

№ 2704

В.В. Мельник,
Н.И. Абрамкин,
В.Г. Виткалов

Подземная геотехнология

Основы технологии сооружения участковых
подземных горных выработок

Учебно-методическое пособие



№ 2704

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

Кафедра геотехнологий освоения недр

В.В. Мельник

Н.И. Абрамкин

В.Г. Виткалов

Подземная геотехнология

Основы технологии сооружения
участковых подземных горных выработок

Учебное пособие

Рекомендовано редакционно-издательским советом
университета



Москва 2016

УДК 622.273

М48

Рецензент

д-р техн. наук, проф. *В.А. Атрушкевич*

Мельник В.В.

М48 Подземная геотехнология : основы технологии сооружения участковых подземных горных выработок : учеб. пособие / В.В. Мельник, Н.И. Абрамкин, В.Г. Виткалов. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2016. – 93 с.

ISBN 978-5-87623-930-3

В учебном пособии представлены перспективные направления проведения участковых подземных горных выработок. Рассмотрены технологические основы проведения горных выработок, бурильные машины, типы проходческих комбайнов, породопогрузочных машин и комплексов. Изложены требования к крепежным материалам и конструкциям крепи, технологии и организации при проведении выработок. Уделено внимание проведению наклонных горных выработок. Приведены характеристики промышленных взрывчатых веществ (ВВ), способы и средства инициирования ВВ, расчеты параметров буровзрывных работ при проведении горных выработок. Материал представлен в доступной форме. Сделана попытка наиболее полно отразить характерные изменения, которые произошли в технике и технологии горного производства за последние годы.

Для студентов, обучающихся по специальности 130404 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» направление подготовки 21.05.04 «Горное дело».

УДК 622.273

ISBN 978-5-87623-930-3

© В.В. Мельник,
Н.И. Абрамкин,
В.Г. Виткалов, 2016
© НИТУ «МИСиС», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
1. Основные сведения о напряженно-деформированном состоянии горного массива	5
2. Понятие о горном давлении и определение его величины в выработках.....	7
3. Крезь горных выработок	13
3.1. Функции крепи горных выработок	13
3.2. Деревянная крепь	14
3.3. Арочная крепь	17
3.4. Смешанная крепь капитальных и подготовительных выработок.....	18
3.5. Монолитная бетонная и железобетонная крепь.....	20
3.6. Анкерная (штанговая) крепь	20
3.7. Набрызг-бетонная крепь	44
4. Технологические схемы проведения горных выработок	46
5. Форма и размеры поперечного сечения горных выработок	55
6. Проведение горизонтальных выработок в мягких породах	63
6.1. Проведение горных выработок проходческими комбайнами	63
6.2. Проведение горных выработок с помощью гидромеханизации	72
6.3. Технология сооружения широких подземных выработок мелкого заложения с использованием механизированных комплексов	75
7. Проведение наклонных горных выработок	80
7.1. Особенности проведения наклонных горных выработок	80
7.2. Проведение бремсбергов и ходков	81
7.3. Проведение уклонов и наклонных стволов	83
7.4. Проведение горных выработок в крепких однородных и неоднородных породах буровзрывным способом	86
Библиографический список.....	91

ПРЕДИСЛОВИЕ

Россия является одним из мировых лидеров по производству угля. В ее недрах сосредоточена треть мировых ресурсов угля и пятая часть разведанных запасов. Россия занимает второе место по запасам и пятое место по объему добычи угля.

В современных условиях подземной угледобычи полезных ископаемых важное место занимает своевременное проведение горных выработок для обеспечения бесперебойной работы горных предприятий и своевременной подготовки фронта очистных работ.

Данная стратегическая задача может быть реализована благодаря современным подходам к выбору инновационных способов и технологий проведения подземных горных выработок, новой идеологии проектирования, максимально сокращающей экономические, технологические и организационные риски, в частности путем внедрения передовых технологий проведения участковых подземных горных выработок различного назначения.

Определены направления повышения эффективности горного производства на основе перехода на высокопроизводительные технологические схемы подготовки и отработки запасов, выемочных полей и внедрения горнодобывающей технологии нового поколения.

В учебном пособии в доступной форме представлен материал, а также сделана попытка наиболее полно отразить характерные изменения, которые произошли в технике и технологии горного производства за последние годы.

Целью учебного пособия является изучение студентами понятий и определений горного производства. В основу учебного пособия положен опыт передовых горнодобывающих предприятий угольной промышленности. В систематизированном виде изложен материал, что позволяет студенту проще его усваивать и способствует формированию логического мышления.

Раздел 3 написан совместно с горным инженером А.И. Бухаником.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ ГОРНОГО МАССИВА

Породы, расположенные на небольшой глубине от поверхности земли, испытывают воздействия массы толщи вышерасположенных пород, когда в нетронутом массиве горных пород отсутствуют какие-либо перемещения частиц.

Начальное поле напряжений в нетронутом массиве характеризуется величиной и направлением главных напряжений.

Вертикальная составляющая напряжения σ_z на глубине H в элементарном кубике с ребром 1 см (рис. 1.1) равна

$$\sigma_z = \gamma H, \quad (1.1)$$

где γ – средневзвешенная плотность толщи пород, кН/м³;
 H – глубина от земной поверхности, м.

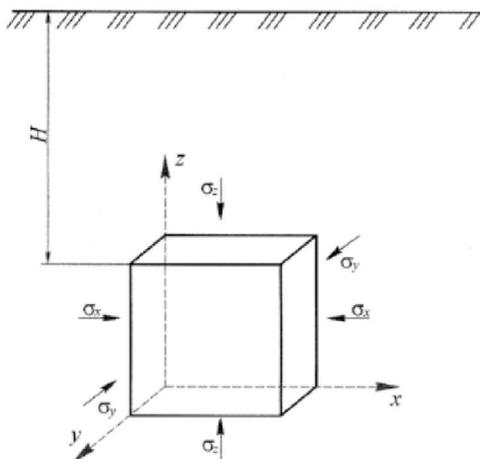


Рис. 1.1. Схема к определению напряжений в массиве пород

Горизонтальные составляющие напряжений в условиях всестороннего сжатия

$$\sigma_x = \sigma_y = \lambda \gamma H, \quad (1.2)$$

где λ – коэффициент бокового давления.

Крепость пород равна

$$f\lambda = \mu(1 - \mu), \quad (1.3)$$

где μ – коэффициент Пуассона, т.е. абсолютная величина отношения поперечной деформации к продольной; для большинства горных пород $\mu = 0,1-0,4$, в среднем $0,2-0,25$.

Следовательно, $\sigma_x = \sigma_y = 0,25\sigma_z$.

При отсутствии горных работ массив находится в состоянии напряженного равновесия. Физические процессы, происходящие в недрах при производстве горных работ, в том числе и при разработке месторождений, распространяются далеко в породы подстилающей толщи и особенно в породы покрывающей толщи, достигая часто земной поверхности.

При ведении горных работ ранее существующее равновесие нарушается. В массиве горных пород, окружающих горную выработку, происходят перераспределение и изменения напряжений.

В боках выработки сжимающие вертикальные напряжения увеличиваются по сравнению с напряжениями в нетронутом массиве. В результате концентрации напряжений горные породы вокруг выработки деформируются.

В крепких монолитных породах напряжения не превышают предел упругости данной породы и такие обнажения не требуют искусственного крепления.

Если напряжения превышают предел упругости данной породы, то обнажения становятся неустойчивыми, поэтому необходимо принимать меры против развития этих деформаций. Для поддержания выработок в этом случае необходимо возводить горную крепь. Она препятствует развитию деформаций в породах вокруг горной выработки, воспринимая на себя давление горных пород.

2. ПОНЯТИЕ О ГОРНОМ ДАВЛЕНИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ВЕЛИЧИНЫ В ВЫРАБОТКАХ

Горное давление — силы, возникающие в массиве, окружающем горную выработку.

Горное давление вокруг выработок связано с перераспределением напряжений при их проведении и зависит от геологических факторов (глубина разработок, физико-механические свойства горных пород, мощность и угол падения получаемых ископаемых) и горно-технических условий эксплуатации (форма, размеры, механическая характеристика крепи, скорость подвигания и время поддержания выработки).

В зависимости от этого горные выработки ведут себя по-разному. Нередко горные выработки существуют без крепи неопределенно долгое время и сохраняют свои формы и размеры не только десятки, но и сотни лет. До нашего времени существуют горные выработки, пройденные много тысяч лет назад, еще в эпоху неолита. Многочисленные естественные пещеры существуют десятки миллионов лет. Наряду с этим горные выработки часто теряют свою устойчивость вскоре после их проведения, срок их существования может определяться неделями и месяцами, иногда они могут нормально функционировать более или менее длительный период, деформируются весьма быстро.

Горное давление преобладает в виде различного рода сдвижений, деформаций и разрушений вмещающих пород и добываемого ископаемого. Окружающие горную выработку породы имеют ограниченную способность и могут деформироваться без разрушения в определенных пределах. Поэтому следствием сформировавшегося в результате проведения выработки нового напряженно-деформированного состояния могут быть процессы разрушения горных пород, что в свою очередь вызывает увеличение смещений породного контура. Таким образом, образование в породном массиве частично или полностью разрушенных областей пород является одной из форм проявления горного давления. На рис. 2.1 приведен пример, когда установленная крепь не выполняет свои функции и горная выработка оказывается полностью разрушенной.

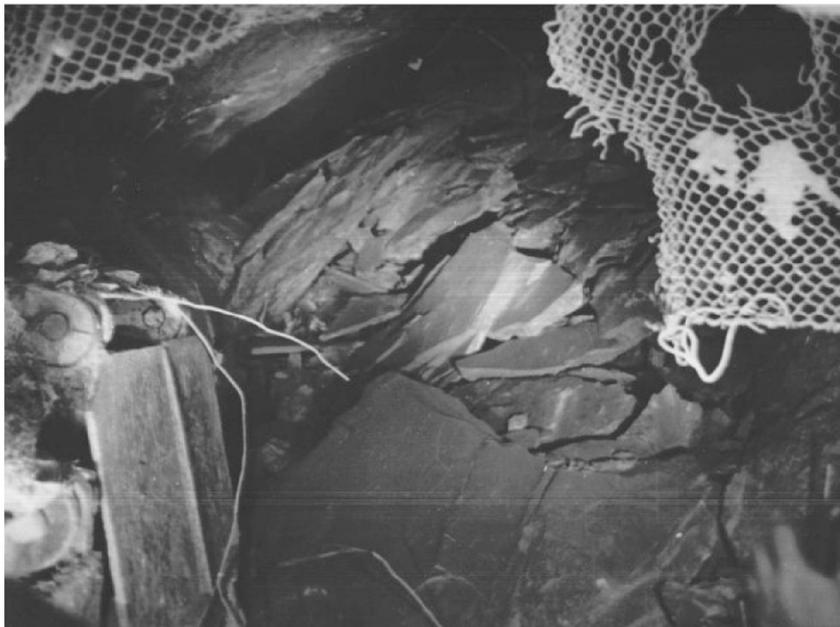


Рис. 2.1. Внешний вид разрушенной горной выработки

Существует несколько гипотез действия горного давления на крепь горных выработок. Одной из них является гипотеза свода обрушения, сформулированная проф. М.М. Протодяконовым. По этой гипотезе в породах над горизонтальной выработкой образуется свод естественного равновесия в форме параболы, который воспринимает давление вышележащих пород, на крепь же оказывает влияние лишь порода, заключенная внутри свода (рис. 2.2).

Высота свода определяется по формуле

$$b = a/f, \quad (2.1)$$

где a – половина ширины выработки в проходке, м;

f – коэффициент крепости пород по шкале Протодяконова.

Для выработок со сроком службы более одного года Протодяконов рекомендовал высоту свода определять по формуле

$$b = 2a/f. \quad (2.2)$$

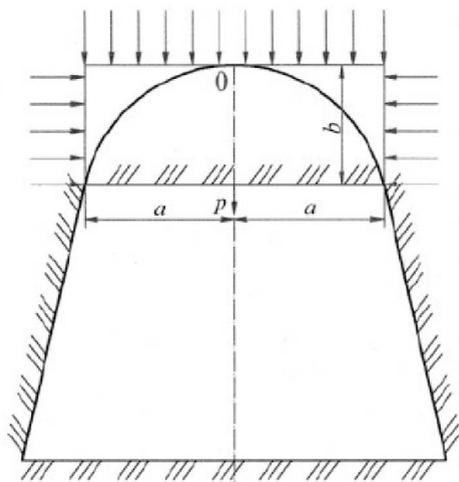


Рис. 2.2. Схема к определению горного давления на горизонтальную выработку

Вертикальное горное давление (p_b) равно массе породы, заключенной в своде, и определяется по формулам

- на 1 м длины выработки

$$p_b = \frac{4 a^2 \gamma_k}{3 f}, \quad (2.3)$$

- на одну крепежную раму

$$p'_b = \frac{4 a^2 \gamma_k l}{3 f}, \quad (2.4)$$

где γ_k – плотность пород кровли, т/м^3 ;

l – расстояние между крепежными рамами, м.

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

$$p_b = \frac{8 a^2 \gamma_k}{3 f}. \quad (2.5)$$

Как показывают многочисленные исследования, статистическая нагрузка на крепь и ее реакция связаны с ее податливостью, и в строгой постановке усилия в элементах крепи должны определяться в результате взаимодействия сложной механической системы «вмещающие породы – крепь».

Реальные крепи, применяемые в промышленности, имеют различные силовые эксплуатационно-технические характеристики. Задача усложняется еще и тем, что контуры сечений горных выработок при их проходке буровзрывным и даже комбайновым способом имеют ярко выраженные неровности, которые затрудняют возможность плотного, без зазоров, прилегания элементов крепи к породам. Практически крепь взаимодействует с вмещающей породой всего в нескольких точках – в месте расклинки, забутовки рам крепи и в опорах. Лишь монолитная бетонная в вертикальных и набрызг-бетонная в горизонтальных выработках крепи взаимодействуют с вмещающими породами по всему периметру. Поэтому в строгой постановке задача определения нагрузки на крепь горных выработок на основе ее взаимодействия с вмещающими породами, которые в свою очередь обладают весьма различными физико-механическими свойствами, далека от практического разрешения. К настоящему времени предложено более 25 формул для расчета высоты свода, учитывающих те или иные горные факторы. Форму свода принимают в основном параболического и эллиптического очертаний или близких к ним.

Описанная выше модификация теории свода основывалась на гипотезе формирования свода и получила наибольшее практическое развитие в трудах Протодяконова. Одной из предпосылок этой теории являлось равенство нулю горизонтальных напряжений в нетронутом массиве. Это предпосылка была снята проф. А.П. Широковым, что позволило обобщить теорию Протодяконова и для случая действия горизонтальных сжимающих напряжений.

