", НБШ-9/30, КНБ-1 и мобильные самоходные машины НБК.

Состав работ по возведению набрызгбетонной крепи следующий: подготовка поверхности выработки, приготовление и загрузка в машину бетонной смеси, подготовка добавок, ускоряющих твердение бетонной смеси, набрызгбетонирование на стенки и кровлю выработки и уход за набрызгбетонным покрытием. Подготовка породной поверхности заключается в оборке заколов и омывании водой с помощью набрызгмашин, установке на поверхности реперов-маячков

для контроля толщины наносимого набрызгбетонного покрытия. Важно выдерживать технологические параметры: расстояние от выходной насадки трубопровода до поверхности 1,1-1,2 м, угол встречи факела смесевоздушной струи с поверхностью 90° , водоцементное отношение 0,4-0,5, а также следить, чтобы скорость перемещения сопла была постоянной. Набрызгбетон наносят на стенки и свод выработки слоями толщиной соответственно 3-7 и 2-3 см. В течение первых трех-четырех дней следует увлажнять набрызгбетонное покрытие не реже двух-трех раз в сутки для создания благоприятных условий твердения. Фактическое очертание набрызгбетонной крепи проверяют с помощью переносных лекал (шаблонов), устройств для съемки контура поперечного сечения выработки.

Возведение анкерной крепи состоит из двух операций: бурения скважин и установки анкеров. Их трудоемкость зависит от конструкции анкера и размеров поперечного сечения выработки. В отечественной практике для бурения скважин под анкера применяют специальные механизмы: ПА-1, МАП-1, БСТ и УВАК-3. При достаточной высоте выработки возможно использование бурильных установок БУА-3С-02, СБКН-2 и СБУ-2К. При возведении железобетонной анкерной крепи сначала в скважины подают ручным шприцем или пневмонагнетателем цементно-песчаный раствор, а затем вводят арматурные стержни. После достижения бетоном заданной прочности на конец стержня надевают опорный элемент (плитка, подхват) и затягивают гайку.

Вспомогательные работы. В качестве предохранительной крепи, обеспечивающей защиту от вывалов породы в призабойной зоне, применяют консольные крепи конструкции ВНИИОМШС, ВостНИИ и др. Наиболее простая конструкция состоит из деревянного настила, уложенного на две металлические балки. Балки подвешивают с помощью скоб к верхнякам первых от забоя трех-четырех рам постоянной крепи и выдвигают к груди забоя.

Постоянный рельсовый путь укладывают с отставанием от забоя на 25-100 м или после проведения выработки на проектную длину. После планировки полотна пути раскладывают шпалы на расстоянии 0,7 или 1,0 м друг от друга, укладывают рельсы, скрепляя их с ранее уложенным звеном рельсового пути и со шпалами. Затем засыпают между шпалами балласт, домкратами поднимают путь и под шпалы подбивают балласт толщиной не менее 100 мм. После выверки уклона пути ($i = 0,003 \div 0,005$) в пространство между шпалами на $2/3$ их толщины засыпают балласт. Технология настилки временного рельсового пути аналогична, но не требует насыпки балластного слоя. В призабойной зоне рельсовый путь наращивается переносными звеньями или выдвигными рельсами.

Выбор конструкции дорожного покрытия в безрельсовых выработках определяется сроком его службы, интенсивностью движения и грузоподъемностью самоходных транспортных средств. Наиболее простое щебеночное покрытие состоит из 2-3 слоев щебня различной крупности и толщины (до 200 мм), верхний из которых иногда пропитывают нетоксичным вяжущим веществом с нейтральным запахом.

Для проведения водоотводной канавки в паспорте БВР обычно предусматривают один-два дополнительных наклонных шпуровых заряда, взрываемых одновременно с комплектом. До проектных размеров канавку оформляют отбойными молотками и при необходимости крепят деревом, монолитным бетоном, железобетонными и асбестоцементными лотками.

Трубопроводы для воды (диаметр до 100 мм) и сжатого воздуха (диаметр до 200 мм) монтируют в плеть из труб длиной 4-6 м. Их размещают на деревянных подкладках по почве выработки или поднимают на высоту не менее 1800 мм со стороны прохода людей. Кабели подвешивают на гибких или жестких подвесках, расстояние между которыми не должно превышать 3 м.

В безрельсовых и конвейерных выработках эффективны подвесные монорельсовые (БДМКУ, ДМКМ, 2ДМД) и напочвенные канатные (ДКН-1, ДКН-2, ДКНЛ, ДНГ) дороги. Они доставляют людей и грузы, и на их работу не влияют неровности почвы выработки.

Организация работ при проведении выработок. Значимость организации горно-проходческих работ подтверждает практика скоростного проведения выработок с серийным оборудованием. Только за счет повышения уровня организации труда и регламентации трудовых действий проходчиков (повышенная численность бригады, использование высокопроизводительной проходческой техники и ее резервирование, жесткая регламентация выполнения и четкая взаимосвязка работ, оптимизация параметров проходческого цикла, качественная инженерная подготовка) достигнуты показатели, в 1,5 раза и более превышающие нормативные.

Параметры проходческого цикла рассчитывают по нормативной трудоемкости работ, экономико-математическим моделям трудоемкости работ (методика Института горного дела им. А.А.Скочинского), эксплуатационной производительности проходческого оборудования (методика Кузниишахтострой). В качестве примера приведем график организации работ при проведении выработки площадью поперечного сечения в свету и в черне 14,5 и 17,6 м² соответственно по породе с $f = 8$ со скоростью 125 м/месяц при производительности труда 3,32 м³ в свету/человеко-смену (табл.2).

Комплексы проходческого оборудования. Существенное повышение технико-экономических показателей проведения выработок возможно на основе комплексной механизации всех технологических операций в сочетании с высоким уровнем организации труда. Именно в комплексе оборудования реализуется принцип максимального использования мощности составляющих его единиц и мини-

Таблица 2

График организации работ при проведении выработки (пример)

Рабочий процесс	Единица измерения	Объем работ	Число проходчиков	Продолжительность, мин	Час смена:								
					1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й			
Подготовительно-заключительные работы	-	-	7	15									
Бурение шпуров	Шпурометр	90	4	150									
Заряжание шпуров	Шпур	45	7	35									
Взрывание и привативание	-	-	7	25									
Уборка породы	Кубический метр	28,2	6:7	75									
Возведение крепи	Арка	16	7:3	120									
Настилка рельсового пути	Метр	3,2	4	55									
Устройство водоотводной канавки	-	1,6	3	40									
Неуценные работы	-	-	3	95									
Регламентированный перерыв	-	-	7	25									

Примечание. Крепь КМП АЗ, расстояние между рамами 1 м. Оборудование: буральная установка БУЭ-2, погрузочная машина ШПН-5, вагонетки ВГ-3,3, электровоз 14 АРП.

Таблица 3

Комплексы проходческого оборудования для проведения рельсовых горных выработок на угольных шахтах

Площадь поперечного сечения, м ²	f	Тип крепи	Скорость проведения, м/месяц	Производительность труда, м ³ в свету/человеко-смену	Проходческое оборудование по процессам			
					Бурение шпуров	Погрузка породы	Возведение крепи	Транспортирование
8,0/10,2	4-6	КМП-А3	115	2,28	БУ-1	ППН-1С	-	ВГ-2,5
8,0/8,6	7-9	Анкера	120	2,40	БУ-1	ППН-16	ПТ-45	ВГ-2,5
12,2/15,7	4-6	Монолитный бетон	110	1,68		2ПНБ-2	БУК-1М	ВН-2,5
12,3/13,3	7-9	Набрызгбетон	115	2,79	БУР-2	ППМ-4М	БМ-60	ВГ-2,5
12,3/13,9	4-6	Анкера	120	2,94	БУЭ-2	ППМ-4М	ПТ-45	ВГ-2,5
12,9/14,0	4-6	Набрызгбетон и анкера	130	3,34		2ПНБ-2	ПТ-45, БМ-60	ВГ-2,5
17,2/20,6	4-6	Тюбинги ГТК	178	4,16	СБУ-2М (два)	2ЛНБ-2 (два)	К-1000М или ТУ-2	ВГ-3,3
17,3/22,6	4-6	КМП-А3	152	3,69	СБУ-2М (два)	2ЛНБ-2 (два)	-	ВГ-3,3

* В числителе и знаменателе - соответственно в свету (S_{св}) и в темноте (S_{тм}).

мальной степени использования ручного труда по всей технологической цепочке (табл.3-5).

Таблица 4

Комплексы проходческого оборудования для проведения рельсовых выработок на рудниках

S _{св} , м ²	f	Скорость проведения, м/месяц	Проходческое оборудование по процессам		
			Бурение шпуров	Погрузка породы	Транспортирование
6-8	8-18	142	СБКН-2М	ППН-1	ВГ-2,2, ПСК-1, ВГ-4,5
9-11	8-18	145-156 147-158	СБКН-2М СБКН-2МП	ПНБ-32	ВПК-10, ПСК-1, ВГ-4,5
9-15	8-18	127-149 155-179	БКГ-2 ЗБК-3Д	ПНБ-3Д	ВПК-10

Таблица 5

Комплексы проходческого оборудования для проведения безрельсовых выработок

S _{св} , м ²	f	Проходческое оборудование по процессам	
		Бурение шпуров	Уборка породы
14,0	3-8	УБШ-120Э, СБКН-2МП	ПД-2Э, ПТ-4
10-15	6	УБШ-331Д	ПД-5
15	6	УБШ-331Д, УБШ-421Г	ПД-8М

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ШТРЕКОВ ПО НЕОДНОРОДНЫМ ПОРОДАМ

По неоднородным породам (тонким и средней мощности угольным пластам) штреки проводят узким или широким забоем. В первом случае производят одновременную или раздельную выемку угля и породы в пределах поперечного сечения выработки, во втором угольный забой делают шире выработки за счет раскоски (выработанного пространства угольного пласта за контуром выработки) для размещения породы, разрабатываемой в пределах сечения выработки.

Подготовительные выработки при столбовых системах разработки тонких и средней (до 2,5 м) мощности пологих и наклонных угольных пластов проводят в основном узким забоем. Низкое качество угля, коэффициент присечки пород более 0,8 определяют совместную выемку угля и породы и выдачу горной массы в отвал. Возможна выдача горной массы вместе с углем из очистных забоев на обогатительную фабрику.

Технологическую схему проведения штрека выбирают исходя из вида подрывки, очередности выполнения работ по выемке угля и породы (рис.19). При подрывке почвы или кровли пласта (рис.19,а,б) угольный забой опережает породный на 4-5 м, а работы в забоях совмещаются во времени. Здесь возможно применение ленточного перегружателя. При последовательной выемке (рис.19,в) производят выемку угля на 1,5-2 м, а затем разрабатывают породы почвы и кровли. Обычно выполняют два цикла по углю с длиной заходки 1,5-2 м и одну заходку по породе длиной 3-4 м:

$$\eta_n l_n = 2\eta_y l_y,$$

где η_n и η_y - коэффициент использования шпура соответственно по породе и углю, $\eta_y = 0,8$, $\eta_n = 0,9$.

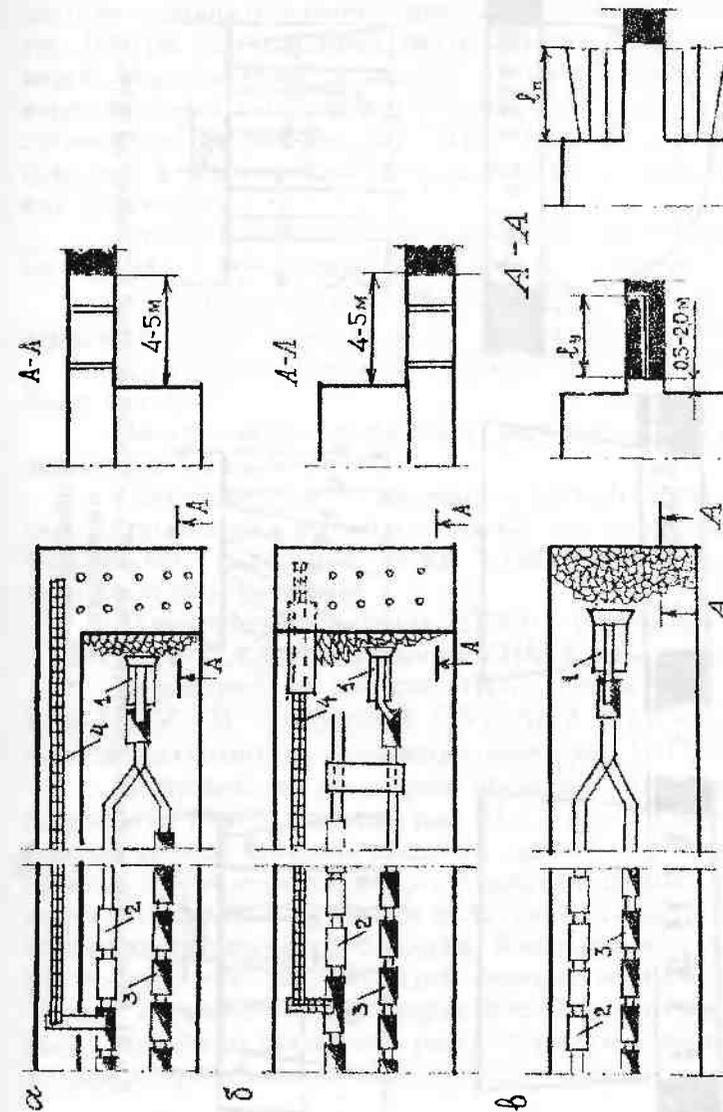


Рис.19. Технологические схемы проведения штреков узким забоем: а и б - при подрывке почвы и кровли пласта соответственно; в - при последовательной раздельной выемке угля и породы
1 - потрусовая машина; 2 - порожние вагонетки; 3 - грузные вагонетки; 4 - сарбковый конвейер; l_n и l_y - глубина шпуров по породе и углю соответственно