Величина отжима горных пород зависит от соотношения $R_{отж} = \gamma H / \sigma_{сж}$ и может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Отрицательные значения соответствуют состоянию, когда сжимающие напряжения в боках выработки меньше прочности пород на сжатие. И наоборот, при положительных значениях породы под опорами свода деформируются и разрушаются, а сами опоры перемещаются в глубь массива.

Для выработок (рис. 2.3, а) прямоугольной и трапециевидной форм с плоским контуром кровли высота свода

$$b = (a + c) / (R_k f_k), \quad (2.6)$$

где c – зона разрушенных пород в приконтурной зоне;

R_k – коэффициент снижения прочности массива горных пород;
 f_k – коэффициент крепости образца пород кровли по шкале Протоальяконова.

Для выработок сводчатой и арочной форм (рис. 2.3, б) по сравнению с выработками с плоской кровлей расчетная высота свода обрушения должна быть уменьшена, так как часть пород в возможном своде обрушения (породы выше уровня пяты свода) фактически извлекается при проведении выработки. Таким образом, высота возможного свода обрушения в выработках арочной и сводчатой форм составляет

$$b_a = \frac{a + c_c}{k_k f_k} - \left(\frac{\delta}{4a} \right) h, \quad (2.7)$$

$$b_c = \left(\frac{R_{отж} \gamma H}{\sigma_{отж}} - 1 \right) h_c \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right), \quad (2.8)$$

где $h_c = h \left[1 - \frac{\delta}{4a} \right]$ – высота выработки арочной формы, формирующая свод обрушения;

δ – стрела подъема контура кровли выработки;

ρ – угол между бортом выработки и почвой.

Расчетная нагрузка на крепь со стороны кровли протяженной подготовительной выработки

$$\rho_k = 2\gamma_k ab. \quad (2.9)$$

Давление с боков выработки возникает при условии $c > 0$, т.е. при отжиме и обрушении массива пород в боках выработок.

Исходя из принципа расчета давления на подпорные стенки в строительной механике, боковая расчетная нагрузка на крепь горизонтальных выработок

$$\rho_6 = \left[\gamma_6 c \left(\frac{c}{2} + \frac{\gamma_k}{\gamma_6} b \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \rho}{2} \right) \right], \text{ при } c \leq h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \rho}{2}, \quad (2.10)$$

$$\rho_6 = \left[\gamma_6 c \left(\frac{h}{2} + \frac{\gamma_k}{\gamma_6} b \right) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \rho}{2} \right], \text{ при } c \geq h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \rho}{2} \quad (2.11)$$

где γ_k, γ_6 – плотность пород соответственно кровли и боковых пород (угля), т/м³.

Формулы (2.10) и (2.11) дают несколько завышенные значения нагрузок на крепь вследствие того, что вертикальная нагрузка на крепь по ширине выработки приравняется к максимальной, достигаемой в середине выработки под вершиной возможного свода обрушения, что идет в запас прочности крепи.

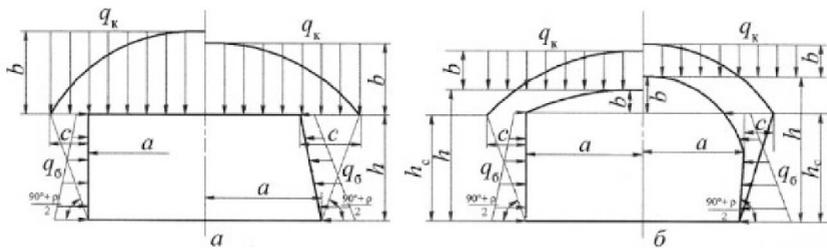


Рис. 2.3. Схема к расчету нагрузки на крепь горизонтальных подготовительных выработок по модифицированной теории свода сечений: a – прямоугольного и трапециевидного; \hat{b} – сводчатого и арочного

3. КРЕПЬ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

3.1. Функции крепи горных выработок

Горная крепь — искусственные сооружения, возводимые в выработках для предотвращения обрушения окружающих пород и сохранения необходимых площадей сечений выработок, а также для управления горным давлением.

Горная крепь должна удовлетворять следующим основным техническим и экономическим требованиям:

- быть прочной, устойчивой, долговечной, поддерживать выработку в рабочем и безопасном состоянии в течение всего срока ее службы;
- быть экономичной, т.е. чтобы сумма затрат на изготовление, доставку, возведение, эксплуатацию и ремонт была минимальной;
- не препятствовать выполнению производственных процессов при их эксплуатации;
- быть простой в изготовлении, транспортабельной, удобной для обслуживания, иметь устойчивую рабочую характеристику;
- не загромождать выработку, иметь минимальный коэффициент аэродинамического сопротивления, быть огнестойкой.

Горная крепь подразделяется:

- по основному материалу — на *деревянную, металлическую* (из стали, легких сплавов), *каменную* (из естественных и искусственных камней), *бетонную, железобетонную* (монолитную и сборную из отдельных элементов или блоков) и смешанную;
- по роду выработок — на крепь *капитальных, подготовительных и очистных, горизонтальных, наклонных и вертикальных* выработок;
- по сроку службы — на *временную и постоянную*;
- по форме — на *трапецевидную, прямоугольную, арочную, кольцевую, замкнутую и незамкнутую* по периметру выработки;
- по характеру работы — на *жесткую, податливую* (постоянного и нарастающего сопротивления), *шарнирную, комбинированную* (шарнирно-податливую).

Основное требование к крепи выработки заключается в том, что она должна контролировать смещения окружающих пород в такой степени, чтобы не ухудшались функции выработок (табл. 3.1.1).

Это положение можно интерпретировать по-разному в зависимости от использования выработки, срока ее эксплуатации и на-

Допустимые смещения для различных типов крепи

Крепь	Допустимое смещение, % высоты выработки по вертикали
Бетонитовая	<1
Анкерная	<2
Анкерная в комбинации с набрызг-бетонной крепью	3
Набрызг-бетонная	4
Квадратная или прямоугольная рамная	12
Жесткая арочная	25
Податливая арочная	40

пряжений, действию которых она будет подвергаться. К основным транспортным и вентиляционным выработкам в угольных шахтах предъявляются требования высокой степени их устойчивости и сопротивления смещениям.

Для подготовительных и особенно выемочных выработок, проведенных в слабых породах и подверженных действию высоких напряжений и большим смещениям, более реалистично конструировать крепь, которая скорее приспосабливается к смещениями пород, чем сопротивляется им. В данном случае крепи должны обладать достаточной податливостью, чтобы допускать большие смещения до разрушения, и в то же время сохранять свою основную функцию – поддержание кровли.

3.2. Деревянная крепь

Деревянную рамную крепь применяют только в подготовительных выработках со сроком службы не более 2–3 лет при установившемся горном давлении. К этой крепи относится трапециевидная неполная (рис. 3.2.1, *а*), полная (рис. 3.2.1, *б*) и усиленная крепь на продольных лежнях (рис. 3.2.1, *в*). Рамы устанавливают перпендикулярно к продольной оси выработки на расстоянии 0,5...1 м друг от друга (вразбежку). Если окружающие выработку породы малоустойчивы, то рамы ставят вплотную друг к другу (всплошную).

В горизонтальных выработках основным видом крепи является крепежная рама, состоящая из верхняка 1 и двух стоек 2 (рис. 3.2.2). Наибольшее распространение имеют рамы трапециевидной формы с углом наклона 80...85°. Рамы устанавливают параллельно друг к другу на прямолинейных участках выработки и перпендикулярно к ее продольной оси. При значительном горном давлении рамы уста-

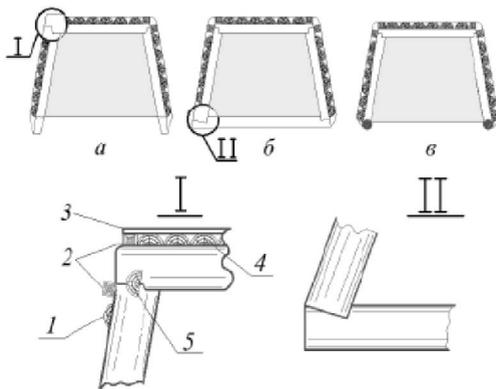


Рис. 3.2.1. Деревянные крепежные рамы:
а – неполная; *б* – полная; *в* – на продольных лежнях; *1* – затяжка бока
 выработки; *2* – клинья; *3* – поясок; *4* – затяжка кровли; *5* – межрамная
 распорка; I, II – замки

навливают сплошную, при умеренном – вразбежку на расстоянии 0,5...1 м одну от другой. Замок, соединяющий стойку и верхняк, не имеет жесткости, поэтому в местах соединения раму расклинивают деревянными клиньями *3*.

В боках в зависимости от устойчивости пород применяют сплошную затяжку *4* или вразбежку. Для обеспечения податливости крепи в крепких породах конец стойки заостряют «под карандаш» или в виде клина. Под действием горного давления происходит смятие конца стойки и частичное внедрение в породу, которая находится в лунке.

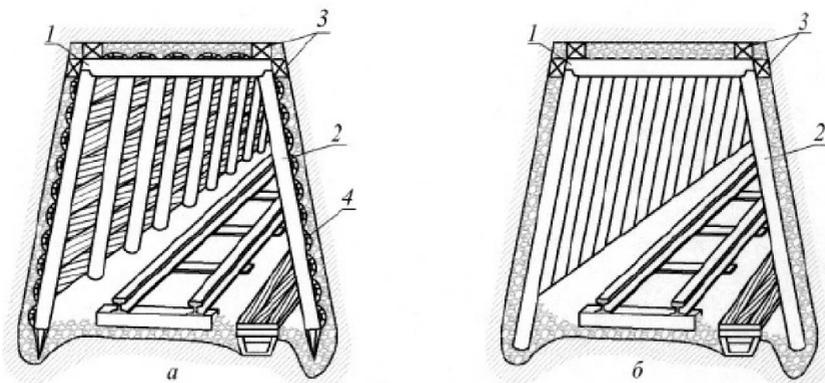


Рис. 3.2.2. Выработки, закрепленные вразбежку (*а*) и сплошную (*б*) деревянными
 неполными крепежными рамами трапециевидной формы

Места соединения частей крепежной рамы называют замками, которые выполняются в виде врубок. Наибольшее распространение получил вид врубки в лапу (рис. 3.2.3). Плоскости врубок должны быть по возможности перпендикулярны к действующим усилиям и плотно соприкасаться друг с другом.

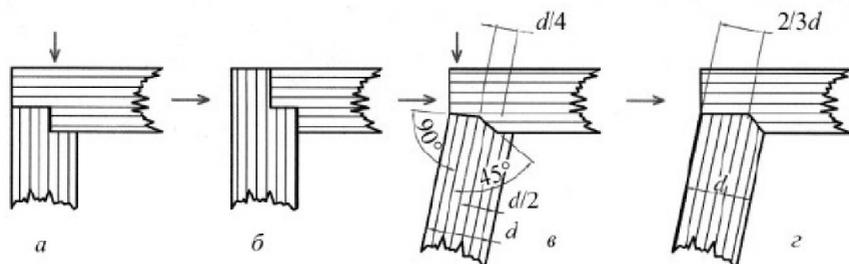


Рис. 3.2.3. Различные виды соединений в лапу при давлении сверху (а), сбоку (б), сверху и сбоку (в, г)

К **достоинствам** деревянной крепи относится низкая стоимость, простая конструкция, возможность изготовления непосредственно в забое, легкость возведения. Она может быть приспособлена ко всем формам выработок.

Рамы деревянной крепи изготавливаются из круглого леса диаметром 15...30 см. В качестве крепежного материала используют определенные сорта древесины — хвойных, меньше — лиственных пород. Межрамное пространство перекрывают затяжками, для этого используют доски, металлическую сетку, тканевые материалы. Затяжки по контуру рам устанавливают сплошную (по кровле) или вразбежку (по бокам).

Податливость рам деревянной крепи обеспечивается за счет вдавливания стоек в почву выработки, и смятия дерева. При наличии в почве выработки крепких пород нижние концы стоек заостряют в виде конуса или клина.

При повышенном горном давлении, когда обыкновенные крепежные рамы оказываются недостаточно прочными, применяют усиленные рамы. Существуют самые разнообразные конструкции усиления. Верхняк усиливают с помощью дополнительной стойки.

Стойки с верхняком и лежнем основных рам, а также элементы крепи усиления соединяют специальными замками. Клинья при расклинивании рам забивают в районе соединительных замков.

Разрезные печи, сбойки, просеки и другие выработки, проводимые по пласту, крепят рамами из двух стоек под распил.

Из деревянных конструкций наиболее распространена трапециевидная крепь. В отдельных случаях используют прямоугольную, кольцевую и полигональную. Кольцевая и полигональная крепи применяются в условиях усиленного всестороннего горного давления при наличии пучащих пород.

К **недостаткам** деревянной крепи относится ее подверженность гниению и поэтому требуются расходы на поддержание. При извлечении деревянная крепь редко бывает пригодной для повторного использования. Она воспламенима, поэтому может применяться только для крепления эксплуатационных горных выработок и как временная крепь с незначительным сроком службы.

3.3. Арочная крепь

Арочная крепь – рамная крепь, состоящая из отдельных крепленых арок (металлических, железобетонных, смешанных), устанавливаемых перпендикулярно продольной оси горной выработки на некотором расстоянии одна от другой. Промежутки между арками, кровлей и боками выработки перекрываются затяжками. Расстояние между арками обычно 0,5...1,25 м. Арочная крепь предназначена для крепления горизонтальных и наклонных горных выработок при незначительном пучении пород почвы.

Конструктивно арка трехзвенной крепи АП-3 (рис. 3.3.1, а) состоит из верхняка и боковых стоек. Верхняк арки соединяется со стойками с помощью хомутов, обеспечивающих конструктивную податливость крепи по высоте (рис. 3.3.1, б). Каждая арка соединяется с соседней тремя стяжками (распорками) из угловой стали.

Арочная податливая крепь рекомендуется для выработок, проводимых в породах с $f=3-9$, и предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 30°) одно- и двухпутных горных выработок.

Типовые сечения горных выработок, закрепленные металлической арочной трехзвенной крепью, рекомендуется применять в выработках, находящихся как вне зоны влияния очистных работ, так и в зоне влияния очистных работ, где вертикальные смещения не превышают 300 мм.

Пятизвенную крепь рекомендуется применять в выработках, предполагаемых в зоне влияния очистных работ, где вертикальные смещения больше 300 мм. Допустимая податливость арочной крепи по высоте приведена в табл. 3.3.1.