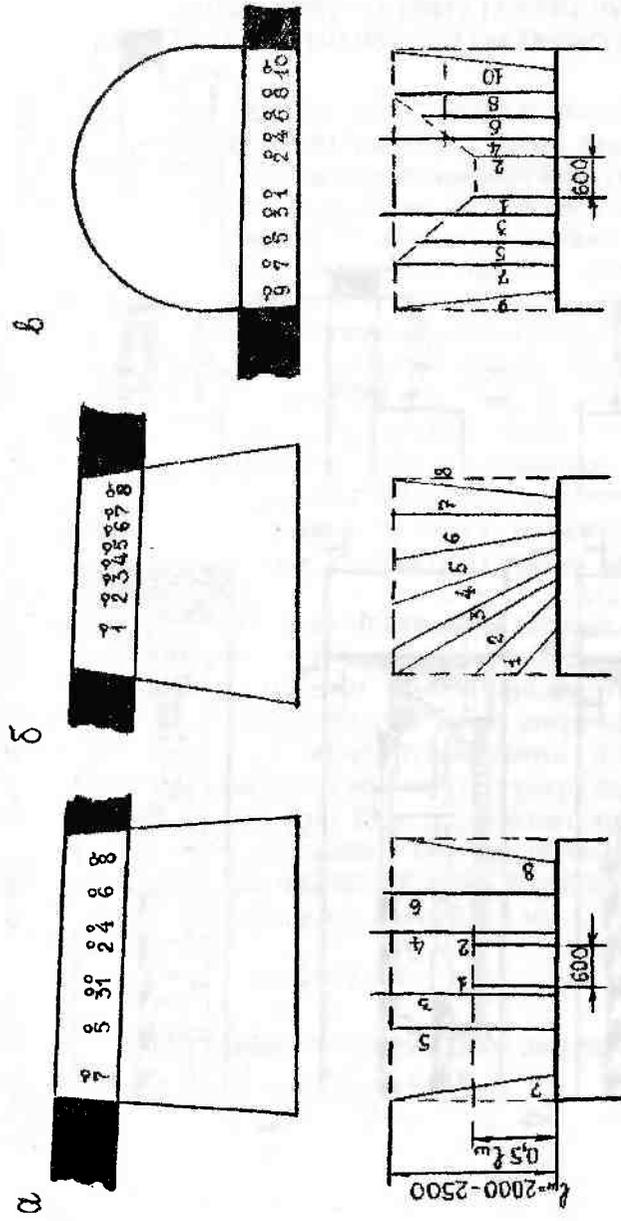


Рис.20. Конструкции врубов в угольных забоях: а, б и в - прямой, веерный и ступенчатый врубы соответственно
1-10 - номера шпуров

Расход ВВ и число шпуров в угольном забое определяют из условия взрывания при одной обнаженной поверхности. Шпуров по породному забою обычно размещают равномерно, параллельно продольной оси выработки. Для образования врубовой полости в угле применяют прямые, веерные и ступенчатые врубы (рис.20). Схему размещения шпуров составляют в соответствии со следующими требованиями правил безопасности:

- расстояние между зарядами по уголю не менее 0,6 м, по породе с $f < 7$ - не менее 0,45 м, с $f > 7$ - не менее 0,3 м;
- расстояние до ближайшей поверхности обнажения от заряда по уголю не менее 0,5 м, по породе - не менее 0,3 м;
- суммарное время замедления электродетонаторов не более 135 мс.

Вместо вруба возможно использование скважины диаметром 0,2-0,5 м.

Применительно к основным системам разработки и схемам подготовки выемочных полей для проведения подготовительных выработок узким забоем рекомендуются два комплекса оборудования:

- 1) погрузочная машина 1ППН-5, бурильная установка БУЭ-3 (БУР-2), крепеустановщик КПМ-8, вагонетки ВГ-3,3;
- 2) погрузочная машина 2ПНБ-2, бурильная установка БУР-2 (БУЭ-3), скребковый СР-70 М и ленточный 1Л80У конвейеры (возможна их замена конвейером 1ЛТП-80У).

Широким забоем штреки проводят, главным образом, на пологих пластах мощностью 0,6-1,5 м с устойчивыми породами кровли. Ширина раскоски зависит от условий размещения в ней объема породы от подрывки. Выемку угля в раскоске производят отбойными молотками, буровзрывным способом, выемочными комбайнами. Выработанное пространство крепят, как лаву. Укладка породы возможна механическим, пневматическим, гидравлическим, самотеком и ручным способами. Наиболее распространена скреперная закладка с применением закладочных установок ЗУ-1; ЗУ-2;

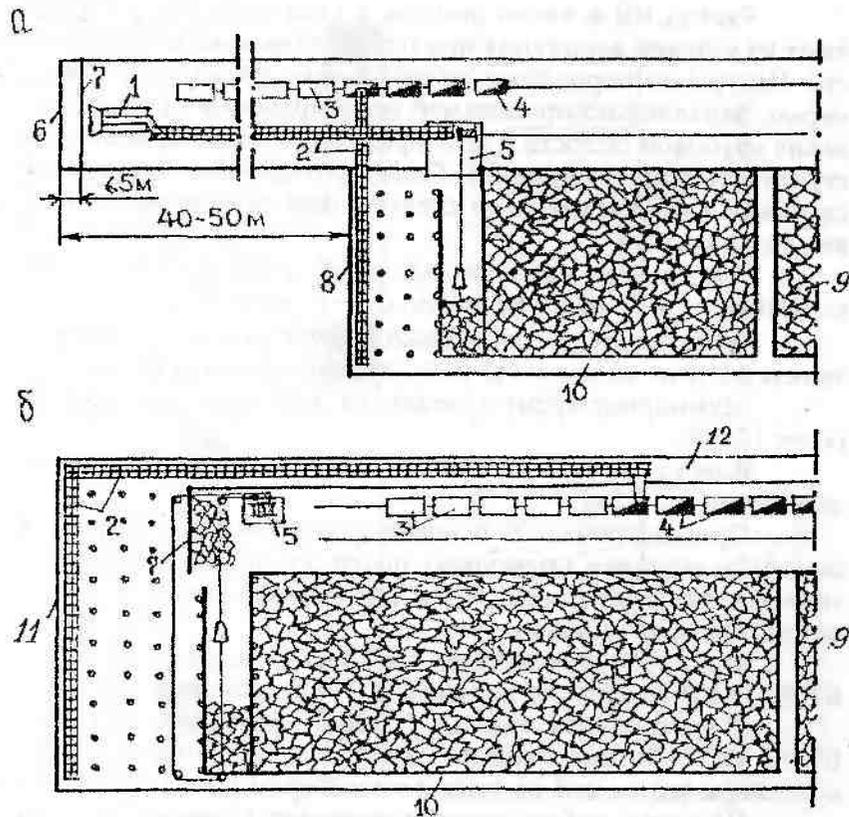


Рис.21. Технологические схемы проведения штреков впереди лавы
 1 - погрузочная машина; 2 - скребковый конвейер; 3 и 4 - порожние и груженные вагонетки; 5 - скреперная закладочная установка; 6 и 7 - угольный и породный забой выработки; 8 - угольный забой раскопки; 9 - нижняя раскоска; 10 - косовичник; 11 - совмещенный угольный забой раскопки и выработки; 12 - берма

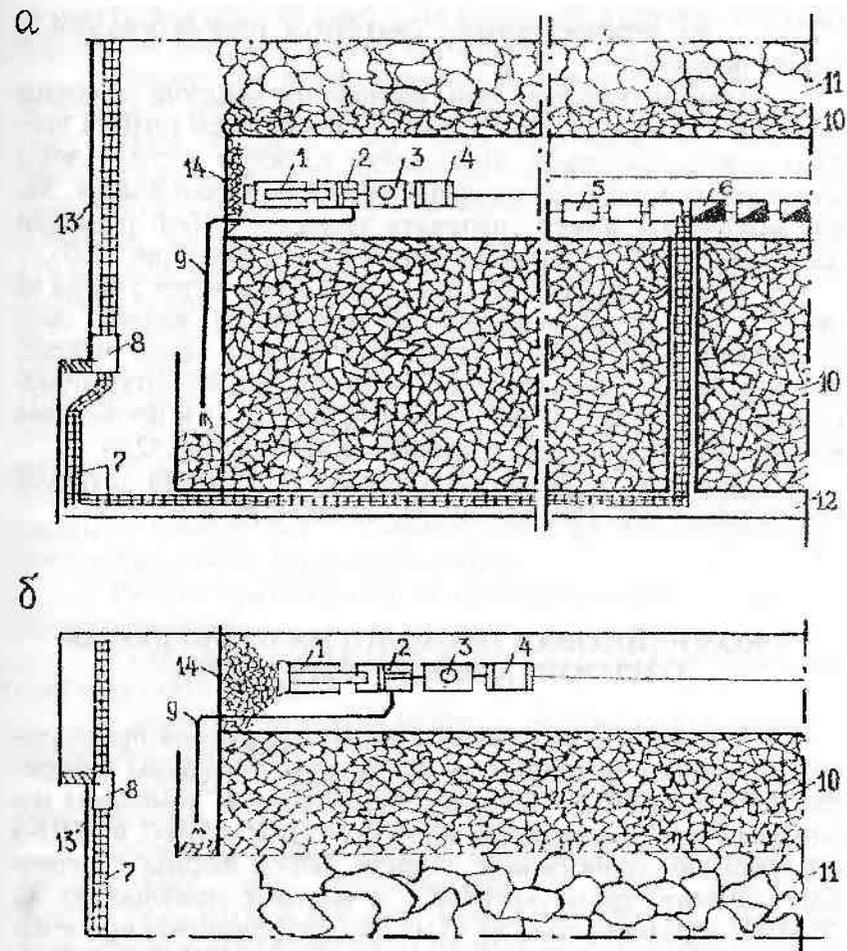


Рис.22. Технологические схемы проведения штреков вслед за лавой
 1 - погрузочная машина 1ППН-5 (2ПНБ-2); 2-4 - дробильно-закладочный комплекс "Титан-1" (2 - дробильная установка "Титан"; 3 - воздуходувка ВП-70; 4 - распределительный пункт с электрооборудованием); 5 и 6 - порожние и груженные вагонетки; 7 - скребковый конвейер; 8 - выемочный комбайн; 9 - закладочный трубопровод; 10 - раскоска; 11 - выработанное пространство; 12 - косовичник; 13 - угольный забой лавы и раскопки; 14 - породный забой выработки

ПЗУ-1, но перспективными считаются пневматический и гидравлический.

Технологические схемы проведения штреков широким забоем разделяют на две группы: с проведением штрека впереди и вслед за лавой. Проведение штреков впереди лавы благоприятно для работы транспорта и разведки пласта. Забой выработки может опережать угольный забой раскоски (рис.21,а) или образовывать с ним единую линию (рис.21,б).

В технологических схемах проведения штрека вслед за лавой угольные забои выработки и раскоски, являясь продолжением забоя лавы, опережают породный забой штрека. Здесь различают две основные схемы: проведение откаточного штрека с двусторонней раскоской (рис.22,а) и проведение вентиляционного штрека с нижней раскоской (рис.22,б).

Высокий уровень механизации проведения штреков обеспечивает бурозакладочный комплекс БЗК-2.

7. КОМБАЙНОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

В зависимости от схемы разрушения забоя проходческие комбайны разделяют на две группы: комбайны избирательного и бурового действия. Проходческие комбайны избирательного действия ПК-3Р, 4ПУ, ГПКС, 4ПП-2 и 4ПП-5 обеспечивают образование полости любой формы поперечного сечения, кроме круглой, в породах прочностью до 70 МПа, абразивностью до 15 мг при коэффициенте присечки породы 0,75. Комбайны бурового действия ПК-8М, ТОР-2, КРТ, "Урал-10КС", "Урал-2СКС", комплекс "Союз-19" применяют для проведения выработок круглой, арочной или прямоугольной форм поперечного сечения площадью до 20,6 м² в горном массиве прочностью до 100 МПа и абразивностью до 35 мг. При строительстве выработок комбайны бурового действия используются редко, главным образом, из-

за отсутствия фронта работ. На калийных рудниках комбайн ПК-8М эксплуатируется как проходческо-очистной.

Рассмотрим проведение выработок комбайнами избирательного действия. Комбайновую технологию характеризуют более высокие, чем при буровзрывной, технико-экономические показатели строительства выработок. Комбайны 4ПУ, ПК-3Р и ГПК наиболее эффективны при протяженности выработки более 150 м и темпах проходки более 170 м/месяц, а комбайны 4П-2 и ГПК-2 при темпах проходки соответственно 200 и 230 м/месяц. Разрушение горного массива производится обычно заходками, равными расстоянию между рамами крепи, при устойчивом обнажении до 2 м. Проходческий цикл состоит из трех основных процессов: выемка и погрузка горной массы, транспортирование горной массы, возведение крепи. При наличии непрерывной погрузочно-транспортной линии возможен переход на двухоперационную технологию: 1) выемка, погрузка, транспортирование горной массы; 2) возведение крепи.

Работу призабойного транспорта организуют по следующим схемам:

- комбайн - скребковый конвейер (перегрузатель) - состав (партии) вагонеток;
- комбайн - перегрузатель - скребковый конвейер - ленточный конвейер;
- комбайн - перегрузатель - ленточный телескопический конвейер.

Обычный режим работы проходческой бригады предусматривает три проходческих и одну ремонтно-подготовительную 6-часовые смены. Численность проходческой бригады определяется из расчета 2-2,5 м² площади забоя на одного проходчика. Как и при буровзрывной технологии проведения выработок, при составлении графика организации работ стремятся к максимально возможному совмещению выполнения работ проходческого цикла, полной и равномерной занятости проходчиков в течение смены. Расчет параметров проходческого цикла выполняется по нормам выработки

(времени) или по экономико-математическим моделям трудоемкостей работ (методика Института горного дела им.А.А.Скочинского).

Проходческий цикл начинают с осмотра забоя, проверки состояния машин и механизмов. Затем машинист комбайна и его помощник приступают к обработке забоя. Рациональная схема обработки забоя режущей коронкой комбайна определяется прежде всего минимальной длиной ее перемещения и обычно выбирается машинистом комбайна на основе практического опыта. При наличии в забое пласта угля или слабой породы сначала производят его выемку, а затем разрабатывают остальную часть забоя. В однородном массиве режущую коронку перемещают перпендикулярно ориентации трещин, в смешанном забое - параллельно слоистости. Глубина внедрения коронки обычно составляет 0,5-0,7 ее длины.

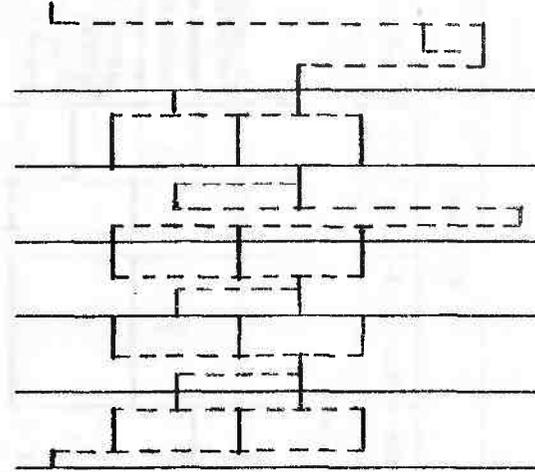
Во время работы комбана выполняют работы по подноске и подготовке элементов крепи, затяжке боков выработки вне зоны работы комбайна, подкидке породы с боков выработки. После подвигания забоя на длину заходки проходческий комбайн останавливают и машинист с помощником осуществляют его профилактику. В это время остальные проходчики устанавливают в забое арку крепи и производят затяжку кровли выработки. Нарращивание вентиляционных труб, труб сжатого воздуха, воды, конвейера, устройство водоотводной канавки выполняют после подвигания забоя на определенную длину во время проходческой или ремонтно-подготовительной смен. Так, в рассматриваемой технологической схеме (рис.23, табл.6) наращивание скребкового конвейера СР-70А при 30-метровой длине перегружателя ППЛ-1К производят через 30 м (через трое суток), а монорельсовой дороги 6ДМКУ - через 21,6 м (через двое суток). По мере подвигания забоя монтируют до максимальной длины один или два конвейера СР-70А, которые затем демонтируют, и на участке длиной соответственно 150 или 300 м ус-

Таблица 6

График организации работ при проведении конвейерного штрека (пример)

Рабочий процесс	Единица измерения	Объем работ	Число проходчиков	Продолжительность, мин	Час смены					
					1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Подготовительные-закладочные работы	-	-	6	20						
Выемка и погрузка горной массы	Кубический метр	47,5	2:3	160						
Обслуживание комбайна	-	-	2	80						
Подготовка элементов крепи, закладка боков	Рама	4	1:2	160						
Установка рам, затяжка кровли	-	4	4:6	130						
Обслуживание конвейера при погрузке	-	-	2	160						
Нарращивание вентиляционных труб	Метр	3,6	1:2	20						
Прочие вспомогательные работы	-	-	4:5:6	30						
Отдых	-	-	6	20						

Проходческая схема



танавливают ленточный конвейер 1Л80У. Элементы крепи, материалы, оборудование доставляют в контейнерах дорогой 6ДМКУ. В технологической схеме возможна замена проходческого комбайна ГПК на 4ПП-2 и скребкового конвейера СР-70А на ленточный телескопический конвейер 1ЛТ-80У.