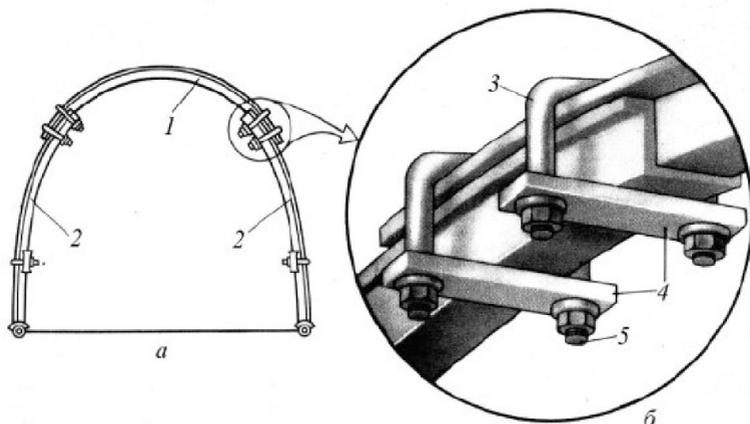


Рис. 3.3.1. Арка податливой крепи (а) с двумя податливыми узлами (б):
 1 – верхний сегмент; 2 – боковая криволинейная стойка;
 3 – скоба; 4 – планка; 5 – болт

Таблица 3.3.1

Допустимая податливость арочной крепи

Крепь	Допускаемая податливость по высоте, мм
Трехзвенная АП-3	300
Пятизвенная АП-5 с податливостью 300 мм	600
Пятизвенная АП-5 с податливостью 500 мм	800
Пятизвенная АП-5 с податливостью 700 мм	1000

3.4. Смешанная крепь капитальных и подготовительных выработок

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

Смешанная рамная крепь конструкции ДонУГИ (рис. 3.4.1) состоит из двух железобетонных стоек 2 с наружным диаметром 200 мм и верхняка 1 из спецпрофиля СВП-14, СВП-17, СВП-19, СВП-22. Шарнирно-подвесной верхняк 1 соединяют со стойкой при помощи обхвата 3 и скобы 4.

Смешанная рамная крепь конструкции ИГД им. А.А. Скочинского бывает жесткой и податливой. Трапецевидные рамы крепи состоят из двух железобетонных пустотелых стоек прямоугольного сечения и металлических верхняков из спецпрофиля или двутавровых балок, аналогичных по конструкции крепи ДонУГИ.

Смешанная крепь из железобетонных трубчатых стоек и металлических верхняков (см. рис. 3.4.1) применяется в выработках с большим сроком службы, пройденных в устойчивых и средней устойчивости горных породах при отсутствии значительного бокового давления и пучения почвы. Смешанная крепь из жестких стоек и двутавровых верхняков применяется в выработках с установившимся горным давлением.

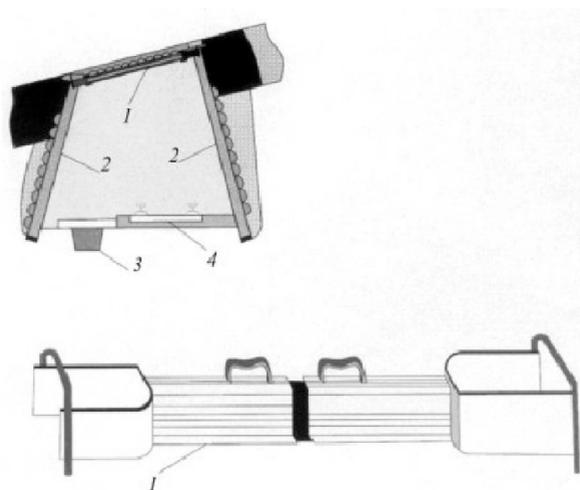


Рис. 3.4.1. Смешанная рамная крепь конструкции ДонУГИ:
1 – двутавровый верхняк; 2 – железобетонные ножки;
3 – водоотливная канавка; 4 – рельсовый путь

Комбинированная анкер-металлическая крепь КузНИИшахтостроения предназначена для применения в горизонтальных и наклонных одно- и двухпутных выработках, находящихся в зоне влияния очистных работ. Данная крепь представляет собой сочетание анкерной крепи с металлической арочной крепью из спецпрофиля (рис. 3.4.2). Анкеры устанавливаются в кровле и боках выработки в промежутках между арками в один ряд в плоскости, параллельной плоскости арок. Для совместной работы анкеров и арок применяются межрамные стяжки из

стальной полосы, которые крепятся болтами к анкерам, и таким образом металлические арки «пришиваются» к породе.

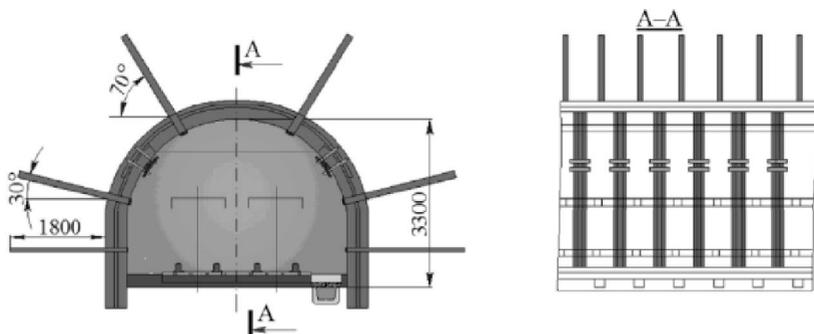


Рис. 3.4.2. Комбинированная анкер-металлическая крепь

3.5. Монолитная бетонная и железобетонная крепь

Бетонная крепь применяется для крепления капитальных горизонтальных горных выработок с большим сроком службы и находящихся вне зоны влияния очистных работ (выработки околоствольных дворов, квершлагги, магистральные штреки в пределах околоствольных целиков).

В зависимости от горно-геологических условий для крепления горных выработок применяются:

- бетонная крепь с вертикальными стенами и сводчатым перекрытием (рис. 3.5.1, *a*) для пород крепостью $f=3-9$;
- бетонная крепь с вертикальными стенами, сводчатым перекрытием и обратным бетонным сводом (рис. 3.5.1, *б*) для пород крепостью $f=1-2$.

Железобетонная крепь в горно-рудной промышленности нашла широкое применение при креплении капитальных горных выработок с длительным сроком службы. На рис. 3.5.2 показан наклонный конвейерный ствол шахты «Распадская», закрепленный железобетонной крепью.

3.6. Анкерная (штанговая) крепь

Успешное решение задач повышения эффективности угледобывающей отрасли в значительной мере зависит от уровня технологии

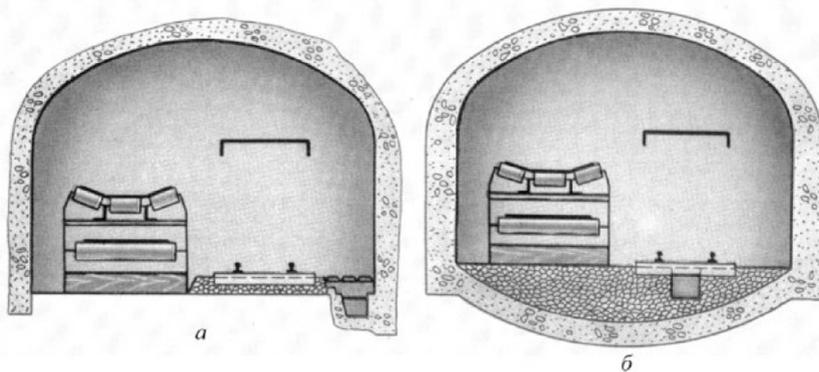


Рис. 3.5.1. Бетонная крепь с вертикальными стенами и сводчатым перекрытием (а) и с обратным сводом (б)



Рис. 3.5.2. Наклонный конвейерный ствол шахты «Распадская» длиной 1265 м, закрепленный железобетонной крепью

и технического совершенства горно-подготовительных работ. Научным и практическим опытом установлена низкая эффективность всех видов арочных и рамных крепей без предварительного распора: эти виды крепей не несут предварительной нагрузки, являются защитными, не упрочняют свод выработки, трудоемки в установке и имеют по эффективности ограниченную область применения. Более того, временной фактор увеличивает свод выработки, снижает устойчивость крепи и осложняет работу механизированных крепей при добыче угля. В целом применение этих видов крепей исключает

возможность использования поточной технологии проведения горных выработок.

Одним из путей решения важной народно-хозяйственной задачи в горнодобывающей промышленности и в подземном строительстве является более широкое внедрение прогрессивной и экономически выгодной для крепления горных выработок анкерной крепи, позволяющей по сравнению с массивной рамной в несколько раз снизить материалоемкость и повысить устойчивость выработок.

На современных угольных шахтах анкерная крепь постепенно вытесняет другие виды крепления горных выработок, и особенно эффективно ее применение в выработках большого сечения, а также тогда, когда приводные станции лавных конвейеров располагаются на штреке. Она относится к крепям бесподпорного типа и по сравнению с традиционными рамными конструкциями имеет следующие достоинства:

- требует меньшего расхода крепежных материалов;
- позволяет полностью механизировать процесс крепления горных выработок;
- дает возможность уменьшить сечение горной выработки и ее аэродинамическое сопротивление;
- повышает безопасность ведения горных работ и может использоваться как временная.

Анкерная (штанговая) крепь — система закрепленных в скважинах (шпурах) металлических (распорных, клинощелевых, винтовых, с закреплением химическими растворами и быстротвердеющими смесями на цементной основе), железобетонных, деревянных или полимерных анкеров (штанг), расположенных определенным образом в кровле и в боках выработки и предназначенных вместе с поддерживающими элементами (опорными шайбами или подхватами) для упрочнения массива пород и повышения устойчивости.

Основные функции анкерных крепей:

- пристегивание слоистых пород в кровле выработки к более прочным породам;
- скрепление слоистых пород в единую грузонесущую конструкцию;
- повышение сопротивления изгибу и силам трения между слоями пород;
- восприятие растягивающих напряжений в кровле выработок.

Часто эти функции выполняются одновременно, обеспечивая надежную защиту горной выработки от различных факторов горного давления.

По условиям применения и принципа взаимодействия крепи с массивом пород выделяют три основные схемы анкерования.

Наиболее распространенная первая схема (метод «сшивки»), заключается в следующем (рис. 3.6.1). Концы анкеров (распорных и клинощелевых), как правило, закрепляются в более крепких и устойчивых породах, в слабых породах стержни закрепляются по длине скважины быстрохватывающимися химическими растворами и смесями на цементной основе. При натяжении анкеров слои пород прижимаются друг к другу и образуют устойчивую, монолитную толщу. Слоистые породы, скрепленные анкерами, работают как единая балка.

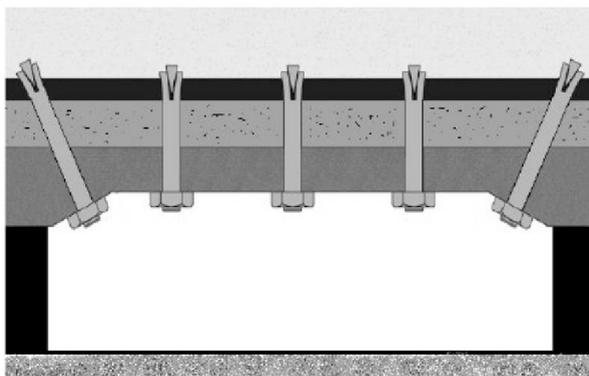


Рис. 3.6.1. Схема «сшивания» анкерной крепью пород горных выработок

При второй схеме (методе «подшивки») слоистые породы в кровле выработки подшиваются анкерами к прочным породам основной кровли. Концы анкеров закрепляются в крепких породах и должны выдерживать массу всей пачки пород непосредственной кровли.

Основные принципы классификации анкерной крепи и условий ее применения достаточно подробно изложены во многих работах, поэтому на первом этапе ознакомления рассмотрим только наиболее существенные классификационные признаки анкерной крепи, получившие всеобщее признание.

В мировой горной практике различают *индивидуальные* и *комплектные* анкерные крепи. Индивидуальная анкерная крепь включает установление в выработке анкеров, не имеющих друг с другом меха-

нических связей. Комплектная анкерная крепь содержит поддерживающий кровлю элемент в виде каната, полосы, уголка, швеллера и т.п., который связывает два или несколько анкеров в единое целое.

По назначению различают *временную* и *постоянную* анкерную крепь. Временная анкерная крепь, как правило, устанавливается в забое проводимой выработки, в дальнейшем не извлекается и зачастую служит не принимаемым в расчет составным грузонесущим элементом постоянной крепи, возводимой с отставанием от забоя. Постоянная анкерная крепь, возводимая в забое или с отставанием от него, применяется самостоятельно и в комбинации с набрызг-бетонной или рамной крепями.

По принципу действия анкеры делят на *активные* и *пассивные*. Активные анкеры устанавливают в скважинах с предварительным натяжением стержня, что повышает сопротивляемость закрепленного массива прогибу и смещению отдельных слоев относительно друг друга. С повышением предварительного натяжения анкера возрастает устойчивость выработки за счет увеличения сил трения между плоскостями раздела горных пород. Возведение пассивных анкеров производится без предварительного натяжения стержня, в результате чего требуется их более плотная установка по сравнению с активными анкерами. Типичными представителями пассивных анкеров являются железобетонные, взрывчатые, армополимерные и другие анкеры, закрепляемые по всей длине скважины.

По характеру работы различают *жесткие*, *податливые* и *ограниченно-податливые* анкеры. Податливые анкеры способны удлиняться на 500...700 мм за счет телескопического устройства или растяжения стержня, выполненного из аустенитной стали. Ограниченно-податливые анкеры в отличие от податливых удлиняются только на 60...140 мм.

По материалу стержня выделяют деревянные, бамбуковые, металлические, (железобетонные) и полимерные анкеры, а по конструктивному исполнению — канатные, трубчатые, стержневые, комбинированные и стренговые (многопрутковые) анкеры.

Анкерная крепь представляет собой систему закрепленных в скважинах анкеров, расположенных определенным образом по периметру выработки в окружающих ее породах и предназначенных вместе с поддерживающими элементами (верхняки, затяжка) для упрочнения массива пород и повышения устойчивости его обнажений благодаря скреплению различных по прочности слоев или

структурных блоков. Анкерную крепь, в отличие от поддерживающей рамкой крепи, возводят предварительно напряженной в скважине по всей длине, что предотвращает нарушение сплошности породы и сохраняет ее естественную связанность.

Одним из необходимых условий применения анкерной крепи является надежная ее работа в эксплуатации, критерием которой служит несущая способность, определяемая прочностью закрепления ее в скважине.

Прочность закрепления анкера той или иной конструкции в зависимости от крепости пород определяется экспериментальным путем извлечения закрепленного анкера из скважины специальными приборами.

Наиболее распространенными условиями работы анкерной крепи в подготовительных выработках является необходимость подшивания непосредственной кровли анкерами к породам основной кровли, причем замки анкеров заглубляют в устойчивую зону массива не менее чем на 0,3...0,4 м.