Область эффективного применения проходческих комбайнов расширяется при использовании навесного оборудования БУК для бурения шпуров. В этом случае комбайн может работать с присечкой пород крепостью $f = 4-12$.

Наибольший уровень механизации работ обеспечивают комбайновые комплексы КГК-1М, КГК-2, КСО-1М, ДП-1, КР-2 и К4ПП-5 (проведение подготовительных выработок), КН-5 и КН-5Н (нарезные выработки).

8. СТРОИТЕЛЬСТВО НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

Организация работ при строительстве наклонных выработок во многом аналогична строительству горизонтальных выработок. Специфика проведения вызвана наклонным положением выработки, применением специальных устройств для удержания проходческого оборудования, усложнением транспортирования горной массы, доставки в забой материалов, водоотлива, вентиляции и т.д. Увеличение угла наклона выработки с 13 до 30° сопровождается ростом трудозатрат на 46 %, а изменение протяженности с 150 до 500 м снижает производительность труда на 25-30 %.

Проведению наклонных выработок предшествует большой объем подготовительных работ продолжительностью до двух месяцев. В это время выполняют работы по маркшейдерской разбивке в штреке мест расщепов наклонных выработок, устройству приемной площадки, заезда в бремсберг (ходок), прокладке инженерных коммуникаций и др.

Параллельно главной наклонной выработке на расстоянии 30-40 м одновременно проводят одну-две вспомогательные, соединенные с главной через 30-50 м сбойками, что

вносит особенности и в организацию работ. Обычно бремсберги проводят снизу вверх, а уклоны - сверху вниз. Проведение выработок встречными забоями ускоряет строительство.

В выработках с углом наклона до 10° при настилке рельсового пути через 4-6 м укладывают удлиненные шпалы, концы которых заводят за стойки крепи или в специальные лунки в боках выработки. Рельсовый путь фиксируют в почве выработки металлическими штырями длиной 0,5-0,7 м. При угле более 10° шпалы укладывают на 2/3 толщины в поперечные канавки при толщине балласта под шпалами 50-80 мм.

Наклонное положение выработки усложняет маневрирование и удержание в заданном положении проходческого оборудования. Бурильные установки, погрузочные машины и проходческие комбайны удерживают канатом через систему блоков или непосредственно лебедками. Лебедки устанавливают на бетонные фундаменты или металлические рамы с помощью анкеров или распорных стоек в выработке или в специальных нишах. Для предупреждения самопроизвольного скатывания при обрыве каната применяют стопорные устройства, ловители, стационарные и переносные предохранительные барьеры. В выработке устанавливают не менее двух барьеров: не более чем в 20 м от места производства работ и в начале спуска (подъема) приемной площадки.

Расчет параметров проходческого цикла ведут аналогично таковому для горизонтальных выработок. В нормы времени (выработки) для горизонтальной выработки вводят поправочные коэффициенты (см. сборники норм на горнопроходческие работы):

$$H_n = H_z k_z k_n k_\lambda k_l,$$

где H_z - норма выработки (времени) для горизонтальной выработки; k_z , k_n , k_λ и k_l - коэффициенты, учитывающие капеж, приток воды, угол наклона и длину выработки.

Технологические схемы проведения наклонных выработок разнообразны и зависят от многих факторов.

Строительство наклонных выработок сверху вниз. Схемы проведения наклонных выработок (стволы, уклоны) сверху вниз на отечественных шахтах получили наибольшее распространение. Оптимальной схемой строительства главного и вспомогательного уклонов с точки зрения продолжительности строительства следует считать их одновременное проведение. При значительном водопритоке целесообразна схема, по которой один из уклонов проводят с опережением для дренирования воды из параллельной выработки. Возможна последовательная проходка: одну из выработок проходят сверху вниз, затем другую снизу вверх.

При буровзрывной технологии проведения параметры взрывных работ рассчитываются по методикам для горизонтальных выработок. Для производства буровых работ используют серийные буровые механизмы. Бурильные установки с удерживающим приспособлением при угле наклона выработки до 30° могут работать практически без снижения производительности.

Область применения погрузочных средств зависит от угла наклона выработки λ :

λ	Погрузочные механизмы
8°	Те же, что и для горизонтальных выработок
10	ПНБ-ЗД2, МПК-3
18	Специализированные машины 1ПНБ-2У, 2ПНБ-2У и ППМ-4У, комплекс "Сибирь"
18-45	Специализированная машина ППБ-1
35	Скреперные комплексы
45	Буропогрузочная машина БПГ

Наибольший уровень механизации гарантирует комплекс "Сибирь", представляющий собой платформу на колесно-рельсовом ходу, которая удерживается канатом лебедки. На платформе смонтированы погрузочное устройство, перегружатель с бункером, две буровые машины, крепеустановщик. Комплекс позволяет частично совмещать работы по уборке породы и бурению шпуров.

Выбор схемы призабойного транспорта, как и типа погрузочных машин, определяется, главным образом, углом наклона выработки:

λ	Средства призабойного транспорта
18°	Канатная откатка в вагонетках (скипах), ленточный и скребковый конвейеры
18-25	Канатная откатка в вагонетках (скипах), скребковый конвейер
25	Канатная откатка в скипах самотеком по желобам и почве выработки

Различают следующие основные транспортные схемы: скребковый конвейер - ленточный конвейер; скребковый конвейер - канатная откатка в вагонетках (скипах); канатная откатка в вагонетках (скипах).

Схема скребковый конвейер - ленточный конвейер наиболее эффективна при длине выработки более 400 м и в случае, когда ленточный конвейер оставляется как эксплуатационный (1ЛТ-80У, 1ЛУ-100У). Следует учитывать резкое падение производительности и надежности скребкового конвейера в породе с $f \leq 6$, а ленточного конвейера - при водопритоке более $8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Применение схемы скребковый конвейер - вагонетки (скипы) рационально в двухпутевых выработках с углом наклона $10-25^\circ$ в породах с $f \leq 6$.

Канатная откатка породы любой крепости в вагонетках (скипах) производится одно- и двухбарабанными лебед-

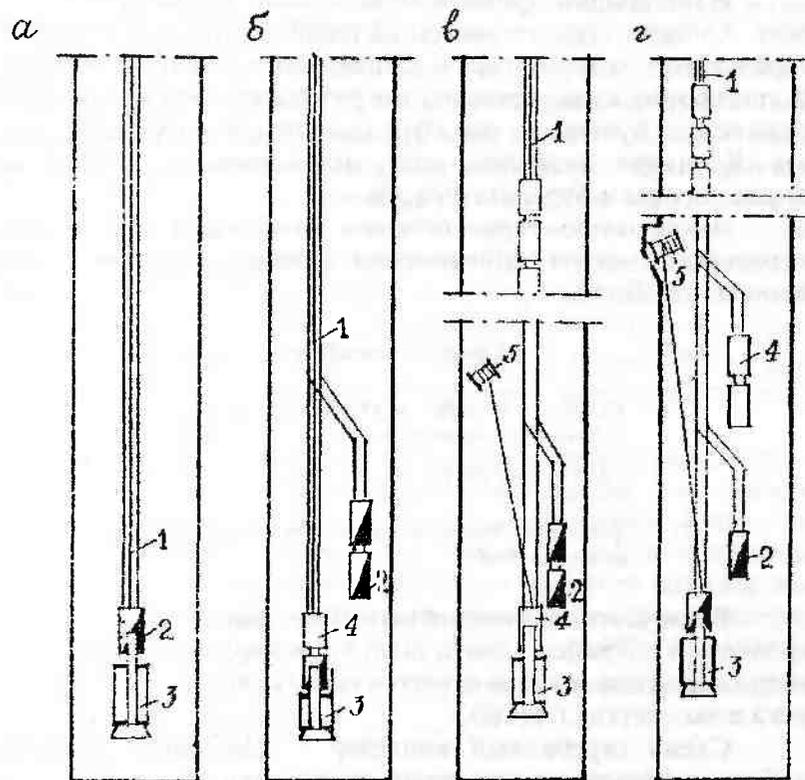


Рис.24. Схема обмена вагонеток при одноконцевой канатной откатке с последовательным (а и б) и параллельным (в и г) выполнением погрузочно-транспортных работ и обмена вагонеток

1 - канат подъемной лебедки (машины); 2 и 4 - груженная и порожняя вагонетки; 3 - погрузочная машина; 5 - маневровая лебедка

ками (подъемными машинами) в выработках с углом наклона 10-45° (рис.24). В однопутевых выработках применяют одноконцевой подъем, в двухпутевых - два одноконцевых подъема. Для сокращения времени обмена в призабойной зоне размещают переносные стрелки и маневровые лебедки.

Технология возведения крепи в выработках с углом наклона до 30° аналогична возведению крепи в горизонтальных выработках, а при больших углах наклона приближается к технологии возведения крепи в вертикальных стволах. Рамы крепи устанавливают с отклонением от нормали к почве выработки в сторону восстания на 3-5°. Монолитную бетонную крепь возводят с отставанием от забоя на 10-30 м ($\lambda < 30^\circ$) или снизу вверх ($\lambda > 30^\circ$).

При проведении выработки сверху вниз в забое скапливается вода. Воду удаляют с помощью поперечных канавок, устраиваемых в почве выработки через каждые 10-15 м. По ним вода поступает в продольную водоотводную канавку и далее в водосборник. В зависимости от длины, угла наклона выработки и величины водопритока возможны различные схемы водоотлива: при притоке до 5 м³/ч транспортирование воды в вагонетках (скипах), при больших притоках откачка воды из забоя насосами.

В качестве примера рассмотрим технологическую схему проведения уклона под углом до 18° с крепью КМП-А3 (рис.25). Графиком организации работ предусмотрено совмещение работ (табл.7 на вклейке): бурения шпуров с наращиванием скребкового конвейера, вентиляционного става, доставкой взрывчатых материалов и изготовлением забойки; уборки породы с устройством водоотводной канавки; крепления с наращиванием труб сжатого воздуха и воды. Такая организация работ обеспечивает проведение уклона со скоростью до 96 м/месяц при производительности труда проходчика 2,5 м³ в свету/человеко-смену.

Проходческие комбайны применяют при $\lambda < 10^\circ$, а специализированный комбайн ГПКН при $\lambda < 25^\circ$.

Строительство бремсбергов. Буровзрывная технология проведения выработок снизу вверх допускается в шахтах не выше II категории по газовыделению. Ведение взрывных работ в выработках, проводимых по опасному по метановыделению угольному пласту, без предвари-

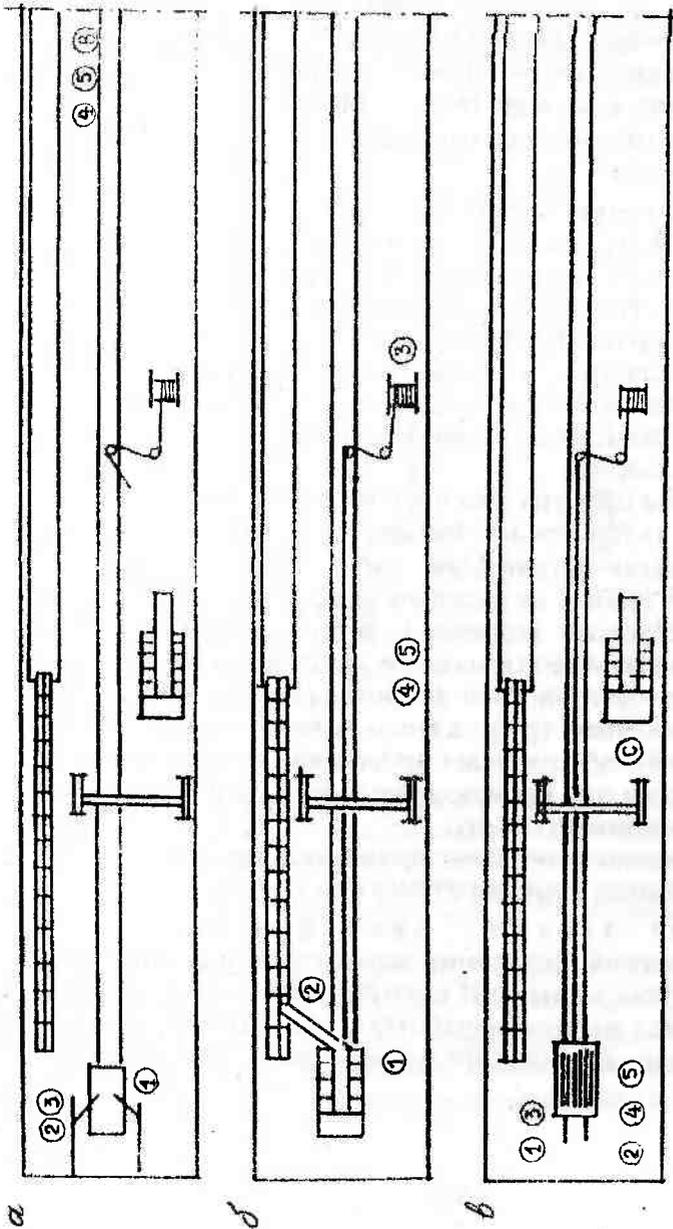


Рис. 25. Технологическая схема проведения уклона ($S_{\text{ср}} = 13,3 \text{ м}^2$, $S_{\text{вн}} = 15,4 \text{ м}^2$): а - бурение шпуров, б - укладка породы, в - крепление

- 1 - буртовая установка БУР-2У; 2 - погрузочная машина ПНБ-2У; 3 - скребковый конвейер СР-70А; 4 - ленточный конвейер ЛЛУ-100У; 5 - вагонетка с элементами крепи; 6 - лебедка; 7 - проходчики; 8 - слесарь; 9 - мастер-взрывник

Таблица 7

График организации работ при проведении уклона (пример)