Анкерные крепи по характеру закрепления в породах делятся на две группы: 1) с закреплением в донной части скважины (анкеры с замковым закреплением); 2) с закреплением по всей длине скважины или значительной ее части (анкеры с закреплением химическими или цементными смесями, винтовые анкеры с закреплением энергией взрыва ВВ и др.).

Анкерной крепью можно крепить горные выработки различного назначения, формы, поперечного сечения и срока службы. При этом каждую ее конструкцию необходимо применять с учетом конкретных горно-геологических и горно-технических условий.

Анкерную крепь не рекомендуется применять в зонах геологических нарушений, сильно перемятых пород и карстовых размывов, в слабых глинистых, в сыпучих и плавучих породах, обладающих способностью к большим пластическим деформациям.

Анкерную крепь для крепления горных выработок можно применять для следующих горно-геологических условий.

1. *В качестве самостоятельной (постоянной).* Постоянная крепь предназначается для поддержания выработок в течение всего срока их службы. В этом случае выработки крепят независимо от мощности и угла залегания пласта, устойчивости кровли и ее обводнённости.

2. *В сочетании с рамными крепями и с дополнительными стойками* (главным образом посередине выработки), если ожидаемые смеще-

ния контура выработки превышают безопасную величину. Эту крепь можно применять в сочетании со сплошными крепями (монолитная бетонная, набрызг-бетонная и тюбинговая). Анкерная крепь в сочетании с рамными крепями применяется в случаях, когда горно-геологические условия не позволяют применять ее самостоятельно.

3. *В качестве временной* при проведении подготовительных выработок, крепление которых производится рамной или сплошной крепью с отставанием от забоя.

Назначением временной предохранительной крепи является поддержание призабойной части подготовительной выработки в безопасном состоянии до установки постоянной крепи. Установленная анкерная крепь как временная в дальнейшем работает в качестве постоянной в сочетании с рамной и другими крепями.

4. *В качестве меры для предотвращения пучения пород почвы в подготовительных выработках.* Крепление пучащих почв выработок не предотвращает полностью этот процесс, но значительно его замедляет, что увеличивает сроки подделки пород почвы в этих выработках и удешевляет стоимость их поддержания.

5. *Для вспомогательных целей* – для укрепления шахтного оборудования (маневровых и скреперных лебедок, приводных и натяжных головок конвейеров), для подвески к кровле выработок ленточных конвейеров, кабелей, трубопроводов, монорельсовых и канатных дорог, для ремонта выработок с нарушенной крепью и усиления последней.

Специфические особенности анкерной крепи позволяют применять ее в широком диапазоне горно-технических условий для крепления горных выработок различного назначения.

Металлический анкер – стальной стержень диаметром 0,02...0,025 м, длиной 0,6...3 м с распорной гайкой на одном конце для закрепления в шпуре и резьбой и гайкой на другом для закрепления подхвата или шайбы и натяжения анкера (рис. 3.6.2).

На рис. 3.6.3, *а, б, в* показаны распорные анкеры, изготавливаемые на предприятиях Кузбасса в объеме 1,6...1,8 млн штук в год. Указанные конструкции анкеров применяются на шахтах Кузбасса, Восточной Сибири, Приморского края и о. Сахалин. Они состоят из стержня с выштампованной головкой на одном и резьбой на другом конце, двух полувтулок с рифленой наружной поверхностью шайбы и гайки. Замковая часть стержня анкера ШК-1м выполнена в виде клиноконической головки, на которую перед установкой крепи на-

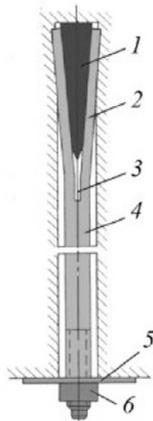


Рис. 3.6.2. Схема анкера с клинощелевым замком:
 1 – клин; 2 – ус; 3 – щель; 4 – стержень анкера; 5 – опорная плита (шайба); 6 – гайка

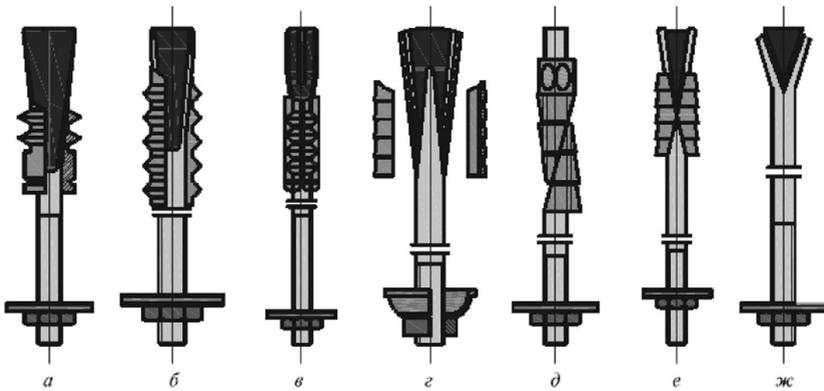


Рис. 3.6.3. Конструкции применяемых металлических замковых анкеров:
 а – ШК-1м; б – АК-8у; в – АКМ; г – ЭС-2Э; д – АД-1; е – АП-2м;
 ж – клинощелевого типа

саживают полувтулки, имеющие с внутренней стороны желоб с посадочным гнездом, а с наружной – два полукольцевых треугольных выступа и полукольцевую проточку.

В отличие от ШК-1м клиноконическая головка анкера АК-8у и АКМ заканчивается уширением плоскоцилиндрической формы поперечного сечения, что позволяет повысить усилие распора замка в сравнительно слабых горных породах. Анкер АКМ имеет в замковой

части стержня два продольных паза, обеспечивающих увеличение площади контакта стержня с полувтулками и повышение усилий распора замка.

Предварительное закрепление анкера в скважине производится с помощью установочной трубы. С этой целью на стержень анкера насаживают обе полувтулки, помещают стержень в трубу так, чтобы полувтулки уперлись в ее торец, вводят анкер с трубой в скважину и перемещают его до упора в забой скважины, далее наносят ручным инструментом удары по наружному концу трубы и извлекают трубу из скважины. При нанесении ударов по трубе полувтулки, получая осевое перемещение, заклинивают стержень. Окончательное закрепление анкера осуществляется путем затяжки гайки с осевым усилием 20...30 кН. В табл. 3.6.1 приведена техническая характеристика вышеперечисленных анкеров.

Таблица 3.6.1

Техническая характеристика анкеров

Показатели	ШК-1м	АК-8у	АКМ
Диаметр скважины, мм	43	43	30
Диаметр стержня, мм	20	20	16
Поперечные размеры замка, мм: в исходном положении в рабочем положении	40×40 40×54	38×40 38×56	26×28 26×38
Конструктивная податливость, мм	До 80	До 80	До 70
Прочность на сжатие закрепляемых углей, МПа, не менее	8	8	10
Прочность на сжатие закрепляемых пород, МПа, не менее	30	30	30
Несущая способность, кН	25...120	35...120	40...96
Масса, кг	3,9...6,4	3,8...6,3	2,1...4,4

На рис. 3.6.4 показан анкер ЭС-2Э, применяемый на сланцевых и угольных шахтах отдельных районов страны. Он состоит из стержня диаметром 20 мм, двух полувтулок с рифленой наружной поверхностью в виде треугольных выступов, сферической шайбы и квадратной гайки. Стержень анкера имеет на одном конце выштампованную головку с тремя гофрированными выступами, облегчающими извлечение крепи из скважины, а на другом – резьбу на длине 150 мм.

Отличительной особенностью анкера АД-1 конструкции ДонУГИ является наличие на стержне в замковой части двух кли-

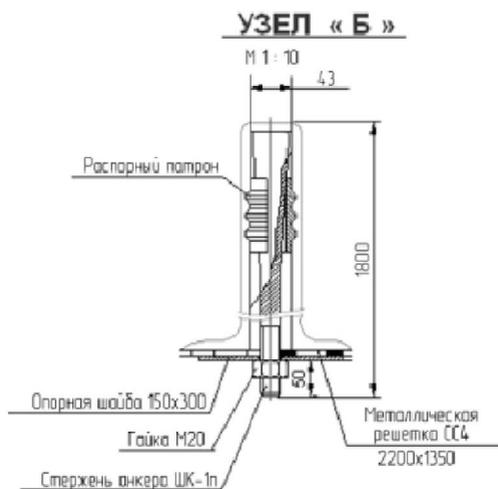


Рис. 3.6.4. Анкер ЭС-2Э

ньев: верхнего и нижнего. К верхнему клину приварена гайка. Перед вводом анкера в скважину клин с помощью гайки навинчивается на стержень, а другой клин присоединяют к стержню и придерживают установочной трубой. После предварительного закрепления анкера в скважине надевается опорная плита и навинчивается гайка. Анкер может использоваться повторно путем вывинчивания стержня из гайки верхнего клина.

Анкер АП-2м конструкции Кузнецкого научно-исследовательского угольного института (КНИУИ) состоит из стержня длиной 17 мм, в прорезь которого вставлен и приварен клин, за счет чего образуется клиноконическая головка, на которую для закрепления анкера в скважине установочной трубой надеваются полувтулки, удерживаемые на анкере монтажным кольцом. На выступающий из скважины конец стержня анкера устанавливается шайба и навинчивается гайка.

Наружная поверхность ребристых полумуфт выполнена в виде елочки, обладающей уменьшенным встречным углом, образуемым ребрами полумуфт со стенками скважины, что облегчает ввод анкера в скважину и обеспечивает достаточно высокое первоначальное закрепление замка. Выступающий по обе стороны стержня анкера клин на 5 мм исключает проворачивание распирающего устройства внутри ребристых полумуфт, что обеспечивает надежную и высокую работоспособность распорного замка.

Клинощелевые анкеры применяются обычно в породах с $f = 5-8$. Анкер состоит из стержня, имеющего с одной стороны прорезь шириной 3...5 мм для клина, а с другой – резьбу для натяжной гайки. Размеры замка анкера подбираются таким образом, чтобы обеспечить внедрение усов в стенки скважины с одной стороны на 5...7 мм.

Возросшие объемы строительства подземных сооружений в сложных геологических условиях потребовали разработки более технологичной и экономичной временной крепи, обеспечивающей безопасное ведение горнопроходческих работ. Исследования в этом направлении привели к созданию **сталеполимерных анкеров**. Этот вид анкерной крепи отличается от известных решений использованием для закрепления армирующего стержня в породе высокопрочных быстротвердеющих составов на основе смол органического и минерального происхождения. В практике, в основном, получили распространение составы на основе синтетических термореактивных смол, таких как эпоксидные, полиэфирные, мочевино-формальдегидные, полиуретановые и др.

Сталеполимерные анкеры способны практически мгновенно после установки вступать в активную работу с массивом и обеспечивать высокую несущую способность даже в трещиноватых весьма обводненных породах.

Крепь из сталеполимерных анкеров, как показал многолетний опыт ее применения, особенно эффективна в слабоустойчивых породах (допустимое время обнажения породы не более 6 ч), трещиноватых и весьма обводненных, а также в случаях скоростного ведения горнопроходческих работ.

Практика эксплуатации выработок, закрепленных анкерной сталеполимерной крепью, показала, что надежность и устойчивость выработки тем выше, чем меньше разрыв во времени между обнажением пород и установкой крепи. Этот временной интервал определяется скоростью двух основных технологических факторов – бурения шпуров и установки анкеров, а также качеством перемешивания полимерного состава и заполнения им шпура.

Устанавливать сталеполимерные анкеры возможно как широко известным инъекционным способом, так и сравнительно новым натренированным методом.

В первом случае сталеполимерные анкеры устанавливают аналогично железобетонным – в скважину (шпур) под избыточным давле-

нием вводят связующий состав, а затем размещают в ней армирующий стержень.

Натренированный метод включает введение в скважину связующего состава в специальных двухкамерных ампулах и вращение армирующего стержня при подаче в скважину для разрушения оболочек ампул и смешивания компонентов связующего состава. Этот метод устраняет мокрые процессы, связанные с приготовлением в забое связующего состава и его нагнетанием в скважину, повышает надежность технологических процессов, сокращает почти вдвое трудозатраты на крепление.

Металлические стержни, обычно из периодического профиля диаметром 0,018...0,025 м с резьбой и гайкой на одном конце, закрепляются по длине скважины химическими растворами (рис. 3.6.5).

Процесс установки сталеполимерных анкеров сводится к следующему: в шпур вводят 3–4 ампулы, затем в нем размещают армирующий стержень диаметром 14...18 мм, который приводят во вращение с помощью пневмосверла. Вращение армирующего стержня в шпуре производят в течение 30...45 с. За это время оболочки ампул, помещенные в шпур, полностью разрушаются, а компоненты связующего состава смешиваются. Вытекание связующего состава из восходящих шпуров предотвращают специальные манжеты из резины или другого эластичного материала. Через 1...4 мин на контурном конце армирующего стержня размещают опорные элементы, а натяжение анкера производят уже через 15...30 мин после окончания его установки.

Различают две разновидности анкеров, закрепляемых быстротвердеющими вяжущими составами. В первом случае армирующие элементы анкеров в скважинах закрепляются с помощью связующих композиций минерального происхождения, например цементно-песчаных составов, во втором – посредством составов на основе органических вяжущих веществ, преимущественно синтетических смол.

Органические вяжущие вещества представляют собой материалы, образующиеся в результате химических реакций и физико-химических процессов углеводородных высокомолекулярных соединений высокой клеящей способности и прочности. Различают природные органические вяжущие, к которым относят битумы, дегти и их разновидности, и синтетические вяжущие органические вещества, среди которых выделяют синтетические смолы и каучуки. Связующие

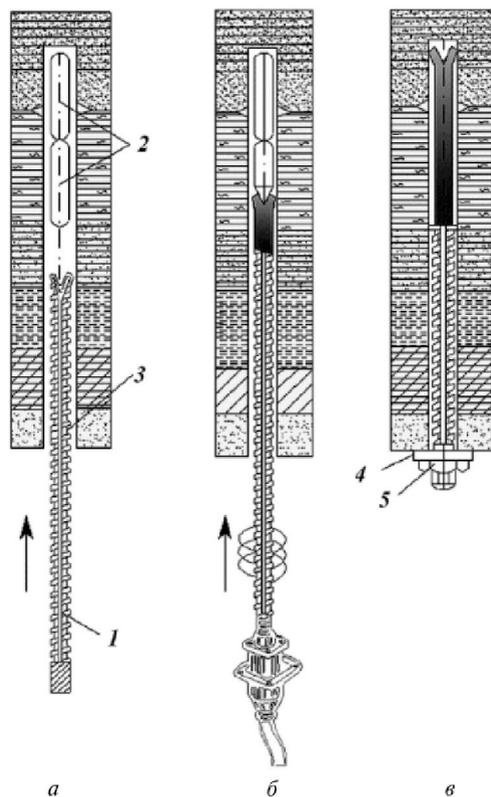


Рис. 3.6.5. Схема закрепления анкера в скважине с помощью химического состава:

а – введение стержня в скважину; *б* – перемешивание состава в скважине; *в* – закрепленный анкер с опорной плитой; *1* – стержень; *2* – ампулы с химическим закрепителем; *3* – уплотнительное кольцо; *4* – опорная плита; *5* – натяжная гайка

композиции для анкеров разрабатывают в основном на низковязких синтетических терморезактивных смолах – фурановых, фенолоформальдегидных, эпоксидных, полиэфирных, карбамидных, полиуретановых и др.

Фурановые смолы – многочисленная группа соединений, в молекулярной структуре которых присутствует гетероциклический радикал (фурановое кольцо). Получают фурановые смолы конденсацией фурфурола и фурилового спирта с фенолами и кетонами. В качестве основы закрепляющих составов для анкеров применяют фурановые смолы марок ФА, ФАМ, ФАФФ-31, ФФ-1Ф, МФФ и др.

Фенолоформальдегидные смолы – многочисленная группа полимеров, получаемых взаимодействием фенолов с альдегидами, главным образом с формальдегидом. Превращение фенолоформальдегидных смол в твердом состоянии происходит под воздействием кислых катализаторов, например, сильных кислот или их ангидридов. Наибольшее применение в связующих композициях для анкеров получили фенольные смолы марок СФЖ-3032, ФРА, отверждение которых осуществляют серной или соляной кислотами.

Эпоксидные смолы – это высокомолекулярные соединения, содержащие в молекулах две и более оксидные группы. Промышленное производство эпоксидных смол основано на концентрации эпихлоргидрина с дифенилопропаном в щелочной среде. В отличие от фурановых и фенольных смол эпоксидные смолы твердеют без выделения побочных продуктов, что обуславливает высокую прочность составов на их основе. Отечественная промышленность выпускает эпоксидные смолы различных марок.

В отвержденном состоянии эпоксидные смолы хрупки. Поэтому в ряде случаев при проектировании закрепляющих составов для анкеров, эксплуатируемых в зоне сейсмических нагрузок, используют модификаторы, приводящие к пластификации. Введение пластификаторов в количестве 15...20 % к смоле приводит к повышению прочности при разрыве связующих композиций и некоторому увеличению их податливости.

Деревянная анкерная крепь является самым экономичным видом крепи горных выработок. Малые объемы ее применения обусловлены незначительной несущей способностью крепи существующих конструкций. В связи с этим она используется главным образом в выработках малого сечения и срока службы, а также для крепления боков горизонтальных выработок, проводимых по пологим или слабонаклонным пластам. В отдельных случаях ее применяют также для предотвращения отжима угля в очистном забое.

Деревянный анкер – стержень диаметром 0,026...0,040 м, длиной 0,5...1 м и более, имеющий на концах прорези для деревянных клиньев; при расклинивании анкер закрепляется в шпуре и удерживает подхват.

Присущие деревянной анкерной крепи достоинства, такие как простота конструкции, невысокая стоимость, технологичность изготовления, невысокая сопротивляемость усилиям среза, выдвигают ее в число наиболее перспективных, особенно для упрочнения угля

вокруг выработок, погашаемых очистными работами при щитовой и слоевой системах разработки. Установленные в угольном массиве деревянные анкеры не создают помех для беспрепятственной выемки угля буровзрывным и механизированным способом.

Для дальнейшего расширения области применения деревянной анкерной крепи и совершенствования способов крепления подготовительных и очистных выработок КузНИУИ разработал ряд конструкций анкеров, несущая способность которых увеличена за счет использования прессованной древесины, искусственных смол, металлических клиньев и армировки отдельных частей стержня, а также за счет установки анкеров в расширенных на конус скважинах.

Исследования, проведенные КузНИУИ, показали, что при установке в цилиндрических скважинах диаметром 43 мм клинощелевых анкеров, изготовленных из березы, лиственницы, сосны, кедра, ели, пихты, их несущая способность составляет всего от 2 до 12 кН, а при закреплении их химическим составом на основе смолы СФЖ-3032 (ФРА) она возрастает в зависимости от разновидности древесины до 33...50 кН.

Замковая часть анкера с механическим креплением включает торцевой участок круглого стержня с прорезанной щелью длиной 250...300 мм, в которую при возведении крепи вставляется клин из твердых пород древесины или металла.

Конец стержня, выступающего в выработку, имеет щель, в которую вставляется деревянный клин, или выполняется в виде утолщения прямоугольного сечения. Для повышения сопротивляемости стержня усилиям среза его армируют стальными элементами: втулками с наружной метрической резьбой или втулками с приваренной пластинкой.

Опорными элементами деревянной анкерной крепи являются шайбы, пластины, металлическая сетка, деревянные подхваты, которые прижимаются к контуру выработки при установке анкера, а также путем забивки наружного клина или при затяжке гайки. Конструкция деревянных клинощелевых анкеров показана на рис. 3.б.б.

Применение деревянных анкеров не допускается в зонах обводнения и геологических нарушений, представленных перемятыми, трещиноватыми углями и породами.

Для предотвращения отслаивания угля в очистном забое и крепления боков горизонтальных выработок на слабонаклонном падении и ходовых печей на крутом падении целесообразно применять наиболее дешевые деревянные анкеры АД-1 и АД-2, воспринимаю-

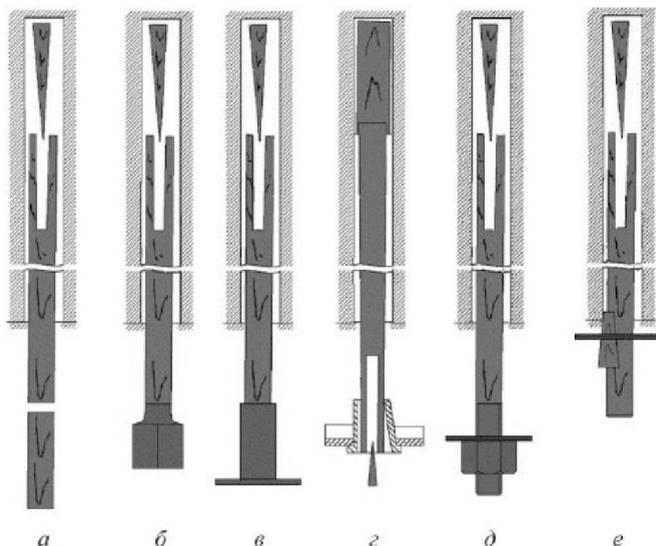


Рис. 3.6.6. Конструкция деревянных клинощелевых анкеров с опорными элементами в виде:

a – деревянного клина; *б* – квадратной головки; *в* – запрессованной втулки с пластиной; *г* – конусной втулки с деревянным клином; *д* – запрессованной муфты с резьбой, шайбой и гайкой; *е* – шайба с металлическим клином

шие главным образом растягивающие усилия. Рациональной областью применения анкера АД-3 являются углеспускные печи и бункера при щитовой системе разработки.

Для каждого конкретного случая выбор наиболее рациональной конструкции крепи и схемы крепления определяется путем сопоставления величины и направления действующих сил с несущей способностью анкеров, представленных в табл. 3.6.2.

Таблица 3.6.2

Технологические свойства анкеров

Марка анкера	Прочность закрепления, кН	Разрывное усилие, кН	Усилие среза, кН
АД-1	5...12	41...70	18...23
АД-2	5...11	41...70	18...23
АД-3	6...13	41...70	18...23
АД-4	5...11	41...70	18...23
АД-5	9,5...17	53...86	25...51
АД-6	9,5...17	53...86	26...54
АПД-1	35...42	41...70	18...23

Железобетонные анкеры в основном состоят из армирующего элемента, закрепленного в скважине песчано-цементным раствором, шайбы и гайки. В ряде конструкций наружный конец стержня отогнут под прямым углом, имеет утолщение или выполнен в виде петли. В качестве арматуры металлических анкеров используется сталь периодического профиля (рис. 3.6.7, *а–м*), гладкостенные стержни (рис. 3.6.7, *б, д*), металлические прутки диаметром 6...12 мм (рис. 3.6.7, *в, г, е, и*), металлические прутки с выступами (рис. 3.6.7, *ж, з*).

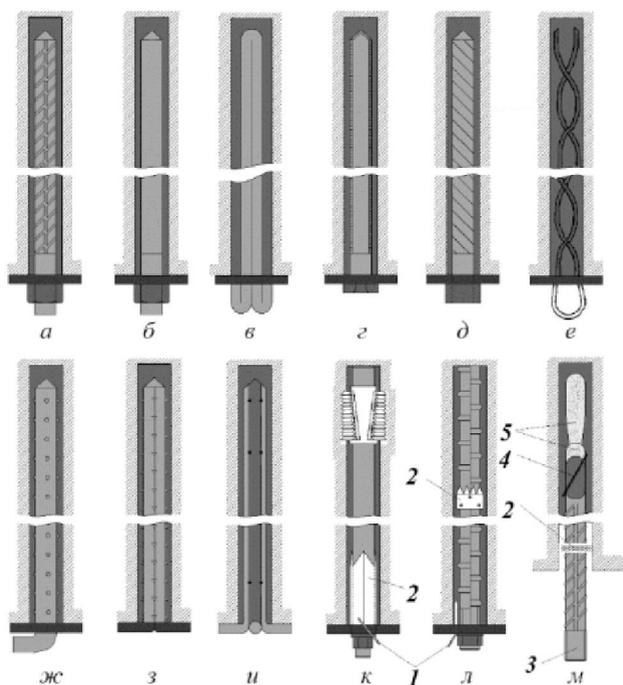


Рис. 3.6.7. Конструкция железобетонных анкеров

Железобетонные анкеры устанавливают инъекционным способом путем подачи раствора к забою скважины. Для отвода воздуха из скважины служит трубка 1 диаметром 2 мм, а удержание цементного раствора в скважине осуществляется с помощью манжет из листовой стали толщиной 0,15...0,2 мм (рис. 3.6.7, *к, л*).

Институтами ИГД им. А.А. Скочинского и НИИОГР сконструирован анкер АКЦ, который состоит из стержня периодического профиля 3, уплотнительного резинового кольца 2, опорной шайбы

и гайки. С наружной части стержня имеется резьба, а с внутренней – приваренный под углом пруток 4 для перемешивания закрепляющего состава, находящегося в ампуле 5.

Ампула представляет собой полиэтиленовую оболочку с двумя отделениями. В одно отделение ампулы помещают фосфогипсовое вяжущее средство, а в другое – воду. При использовании смеси из гранулированного доменного шлака и портландцемента одно из отделений ампулы заполняется жидким стеклом.

Для борьбы с пучением почвы горных выработок разработаны железобетонные анкеры повышенной несущей способности. Анкер, приведенный на рис. 3.6.8, состоит из стержня 1 с полостью 2 и отверстиями 5, герметизатора 6, опорной плитки 7 и гайки 8, а также складывающихся пластин 3.

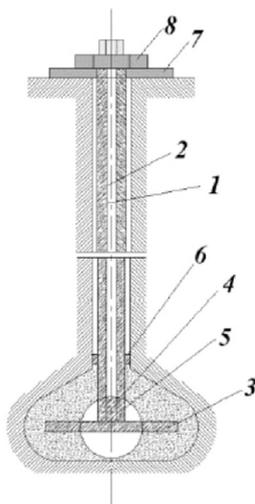


Рис. 3.6.8. Железобетонный анкер в скважине с расширенной донной частью

Для установки такого анкера в породном массиве бурят скважину и разбуривают ее донную часть или взрывают камуфлетный заряд ВВ. Затем в скважину вводят анкер 1 со сложенными пластинами 3 замка, которые при достижении донной части скважины автоматически поворачиваются на 90° с помощью пружины и располагаются перпендикулярно оси анкера. Инъекционным способом через полость 2, обратный клапан 4 и отверстия 5 подают в донную часть скважины скрепляющий раствор и заполняют им образованное

уширение, а установленный герметизатор 6 препятствует выходу раствора из зоны замка. После заполнения донной части производят предварительное натяжение стержня анкера путем завинчивания гайки 8.

Основной недостаток железобетонной анкерной крепи состоит в том, что до схватывания цементной смеси анкер находится в неработоспособном состоянии.

Для многих горно-технических условий требуется крепь, материал которой не вызывал бы сопротивление режущему инструменту исполнительного органа выемочных или проходческих комбайнов, а также мог легко разрушаться взрывными работами и ручным инструментом.

Наиболее удовлетворяющим требованиям для полимерной анкерной крепи является стеклопластик, имеющий предел прочности на разрыв более 100 кН/см и на срез 6...8 кН/см.

Стеклопластики представляют собой композиционные материалы, основой которых является соединение, состоящее из стекловолокнутого наполнителя и синтетического связующего. Подобная двухкомпонентная смесь позволяет создавать материалы с заранее заданными свойствами путем подбора соответствующих видов и соотношений наполнителя и связующих.

Полимерный анкер – стеклопластиковый стержень, закрепленный по длине скважины химическим раствором. Полимерная анкерная крепь наиболее эффективна при креплении горных выработок, пройденных в породах средней крепости, с точки зрения низкой стоимости и быстроты ее установки. Этот вид анкерной крепи отличается от известных решений использованием для закрепления стеклопластикового стержня в породе высокопрочного быстротвердеющего состава на основе смол органического происхождения (рис. 3.6.9).

Анкер состоит из стеклопластикового стержня диаметром 19 мм, металлической хвостовой втулки длиной 250 мм, внутренним диаметром 26 мм и внешним диаметром 27 мм, изготавливаемой из цельнотянутой трубы. В комплект анкера входят опорная плитка, натяжная гайка, уплотнительное кольцо и полимерные или металлические штыри, изготавливаемые из прутка диаметром 5...6 мм. Хвостовая втулка снабжена резьбой на длину 120...125 мм, с помощью которой натяжной гайкой анкеру придается предварительное натяжение при его установке. Конец анкера срезают под углом 45° в целях исключения попадания встык анкера в ампулы с закрепляющим составом.

Штыри способствуют разрыву и измельчению полиэтиленовой оболочки ампулы и лучшего перемешивания закрепляющего состава. Применение полимерной анкерной крепи обусловливается необходимостью повышения безопасности работ и снижения их трудоемкости при добыче угля в условиях наличия отжима в очистных забоях.