Рабочий процесс	Единица измерения	Объем работ	Число проходчиков	Продолжительность, мин.	Смена																							
					I						II						III						IV					
					Часы суток																							
					8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
Прием-сдача смены	-	-	5	10	[Горизонтальная линия на уровне 10 минут, охватывающая все 24 часа]																							
Бурение шпуров	Метр	156,4	3	200	[Горизонтальная линия на уровне 200 минут, охватывающая часы 8-10, 18-20, 6-7]																							
Заряжание шпуров	Шпур	68	3	50	[Горизонтальная линия на уровне 50 минут, охватывающая часы 11-12, 19-20]																							
Проветривание	-	-	-	30	[Горизонтальная линия на уровне 30 минут, охватывающая часы 12-13, 23-24]																							
Приведение забоя в безопасное состояние	-	-	5	15	[Горизонтальная линия на уровне 15 минут, охватывающая часы 12-13, 23-24]																							
Уборка породы	Метр кубический	61,6	3	70	[Горизонтальная линия на уровне 70 минут, охватывающая часы 13-14, 24-1]																							
Возведение крепи	Рама	4	3; 6	285	[Горизонтальная линия на уровне 285 минут, охватывающая часы 13-14, 1-2]																							
Наращивание скребкового конвейера	Метр	2	2	100	[Горизонтальная линия на уровне 100 минут, охватывающая часы 8-9, 18-19, 6-7]																							
Наращивание труб вентиляции	- " -	2	2	10	[Горизонтальная линия на уровне 10 минут, охватывающая часы 9-10, 19-20]																							
Наращивание труб сжатого воздуха, воды	- " -	4	2	40	[Горизонтальная линия на уровне 40 минут, охватывающая часы 18-19, 5-6]																							
Устройство водоотводной канавки	- " -	2	1; 2	100	[Горизонтальная линия на уровне 100 минут, охватывающая часы 13-14, 1-2]																							

Примечание. Работы по укладке временного пути и переносу предохранительного барьера производят через четыре цикла с остановкой забоя на 1,5 ч.

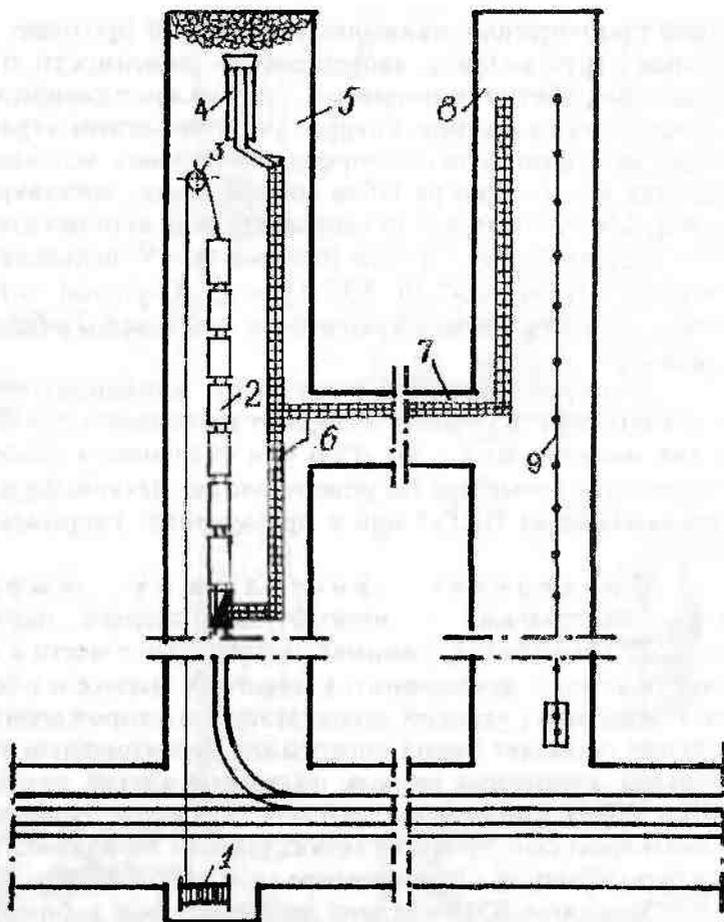


Рис.26. Схема размещения оборудования при проведении бремсберга снизу вверх

1 - подъемная лебедка; 2 - состав вагонеток; 3 - концевой шкив лебедки; 4 - погрузочная машина; 5 - бремсберг; 6 - скребковый конвейер; 7 - сбойка; 8 - ходок; 9 - монорельсовая дорога

тельно пробуренной скважины, по которой проходит обще-шахтная струя воздуха, запрещено. В зависимости от угла наклона выработки применяется то или иное серийное проходческое оборудование, которое по техническим характеристикам способно функционировать в данных условиях. На рудниках для откатки из забоя горной массы, доставки материалов, оборудования и механизации ряда вспомогательных работ в бремсбергах с углом наклона до 15° используют самоходные вагоны 4BC-10, 5BC-15 и др. Грузовой поток сосредоточивают в одной из выработок, чаще всего в бремсберге (рис.26).

Распорно-шагающее устройство комбайнового комплекса КН-5Н ("Кузбасс") позволяет проводить бремсберги с углами наклона до 35° по углу или смешанным забоем. На гидрошахтах бремсберг по углю проводят механогидравлическим комбайном ПКГ-3 или с применением гидромеханизации.

Проведение восстающих выработок. Восстающий - многофункциональная наклонная (более 35°) выработка - занимает значительное место в подготовке полезного ископаемого к очистной выемке и обеспечении нормальных условий эксплуатации месторождения. Восстающие проводят тремя способами: буровзрывным (с применением переносных полков, подвесных клетей, комплексов КПВ и КПН), взрыванием глубоких скважин и бурением. Основным способом проведения восстающих на рудниках является буровзрывной с применением комплексов КПВ и КПН.

Комплекс КПВ состоит из самоходной кабины, перемещающейся по монорельсу, который закреплен кисячему боку восстающего анкерами и наращивается по мере продвижения забоя (рис.27). Кабина имеет два яруса. В огражденном нижнем находятся проходчики во время подъема-опускания кабины. Верхний ярус представляет собой рабочую платформу с навесом для защиты проходчиков во время работы. На время взрывания и проветривания забоя кабину размещают в

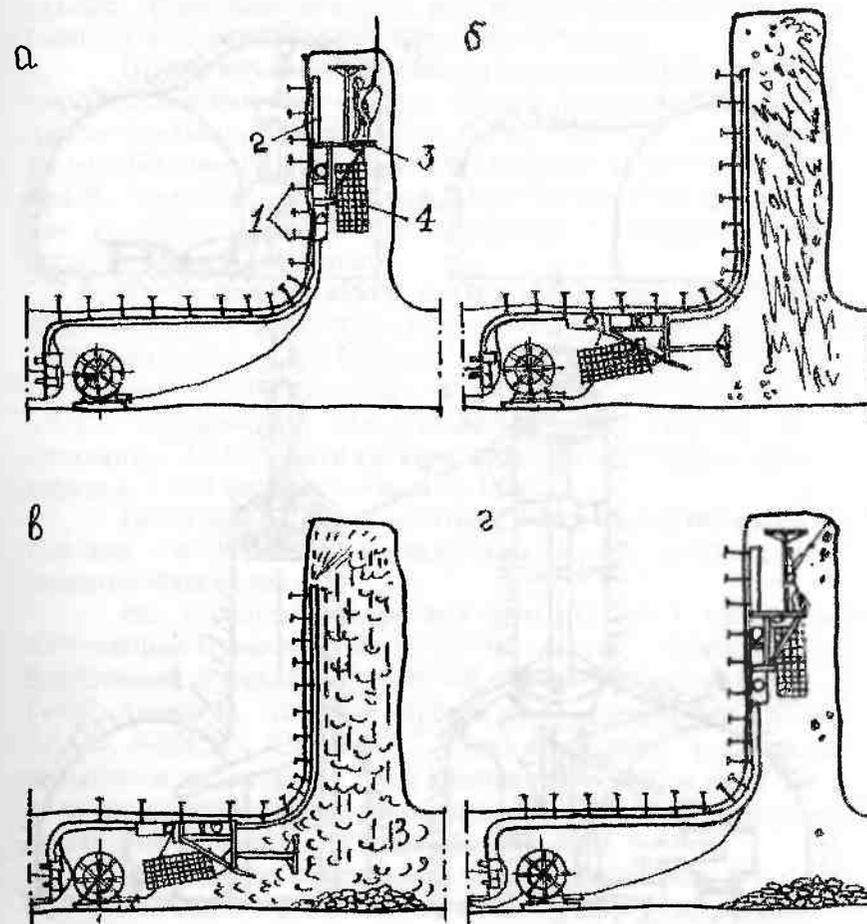


Рис.27. Цикл работ комплекса КПВ: а - бурение и зарядание шпуров; б - взрывание; в - проветривание; г - приведение забоя в безопасное состояние