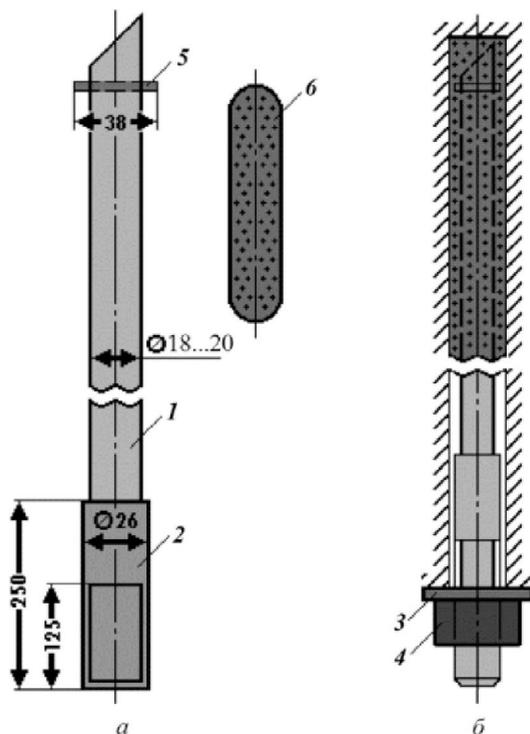


Рис. 3.6.9. Полимерная анкерная крепь:
 а – общий вид крепи; б – крепь установлена; 1 – штанга; 2 – хвостовая втулка; 3 – опорная плитка; 4 – натяжная гайка; 5 – усы; 6 – ампула с химическим закрепителем

Расчет параметров анкерной крепи

Все известные методики в той или иной степени идеализируют механизм работы анкерной крепи, а входящие в эти расчеты показатели физико-механических свойств массива горных пород являются весьма приближенными. Следовательно, этими методиками можно пользоваться только для ориентировочных расчетов, а полученные

параметры должны корректироваться экспериментальным путем в процессе эксплуатации горной выработки.

Предлагаемый расчет параметров анкерного крепления горной выработки основан на методике, разработанной проф. А.П. Широковым. Параметры анкерной крепи зависят от горно-геологических и горно-технических условий проведения и расположения горной выработки. Схема к расчету параметров анкерной крепи для горизонтальной выработки приведена на рис. 3.6.10.

Полупролет выработки, m , определяется из выражения

$$a = \frac{S \cos \alpha}{2}, \quad (3.6.1)$$

где S – ширина выработки по кровле пласта, м;
 α – угол падения пласта, град.

Рекомендуемая область применения анкерной крепи:

1) по горно-геологическим условиям

$$A = \frac{k_y}{\sqrt[3]{a}} \geq 0,5, \quad (3.6.2)$$

где A – величина расслоения горных пород, м;
 k_y – коэффициент устойчивости горных пород;

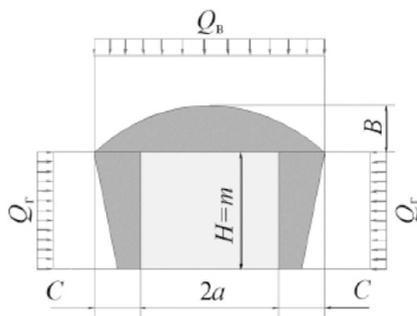


Рис. 3.6.10. Схема к расчету параметров анкерной крепи (Q_n и Q_r – вертикальная и горизонтальная нагрузка)

2) по интенсивности влияния остаточного опорного горного давления:

- ширина зоны опорного горного давления, м, определяется из выражения

$$R = \sqrt{\frac{k_m H}{f_y}}, \quad (3.6.3)$$

где k_m – коэффициент устойчивости пород кровли разрабатываемого пласта;

H – глубина разработки, м;

f_y – коэффициент крепости угля.

- интенсивность влияния остаточного опорного давления

$$B = 1 + \frac{k^2 R}{R + r} \leq 1,5, \quad (3.6.4)$$

где k – коэффициент устойчивости пород кровли разрабатываемого пласта;

r – расстояние от выработки до неподвижных границ выработанного пространства, м.

- по интенсивности влияния очистных работ указанные условия позволяют использовать анкерную крепь;

- прогнозируемая величина отжима, м, в пластовых выработках определяется из выражения

$$C = \left(\frac{k_{сж} \gamma H B}{10^3 f_y} - 1 \right) h \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2}, \quad (3.6.5)$$

где $k_{сж}$ – коэффициент концентрации сжимающих напряжений на контуре выработок;

γ – средняя плотность толщи горных пород, залегающих над выработкой до поверхности, т/м³;

B – безразмерный параметр, характеризующий интенсивность влияния очистных работ (при отсутствии влияния остаточного горного давления со стороны выработанного пространства смежных лав $B = 1$);

h – мощность пласта, м;

φ – угол внутреннего трения угля, $\varphi = \operatorname{arctg} f_y = 63^\circ$.

Глубина расслоения пород кровли пласта, м, считая по нормали к напластованию, определяется по формуле

$$b = \frac{(a + c) \cos \alpha}{k_y f_n}, \quad (3.6.6)$$

где f_n – коэффициент крепости упрочняемых горных пород.

Длина анкера должна быть больше расчетных значений C и B на Δ , зависящую от глубины заделки замка анкера за контур возможного обрушения горных пород, толщины подхвата, затяжки, высоты гайки и длины выступающего в выработку конца стержня.

Длина анкера по кровле выработки, м, находится из следующего выражения:

$$l = b + \Delta, \quad (3.6.7)$$

где Δ – величина, зависящая от глубины заделки анкера за контур возможного обрушения горных пород и равная 0,5...0,7 м.

Длина анкера для укрепления боков выработки

$$l = c + \Delta = 1,5 \text{ м.} \quad (3.6.8)$$

Давление на крепь со стороны отжимаемого угля, кН/м, определяется по формуле

$$Q = 10C \left(\gamma_y h \sin \alpha + \gamma_{\text{п}} b \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \phi}{2} \right), \quad (3.6.9)$$

где γ_y – плотность угля, т/м³;
 $\gamma_{\text{п}}$ – плотность породы т/м³.

Расчетный шаг установки анкеров по кровле выработки

$$L = \pi z = \sqrt{\frac{(a+b)z}{ab}} = 0,8 \text{ м,} \quad (3.6.10)$$

где z – нормативная глубина заделки анкера за контур свода естественного равновесия, $z = 0,35$ м.

Прочность закрепления анкера в породе, кН:

$$P = \frac{\pi d^2 f_{\text{п}} \sigma_{\text{р}}}{4 f_{\text{п}} + 8}, \quad (3.6.11)$$

где d – диаметр стержня анкера, м;

$f_{\text{п}}$ – коэффициент крепости горных пород в районе расположения замка анкера;

$\sigma_{\text{р}}$ – временное сопротивление стержня анкера на разрыв, МПа.

Количество анкеров в поперечном сечении выработки для крепления кровли пласта, шт., определяется из условия равновесия действующих сил по формуле

$$N_k = \frac{k_3 Q_B L}{P}, \quad (3.6.12)$$

где k_3 – коэффициент запаса прочности, равный 2.

Полученное значение округляют в зависимости от расчетного шага в большую сторону до целого числа.

Шаг установки анкеров в кровлю выработки, м,

$$L = \frac{N_k P}{k_3 Q_H}. \quad (3.6.13)$$

Параметры анкерного крепления протяженных горных выработок – расстояние между анкерами в ряду, необходимое количество рядов крепи, длина анкера – окончательно принимаются после проведения шахтных экспериментальных исследований по качеству крепления и проверки на прочность ограждения выработки.

Шахтные наблюдения показали, что подготовительные выработки, закрепленные анкерной крепью и охраняемые со стороны ранее отработанного столба – блоками ЖБТ или деревянными органными рядами, при опускании кровли до 300...500 мм сохраняют безопасное состояние. Установлено, что кровля пласта со стороны ранее отработанного столба на кромке органного ряда при бесцеликовых схемах охраны горных выработок, разрушаясь, создает линии разлома, направленные в сторону выработанного пространства, что способствует применению анкерной крепи.

На рис. 3.6.11 показан вариант использования анкерной крепи при бесцеликовой схеме подготовки пласта путем проведения с анкерной крепью спаренных штреков с оставлением между ними целиков угля. Через каждые 300 м спаренные штреки сбиваются между собой сбойками для безопасного проветривания и сокращения длины тупиковых выработок.

В целях частичного сохранения конвейерного штрека, со стороны выработанного пространства лавы пробивается органнный ряд из деревянных стоек по середине выработки. При отработки следующего выемочного участка оставленный целик угля между спаренными выработками погашается лавой.

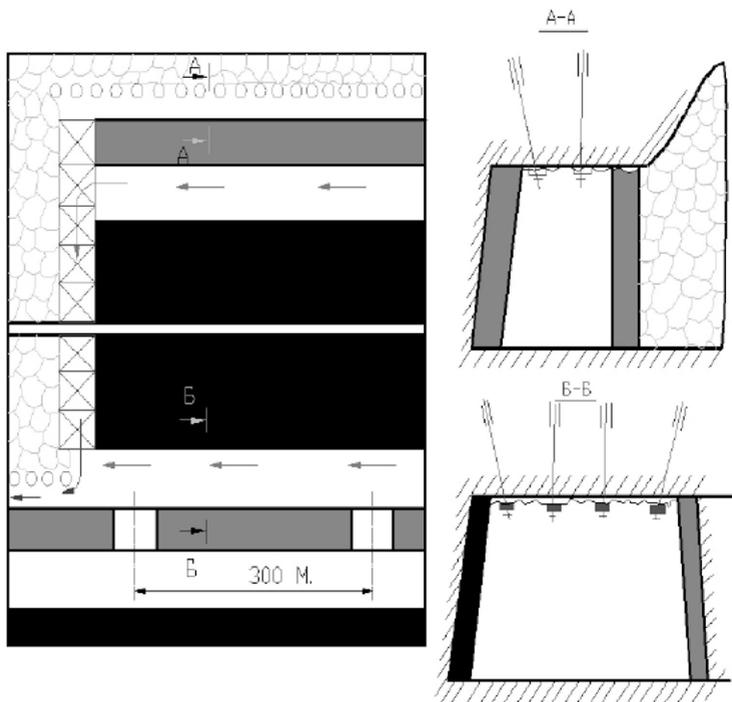


Рис. 3.6.11. Бесцеликовая технология выемки угля с использованием крепления горных выработок анкерной крепью

3.7. Набрызг-бетонная крепь

В последние годы в горнодобывающей промышленности все более широкое применение находят облегченные виды крепи подземных выработок с применением набрызг-бетона и анкеров.

На шахтах черной и цветной металлургии анкерами в сочетании с набрызг-бетоном и металлической сеткой закреплены сотни километров горных выработок.

Определенный опыт применения набрызг-бетонной крепи в сочетании с анкерами накоплен и в угольной промышленности.

Форма поперечного сечения выработок, закрепленных комбинированной крепью из анкеров и набрызг-бетона, принята в проекте прямоугольно-сводчатая с прямыми стенами и трехцентровым коробовым сводом с пролетом в свету от 2,95 до 5,35 м. Проектом предусмотрено шесть типоразмеров выработок.

При креплении выработок в качестве несущего элемента предусматриваются железобетонные анкеры из металлических стержней периодического профиля диаметром 22 мм, закрепляемых в скважинах цементным раствором по всей глубине скважин. Толщина набрызг-бетонного покрытия 30 мм.

Анкерная крепь в самостоятельном виде применяется для крепления подготовительных выработок, проведенных в породах устойчивых и средней устойчивости, а также в очистных забоях, особенно при камерной или камерно-столбовой системе разработки. В капитальных и подготовительных выработках со слабыми неустойчивыми породами анкерная крепь обычно применяется в сочетании с рамной или другими видами крепи (монолитной бетонной и железобетонной, набрызг-бетонной и торкрет-бетонной) (рис. 3.7.1). При этом анкерная крепь повышает устойчивость боковых пород, уменьшая нагрузку на поддерживающую крепь, и улучшает условия поддержания выработок.

Эту крепь рекомендуется применять для поддержания трещиноватых пород с $f=7$ и выше в целях предотвращения вывалов. Толщина крепи принимается одинаковой по всему периметру (почва не бетонируется) в зависимости от крепости пород в пределах 30...70 мм. Применяют набрызг-бетон марки не ниже М400.

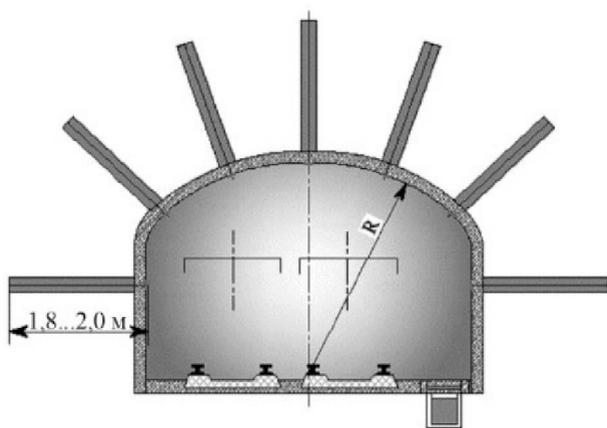


Рис. 3.7.1. Схема сечения выработки с комбинированной анкерно-набрызг-бетонной крепью

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Технологическая схема проведения подготовительных выработок представляет собой схему расстановки оборудования и людей в соответствии с планограммой работ, которая определяет последовательность и продолжительность выполнения основных и вспомогательных процессов.

Определяющее значение при выборе способов и средств выполнения основных процессов технологического цикла имеют горно-геологические, а также технические возможности используемого оборудования.

Для проведения подготовительных выработок изучаются производственно-технические и горно-геологические условия:

- 1) назначение;
- 2) протяженность;
- 3) площадь сечения;
- 4) тип крепи;
- 5) крепость и абразивность пород;
- 6) нарушенность;
- 7) обводненность;
- 8) газообильность;
- 9) транспорт;
- 10) проветривание;
- 11) вид энергии.

В зависимости от физико-механических свойств пород, главным образом от их крепости, проведение горных выработок производится буровзрывным или комбайновым способом.

В выборе способа и средств разрушения горных пород, а также схемы обработки забоя решающее значение имеет устойчивость пород непосредственной кровли.

На рис. 4.1 приведены способы проведения выработки, а также схема и последовательность обработки забоя при их реализации, разработанные учеными ПНИУИ.

При проведении горной выработки в устойчивых породах разрушение горных пород производится сплошным забоем с одновременной обработкой всей площади поперечного сечения на расчетную глубину заходки.

Проведение горной выработки в неустойчивых породах производится сплошным забоем с обработкой поперечного сечения по частям или ступенчатым забоем, при этом породы в забое разрушаются отдельными участками на расчетную длину заходки.

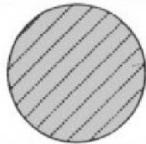
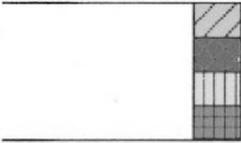
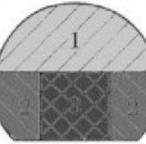
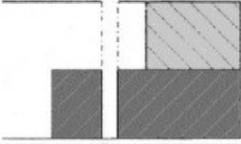
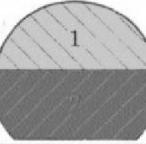
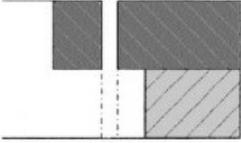
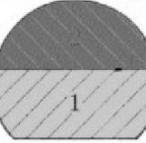
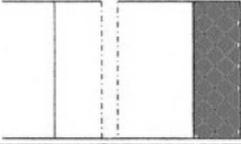
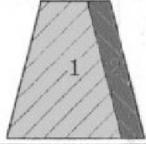
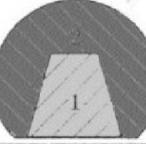
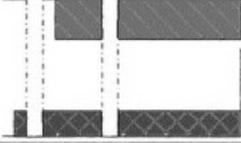
Способ проведения выработки		Схема обработки забоя	
Однофазный	сплошным забоем		
	сплошным забоем с обработкой по частям		
	ступенчатым забоем		
Двухфазный	уступным забоем		
	уступным забоем		
	уступным забоем		
	с направляющим штреком		
Трехфазный	с направляющим штреком		

Рис. 4.1. Способы проведения горных выработок:
1–6 — последовательность работ

При неустойчивых породах, не допускающих большой площади их обнажения, возможен способ проведения горных выработок уступным забоем с оставлением уступа в нижней, в верхней или в правой (левой) частях поперечного сечения. При этом способе опорный уступ отрабатывается в последнюю очередь, с отставанием от главного забоя на принятую длину нескольких заходов.

В тех случаях, когда технические возможности горнопроходческого оборудования не позволяют проведение горной выработки требуемого сечения, проведение ее возможно обеспечить уступным забоем. Работы по проведению горной выработки в каждом уступе ведутся обособленно, т.е. проведением выработки сплошным забоем на полное его сечение.

При проведении горных выработок в сложных горно-геологических условиях при наличии пльвунов и обводненных пород, подстилающих угольный пласт, возможно проведение выработок с направляющим штреком при последующем доведении его сечения до проектных размеров.

При проведении выработок с направляющим штреком при наличии обратного свода нерешенным остается вопрос его устройства, следовательно, появляется третья фаза проходческих работ, при этом работы по проведению выработки не ведутся.

При проведении подготовительной выработки по пласту угля забой располагают в сечении штрека так, чтобы пласт занимал как можно большую площадь сечения и была обеспечена наиболее простая перегрузка угля с конвейера лавы на штрек. В этой связи целесообразна подрывка почвы пласта.

Технические характеристики проходческих машин должны соответствовать горно-геологическим и горно-техническим условиям проведения выработок.

При формировании технологической схемы проведения подготовительной выработки следует прежде всего предусматривать применение комбайнового способа проходки. Современные проходческие комбайны подразделяются на два вида по схеме выемки горной массы: избирательного и роторного действия.

Отличительной особенностью проходческих комбайнов с избирательным исполнительным органом является цикличность и избирательность их действия, позволяющие обрабатывать одновременно только часть площади забоя в отличие от комбайнов роторного действия, которые обрабатывают сразу всю площадь забоя.

Область применения комбайнового способа проходки ограничивается техническими возможностями применяемых машин:

- 1) по коэффициенту крепости f ;
- 2) по объему присечки K_n ;
- 3) по углу наклона выработок α ;
- 4) по площади сечения в свету $S_{св}$;
- 5) по скорости проведения v_n ;
- 6) по средней протяженности выработки L ;
- 7) по условиям экономической целесообразности.

Технологические схемы проведения подготовительных выработок в крепких породах предусматривают использование бурового и буропогрузочного оборудования.

1. Бурильные установки используются при проведении выработок с большой присечкой пород ($K_n \leq 0,3$) и площадью сечения выработок 10...25 м². Для бурения шпуров при $f < 8$ применяются бурильные установки вращательного бурения – БУЭ-1 и БУЭ-2, а для бурения шпуров при $f < 8...16$ применяются бурильные установки вращательно-ударного бурения – БУЭ-3, БКГ-2, БУ-1 и БУР-2.

2. В выработках с меньшими размерами площади сечения и большой присечкой пород ($K_n \leq 0,3$) целесообразно применять колонковые сверла типа ЭБГП на манипуляторах в комплексе с погрузочными машинами.

3. При бурении шпуров по мягким породам ($f \leq 4$) применяются ручные электросверла СЭР-19Д, как правило, без установочных приспособлений, в условиях газового режима – пневматические сверла.

Погрузочные машины предназначены для погрузки отделенной от массива горной массы в транспортные средства при проведении горных выработок. Машины 1ППН5 и 1ППН5П используются при проходке горизонтальных выработок с $f \leq 10$, а машина ППМ4У – только прямолинейных наклонных выработок с углом наклона до 18° при $f \leq 14$ и имеет два тормозных барабана и лебедку для подтягивания машины вверх.

Погрузочные машины 1ПНБ2, 1ПНБ2У, 1ПНБ2Д и буропогрузочные 1ПНБ2Б и 1ПНБ2У используются для механизации процесса погрузки горной массы с $f \leq 6$ в вагонетки и на конвейер при проходке горизонтальных и наклонных выработок.

Область применения и техническая характеристика проходческих комбайнов, проходческих комплексов, погрузочных машин и бурильных установок приведена в табл. 4.1–4.5.

Выбор технологической схемы проведения подготовительной выработки в конкретных горно-геологических условиях является основанием для определения производительности проходческого оборудования.

Область применения и техническая характеристика проходческих комбайнов

Показатели	Проходческие комбайны						
	ПК-3р	4ПУ	4ПП-5	4ПП-2М	ГПКС	К56МГ	ПК-9р
Коэффициент присечки пород K_{Π}	0,25	0,25	–	0,75	0,60	–	0,50
Коэффициент крепости пород по шкале М.М. Протодяконова	4	4	7	6	5	4	4
Показатель абразивности пород, мг	10	10	15	10-15	10	–	10
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	5,3...12,5	4,0...8,2	14...36	9...18	4,7...15,0	4...8	7...16
Ширина выработки, м	2,8...4,1	2,6...3,3	4,2...6,5	3,6...6,0	2,6...4,7	2...3,4	3,0...6,3
Высота выработки, м	2,1...3,2	1,5...2,8	2,5...5,0	2,6...4,0	1,8...3,6	1,9...2,5	2,2...3,9
Угол наклона выработки, градус	±10	±10	±10	±10	От +10 до –25	15	±10
Производительность, т ³ /мин	1,4	1,2	0,6	0,47	0,5...1,8	2,25	1,5
Масса, т	12,5	10,5	75	45	19	12,7	31,2
Мощность электродвигателей, кВт	64,5	63	350	250	175	65	192

Таблица 4.2

Проходческие комбайны, выпускаемые «Копейским машиностроительным заводом»

Модель	Форма сечения: ■ – квадратная, О – круглая, D – арочная, Δ – трапециевидная	Сечение проводимых выработок, м ²	Техническая производительность при заданных $\sigma_{сж}$, м /мин	Угол наклона проводимых выработок, градус	Верхнее значение предела прочности пород при одноосном сжатии, МПа	Тип исполнительного органа	Суммарная мощность электродвигателей, установленных на комбайне, кВт
1ГПКС-01	D, O, Δ, ■	(2,6...47) × (2,1...4,05)	1,42 ($\sigma_{сж} \leq 20$ МПа); 0,23 ($\sigma_{сж} \leq 70$ МПа)	±12	70	Стреловидный с продольно-осевой режущей коронкой	110
1ГПКС-02	D, O, Δ	(2,6...4,7) × (2,1...4,05)	1,42 ($\sigma_{сж} \leq 20$ МПа); 0,23 ($\sigma_{сж} \leq 70$ МПа)	20	70		110
КП200, КП200Т	D, O, Δ	4,9×8	1,8 ($\sigma_{сж} \leq 30$ МПа); 0,32 ($\sigma_{сж} = 120$)	±12	120		344
КП21	D, O, Δ	3,6×6,5	2,0 (по углю); 0,3 (по породе $\sigma_{сж} \leq 100$ МПа)	±12	≤100	Стреловидной формы с телескопически выдвижной стрелой и гидрозажимом выдвижной части стрелы	186,5
КП21-01	D, O, Δ	3,6×6,5	2,0 (по углю); 0,3 (по породе $\sigma_{сж} \leq 100$ МПа)	±12	≤100		201,5

Область применения и техническая характеристика проходческих комплексов

Показатели	Комплекс проходческий					
	КРТ	«Союз-19У»	КЩ5	«Сибирь»	«Союз-19»	«Союз-14»
Коэффициент крепости пород	< 10	< 10	< 3	< 16	< 8	< 8
Показатель абразивности пород, мг	35	35	–	–	35	35
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	18	20,6	20	12-22	18,4	14
Ширина выработки, м	4,75	5	5,2	–	4,7	4,1
Высота выработки, м	4,75	5	5,2	–	–	–
Угол наклона выработки, градус	±10	±10	–	25	±10	±10
Производительность, м/ч	0,8...1,1	0,8...2,6	0,5...0,9	–	0,8	0,6
Масса, т	130	280	206	38	200	170
Мощность электродвигателей, кВт	550	900	324	–	900	580

Таблица 4.4

Техническая характеристика погрузочных машин

Показатели	Погрузочные машины				
	периодического действия		непрерывного действия		
	1ППН-5	ППМ-4у	1ПНБ-2	2ПНБ-2	1ПНБ-2у
Коэффициент крепости пород	< 14	< 14	< 6	< 12	< 6
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	> 6,0	> 6,0	> 5,6	> 6,2	> 5,6
Угол наклона выработки, градус	0	8...18	< 8	< 8	< 18
Техническая производительность, м ³ /мин	0,7	–	1,47	1,47	0,95
	при $f_n = 5$		при $f_n = 5$		при $f_n = 5$, $\alpha = 15$
Основные размеры, мм:					
длина	7435	7445	7100	8000	7100
ширина	1400	1800	1600	1800	1600
высота:					
в транспортном положении	1750	1800	1250	1450	1300
наибольшая	2250	2375	2800	3000	2800
Масса, т	9,0	10,0	6,7	12,7	7,3
Установленная мощность двигателей, кВт	19,5	21,5	31,0	65,0	31,0

Техническая характеристика бурильных установок

Показатели	Бурильные установки					
	вращательного бурения		вращательно-ударного бурения			
	БУЭ1М	БУЭ3Т	БУЭ3	БКГ2	БУ1М	СБУ2М
Коэффициент крепости пород	<8	<8	8...16	<16	8...16	8...16
Площадь сечения выработки в проходке, м ²	8...11	10...20	10...20	8...22	6...14	8...25
Размеры забоя, обуриваемого с одной позиции, м:						
высота	3,8	5	3,8	4	3,7	4,5
ширина	3,6	4,7	5	5,5	5	5,5
Угол наклона выработки, градус	0	0	0	0	0	0
Техническая производительность для одной буровой головки, шпурометров/мин	0,99	0,99	–	–	0,88	0,88
Число бурильных машин	1	2	2	2	1	2
Основные размеры (в транспортном положении), мм:						
длина	8000	10200	8600	7200	6500	7100
ширина	750	1740	1300	1320	1080	1870
высота	1200	1960	1600	1400	1500	1750
Вид энергии	Электрическая			Пневматическая		
Масса, т	5,4	13,5	9,8	5,5	2,3	5,7
Установленная мощность бурильной установки, кВт	15	30	38	40	6,6	12,5

5. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Основными требованиями, определяющими размеры поперечного сечения проводимой выработки, являются обеспечение очистных забоев достаточным количеством воздуха и соблюдение требуемых Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах расстояний между средствами транспорта и крепью. В последние годы наметилась тенденция к увеличению размеров поперечных сечений выработок. Это способствует безремонтному содержанию выработок, вынесению на штрек приводов лавных конвейеров, что уменьшает длину и трудоемкость подготовки ниш, создает благоприятные условия для использования средств механизации.

Наиболее проста технология работ при проведении выработок трапециевидной и прямоугольной форм поперечного сечения с возведением постоянной крепи из прямолинейных элементов. Современные комбайны избирательного действия позволяют с достаточной точностью обрабатывать забой по всей площади поперечного сечения выработки.

Более сложна технология проведения выработок арочной и особенно круглой форм при наличии обратного свода, так как применяемые в настоящее время проходческие комбайны избирательного действия не обеспечивают разрушение породы в нижней части сечения выработки и погрузку отбитой горной массы.

Крепь — это строительная конструкция, возводимая в подземных горных выработках для сохранения их заданных размеров и формы, защиты от обрушений и чрезмерных смещений окружающих пород.

Требования к крепи

Крепь должна быть прочной, устойчивой, надежной и долговечной. Под **прочностью** и **устойчивостью** понимается способность воспринимать давление горных пород и другие виды воздействий без разрушения.

Надежность — это способность крепи выполнять заданные функции в течение срока службы выработки.

Долговечность — это способность крепи сохранять заданные качества во времени в определенных горно-геологических условиях.

Крепь должна обеспечивать заданное ограничение смещений пород внутрь выработки, определяемое назначением выработки и горно-геологическими условиями ее эксплуатации.

Крепь в необходимых случаях должна обладать требуемыми гидроизоляционными качествами.

Крепь должна быть безопасной в пожарном отношении. Материал крепи должен быть стойким по отношению к коррозии.

Крепь должна допускать максимальное использование средств механизации.

Основное требование, которое должно обеспечиваться при возведении крепи, заключается в наиболее качественном и полном заполнении строительного зазора между крепью и породной поверхностью выработки. Наилучший результат достигается при заполнении закрепного пространства твердеющей тампонажной массой.

Классификация типов и видов крепи

Крепи горных выработок различают по ряду признаков. Главным из них является характер взаимодействия крепи с окружающими породами. По этому признаку выделяют следующие типы крепи: изолирующую, ограждающую, упрочняющую, поддерживающую, подпорную (табл. 5.1).

Возможно применение комбинированной крепи, сочетающей качества нескольких типов крепи, например, упрочняюще-ограждающая крепь (анкерно-металлическая), упрочняюще-подпорная (железобетонная крепь стволов в сочетании с анкерами) и др.

Другим важным признаком крепи является ее деформируемость. Различают жесткую и податливую крепь. Податливая крепь отличается от жесткой наличием конструктивных элементов (узлов) податливости, к числу которых относятся узлы трения в металлической рамной крепи, податливые прокладки в блочной крепи, податливый наружный слой в двухслойной крепи и др.

Следует отметить, что жесткие шарнирные соединения элементов, не позволяющие крепи сокращать периметр, не относятся к узлам податливости, и поэтому шарнирная крепь с жесткими стыками элементов не относится к податливой.