1 - анкера; 2 - монорельс; 3 - рабочая платформа; 4 - самоходная кабина

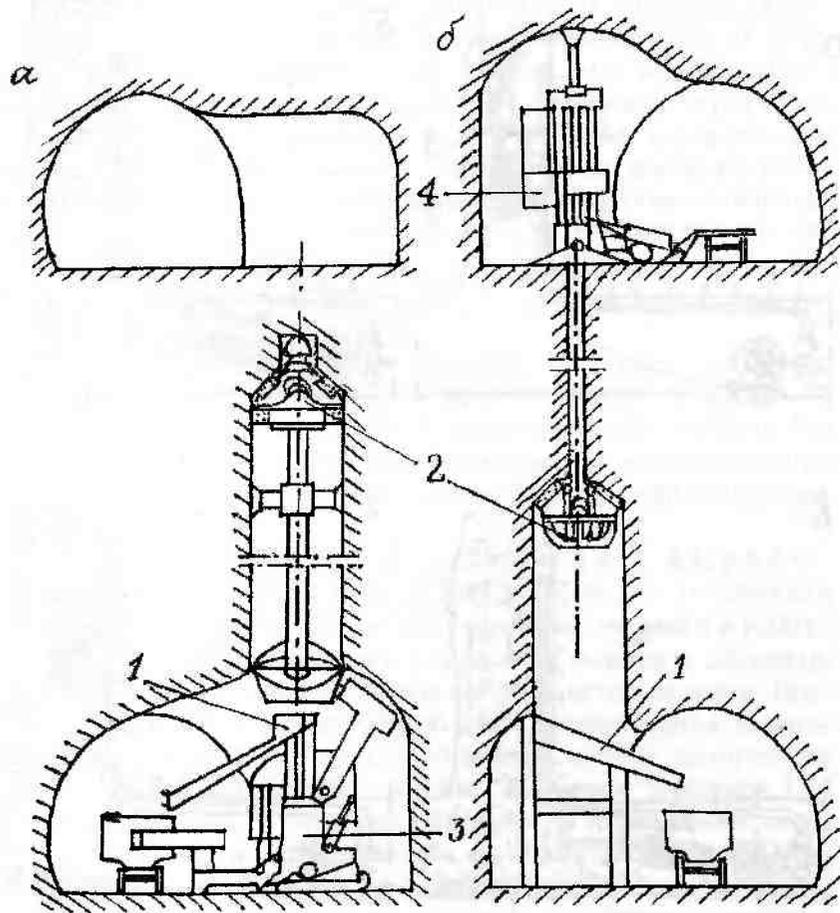


Рис. 28. Схемы проведения восстающих комбайнами 1КВ1 (а) и 2КВ (б)
 1 - шламаулавливающее устройство; 2 - рабочий инструмент; 3 - буровой станок

камере, устраиваемой в боку или кровле выработки нижнего горизонта до начала проведения восстающего.

Проветривание производят водовоздушной смесью по вмонтированным в монорельс трубам диаметром 35 мм. Возможна комбинированная схема проветривания с отсасыванием отработанного воздуха вентилятором местного проветривания. Большой удельный вес затрат времени на проветривание в проходческом цикле существенно снижает технико-экономические показатели.

Схему расположения шпуров составляют по правилам, принятым для горизонтальных выработок. Призматический, пирамидальный или клиновидный врубы располагают так, чтобы исключить повреждения монорельсов. Глубина шпуров 1,5-2 м, коэффициент заполнения врубовых шпуров 0,9-0,95, остальных 0,6-0,7; оптимальное время замедления в крепких породах 15-50 мс, пластичных 30-75 мс.

Постоянную крепь возводят вслед за подвиганием забоя или участками 5-10 м в зависимости от устойчивости породного обнажения.

Все большее распространение получает проведение восстающих бурением. На угольных шахтах это практически единственный механизированный способ проведения скатов, печей, гезенков. Бурение производят установками БГА-2, БГА-4, Б68КП, "Стрела-77". Для проведения восстающих выработок диаметром 1,5 м в направлении сверху вниз и снизу вверх в горно-рудной промышленности разработаны соответственно комбайны 2КВ и 1КВ1 (рис.28).

Проведение восстающих бурением комбайнами 1КВ1 и 2КВ повышает производительность труда проходчиков в 2-4 раза, по сравнению с комплексом КПВ, растет и безопасность ведения работ. Комбайны устанавливают в специально пройденную камеру на нижнем или верхнем горизонтах. Вначале по продольной оси восстающего бурят скважину диаметром 320 мм. Длина скважины зависит от крепости пород: 6-10 м в породах с $f < 10$, а в более крепких породах она равна длине восстающего. Затем скважину расширяют до диаметра

1,5 м в направлении, противоположном бурению передовой скважины.

Способ проведения восстающих взрыванием глубоких скважин отличается высокой производительностью, безопасностью работ, так как исключает присутствие людей в забое. По площади поперечного сечения на длину восстающего бурят скважины диаметром 100-150 мм. Различают секционный и бессекционный методы взрывания скважин. При секционном методе разрушение горного массива производят секциями (участками) длиной 2-10 м. При бессекционном взрывании заряд ВВ рассредоточивают по всей длине скважины и взрывают с замедлениями в восходящем порядке.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждин А.Г. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок: Справочник. М.: Недра, 1989. 571 с.
2. Справочник инженера-шахтостроителя / Под ред. В.В.Белого: М.: Недра, 1983. Т.1. 439 с. Т.2. 423 с.
3. Строительство стволов шахт и рудников: Справочник / Под ред. О.С.Докукина и Н.С.Болотских. М.: Недра, 1991. 516 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Объекты строительства. Терминология	3
2. Организация строительства горного предприятия	12
3. Строительство вертикальных стволов	19
3.1. Строительство устья и технологического отхода	21
3.2. Оснащение ствола для проведения	25
3.3. Технологические схемы проведения ствола	29
3.4. Проходческие процессы при сооружении стволов	35
4. Общие сведения о строительстве горизонтальных и наклонных выработок	44
5. Буровзрывная технология проведения горизонтальных выработок	47
6. Технологические схемы проведения штреков по неоднородным породам	68
7. Комбайновая технология проведения горизонтальных выработок	74
8. Строительство наклонных выработок	80
Рекомендательный библиографический список	92

*Анатолий Григорьевич ПРОТОСЕНЯ
Юрий Никифорович ОГОРОДНИКОВ
Валерий Иванович ОЧКУРОВ*

СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Учебное пособие

Редактор Л.А.Левина
Технический редактор Р.И.Кравцова
Корректор И.В.Неверова

Лицензия ЛР № 020355 от 30.12.96

Сдано в набор 27.03.97. Подписано к печати 01.12.97. Формат 60 x 84/16.
Бум. для копировальной техники. Печать офсетная. Усл.печ.л. 5,5.
Усл.кр.-отг. 5,5. Уч.-изд.л. 5. Тираж 200 экз. Заказ 402. С 85.

Санкт-Петербургский государственный горный институт им.Г.В.Плеханова
РИЦ Санкт-Петербургского государственного горного института
Адрес института и РИЦ: 199026 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2