По **степени перекрытия периметра** сечения выработки различают замкнутую и незамкнутую крепи.

По **степени перекрытия породной поверхности** вдоль выработки различают сплошную и рамную крепи. Рамная крепь применяется в сочетании с элементами, перекрывающими пространство между рамами (затяжка, тканевое ограждение).

Тип и виды крепи

Тип крепи	Характер взаимодействия с породами	Виды крепи
Изолирующая	Отсутствие закономерных нагрузок. Возможны местные напряжения, вызванные случайными причинами	Тонкое изолирующее покрытие из набрызг-бетона, эпоксидного компаунда и т.п.
Ограждающая	Отсутствие закономерных нагрузок, нагружение в результате случайных отслоений. Условия «заданных смещений» пород, которые крепь воспринимает без существенного отпора	Крепь-оболочка из набрызг-бетона, легкие металлические конструкции. Податливая крепь с отпором до 0,1 МПа
Упрочняющая	Упрочнение окружающих выработку пород, обеспечение совместных смещений нарушенных пород	Различные виды анкерной крепи, комбинированная анкерно-набрызг-бетонная крепь
Поддерживающая	Работа в режиме «заданной нагрузки» (отслоение пород, вывалообразование)	Деревянная, металлическая, монолитная, сборная бетонная и железобетонная крепи, как правило, жесткие, возводимые сразу после обнажения пород
Подпорная	Работа в режиме совместного деформирования с массивом («взаимовлияющей деформации»)	Металлическая податливая крепь с отпором более 0,15 МПа; блочная крепь с податливыми прокладками; двухслойная крепь, состоящая из монолитной или сборной несущей конструкции и податливого слоя между этой конструкцией и породой; сборная крепь, вводимая в работу на некотором расстоянии от забоя

По способам изготовления и возведения различают сборную и монолитную крепи. Сборная крепь монтируется в выработке из готовых элементов: блоков, тюбингов, элементов рам. Монолитная крепь изготавливается на месте в процессе возведения (монолитная бетонная, железобетонная, набрызг-бетонная крепь).

По продолжительности использования различают временную и постоянную крепи.

Принято также различать крепь по материалу: деревянную, металлическую, бетонную, железобетонную, набрызг-бетонную, чугунную, чугунно-бетонную.

Форма поперечного сечения горной выработки зависит от назначения и срока службы, свойств пересекаемых ею пород, размеров поперечного сечения, материала и конструкции крепи. По форме сечения выработки различают: прямоугольную (рис. 5.1, *а*), трапециевидную (рис. 5.1, *б*), арочную (рис. 5.1, *в, г*), сводчатую (рис. 5.1, *д, е*), подковообразную с обратным сводом (рис. 5.1, *ж*) и без него (рис. 5.1, *з*), а также полигональную, круговую и др.

Наибольшее распространение получили трапециевидная и арочная формы крепи. Первая обеспечивает лучшее использование площади поперечного сечения, вторая – бóльшую устойчивость при возведении в слабых породах, так как сглаживание углов уменьшает концентрацию напряжений и деформацию в породах.

Площадь поперечного сечения подготовительных выработок рассчитывается исходя из условий нормальной работы средств транспорта (электровозы, вагонетки, конвейеры и др.), числа рельсовых путей, зазоров, предусмотренных ПБ, и пропуска на очистной забой с допустимыми скоростями необходимого количества воздуха при заданных нагрузках. Так как все выработки в той или иной мере зависят от очистных работ, следует учитывать необходимый запас сечения и податливость крепи на величину ожидаемых смещений пород.

В выработке различают площадь сечения в свету (площадь по внутреннему контуру крепи и почве выработки), вчерне (площадь по наружному контуру крепи, включая затяжку, и почве выработки), в проходке (площадь по контуру пород, которую принимают на 3...5 % больше площади вчерне), а также размеры выработки до осадки и после осадки крепи.

Тип крепи подготовительных выработок выбирается с учетом запаса сечения на осадку:

- при вертикальных смещениях пород до 300 мм применяется арочная податливая трехзвенная крепь АП-3;
- при вертикальных смещениях пород от 300 до 1000 мм применяется арочная податливая крепь АП-5;
- при вертикальных смещениях пород до 1000 мм и горизонтальных до 500 мм рекомендуется податливая крепь типа МПК.

В целях унификации рекомендуются семь типовых сечений выработок с арочной трехзвенной крепью АП-3, три сечения с арочной

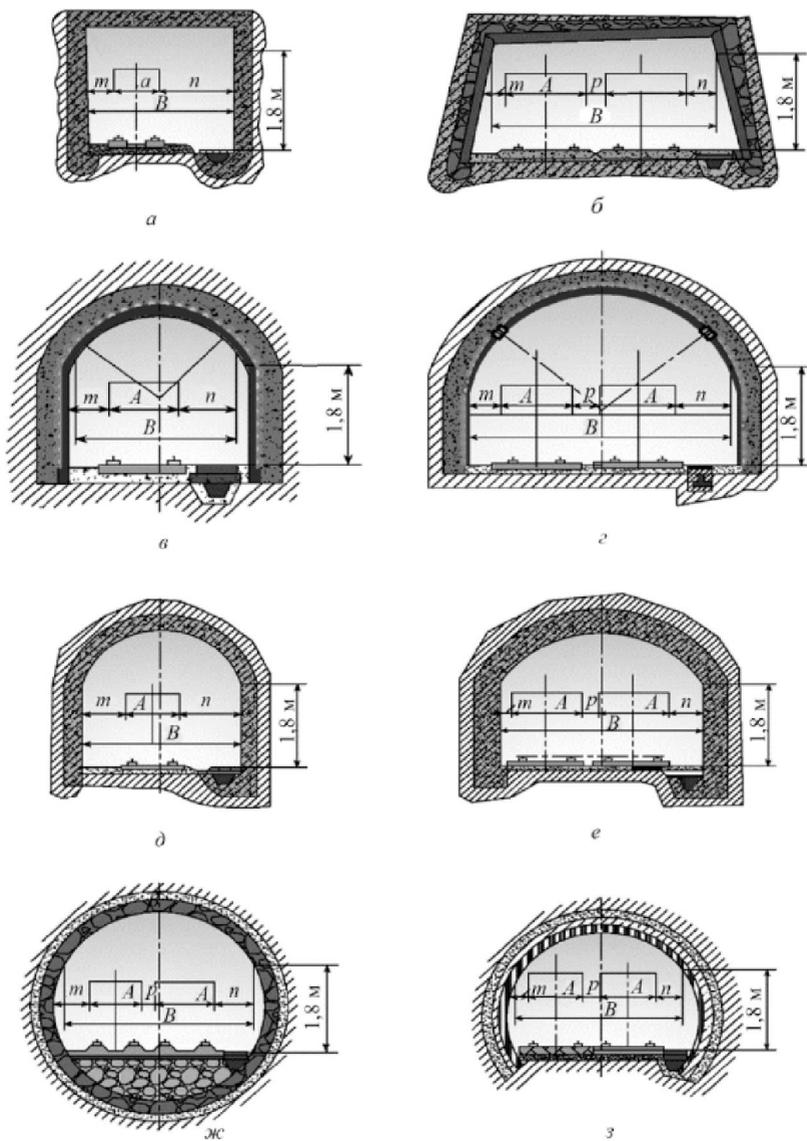


Рис. 5.1. Формы поперечного сечения горных выработок

пятизвенной крепью АП-5 и два сечения с металлической крепью из прямолинейных элементов МПК (табл. 5.2).

Правилами безопасности устанавливается минимальная площадь поперечного сечения в свету участков вентиляционных, промежу-

точных и конвейерных штреков, людских ходков, участков бремсбергов, уклонов и ортов $3,7 \text{ м}^2$ при высоте не менее $1,8 \text{ м}$.

Лимитируются также зазоры: между кромкой габарита подвижного состава и крепью со стороны прохода людей – $0,7 \text{ м}$, с противоположной стороны – $0,25 \text{ м}$; в выработках, оборудованных конвейерами, со стороны прохода людей – $0,7 \text{ м}$, с противоположной стороны – $0,4 \text{ м}$; между верхняком и конвейером – $0,5 \text{ м}$; между конвейером и подвижным составом – $0,4 \text{ м}$.

Ширина выработки в свету, м , определяется по формулам:

$$\text{однопутной} \quad - \quad B = a + A + n; \quad (5.1)$$

$$\text{двухпутной} \quad - \quad B = a + 2A + p + n; \quad (5.2)$$

$$\text{конвейерной} \quad - \quad B = a' + A + n, \quad (5.3)$$

где a – зазор между подвижным составом и крепью, с неходовой стороны, $a = 0,25 \text{ м}$;

a' – зазор между конвейером и крепью, с неходовой стороны $a' = 0,4 \text{ м}$;

A – габариты подвижного состава или конвейера, м ;

p – зазор между подвижными составами, $p = 0,2 \text{ м}$;

n – ширина прохода для людей, $n = 0,7 \text{ м}$.

По полученной ширине принимаются из табл. 5.2 ближайшее большее типовое сечение и тип крепи.

Таблица 5.2

Типовые площади сечения подготовительных выработок

Тип крепи	Площадь сечения в свету, м^2			Размер выработки до осадки, м	
	после осадки	до осадки	в проходке	Высота (H)	Ширина (B)
АП-3	5,2	6,4	8,2	2,79	2,46
АП-3	6	7,3	9,3	2,87	2,78
АП-3	7,1	8,5	10,8	3,13	3,07
АП-3	8,9	10,1	12,9	3,26	3,69
АП-3	11,2	12,8	15,9	3,58	4,25
АП-3	12,7	14,5	17,8	3,69	4,7
АП-3	16,4	17,2	20,8	4,11	5,11
АП-5	7,1	10,3	12,7	3520	3550
АП-5	8,9	12,5	15,1	3640	4160
АП-5	11,2	15,2	18,3	3950	4720
МПК	7,0	7,5	10,5	2550	2960
МПК	8,4	9,2	10,9	2550	3430

Минимальное сечение выработки по фактору проветривания определяется по формуле

$$S = 0,000154 \frac{QqK_3}{v_d}, \quad (5.4)$$

где Q – нагрузка на очистной забой, т/сут;

q – относительная газообильность лавы, м³/т с.д.;

K_3 – коэффициент запаса воздуха, принимается $K_3 = 1,45-1,5$;

v_d – предельно допустимая по ПБ скорость воздуха по выработке, м/с; для рассматриваемых выработок $v_d = 8$ м/с.

Принимается большее из двух сечений, определенных по габаритам средств транспорта и по фактору проветривания. В любом случае сечение должно приниматься типовым из приведенных в табл. 5.2.

Определяем коэффициент присечки боковых пород

$$K_{\text{п}} = \frac{S_{\text{пр}} - S_y}{S_{\text{пр}}} \cdot 100 \%, \quad (5.5)$$

где $S_{\text{пр}}$ и S_y – площадь сечения в проходке и по уголю.

Площадь угольного забоя равна

$$S_y = m \frac{B}{\cos \alpha}. \quad (5.6)$$

Минимальная высота выработки определяется исходя из размеров подвижного состава, высоты верхнего строения пути и высоты подвески коммуникаций и принимается не менее 1,9 м. Минимальная ширина выработки определяется исходя из ширины транспортных средств и необходимых зазоров между наиболее выступающими частями крепи (минимальный размер для свободного прохода людей составляет 0,7 м). Схема к определению поперечного сечения горной выработки показана на рис. 5.2.

Проведение подготовительных выработок и их последующая эксплуатация предусматривают расположение в них кроме транспортных средств следующих коммуникаций: противопожарный и дегазационный трубопроводы (в случае необходимости), силовые кабели, светильники, трубопровод сжатого воздуха, вентиляционная труба.

Плотность установки крепи в подготовительной выработке зависит от прочности вмещающих пород: при коэффициенте крепости по $f \geq 3$ плотность принимается равной 1,1...1,5 рам/м; при $f = 4-6$ плотность 0,8...1,1 рам/м; при $f > 6$ плотность 0,8...1,0 рам/м.

При проведении подготовительной выработки по пласту угля забой располагают в сечении штрека так, чтобы пласт занимал как можно бóльшую площадь сечения и была обеспечена наиболее простая перегрузка угля с конвейера лавы на штрек. В этой связи целесообразна подрывка почвы пласта.

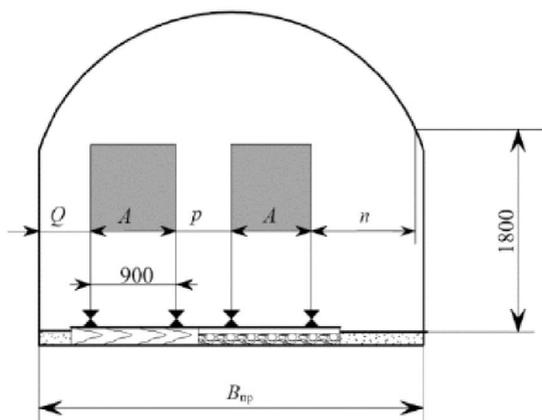


Рис. 5.2. Схема к определению поперечного сечения горной выработки

6. ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В МЯГКИХ ПОРОДАХ

6.1. Проведение горных выработок проходческими комбайнами

Проведение горизонтальных и наклонных горных выработок с использованием проходческих комбайнов осуществляется в мягких породах в основном по углю или смешанным забоем. К выработкам, проводимым в мягких однородных породах, относят штреки в мощных и средней мощности пластах.

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

Основные процессы связаны с проведением и креплением выработки. Их выполняют непосредственно в забое (выемка горной массы, погрузка их на транспортное средство, возведение постоянной крепи).

Вспомогательные процессы обеспечивают условия для выполнения основных проходческих процессов (возведение временной крепи, наращивание конвейеров, наращивание вентиляционных труб, устройство водоотливной канавки, прокладка кабелей и пр.).

Состав процессов проходческого цикла меняется в зависимости от способа и применяемой технологической схемы проведения выработки. Время, затраченное на выполнения одного цикла, называют **продолжительностью цикла**.

В зависимости от организации работ при проведении выработок основные процессы выполняют последовательно или одновременно, насколько позволяет принятая технология и техника безопасности.

Для каждого подготовительного забоя составляется график организации работ, который наглядно показывает, как должны протекать во времени процессы проходческого цикла.

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

При комбайновом способе проведения горных выработок существенно сокращается объем основных процессов проходческого цикла по сравнению с буровзрывным и погрузкой горной массы с помощью породопогрузочной машины. Комплект оборудования состоит из проходческого комбайна, ленточного перегружателя и маневровой тележки (рис. 6.1.1). Преимущественное распространение получили комбайны избирательного действия типа ГПКС, 4ПП2М, АМ85-Р, КП-20Б, АМ85Д (рис. 6.1.2–6.1.4). Они обладают высокой

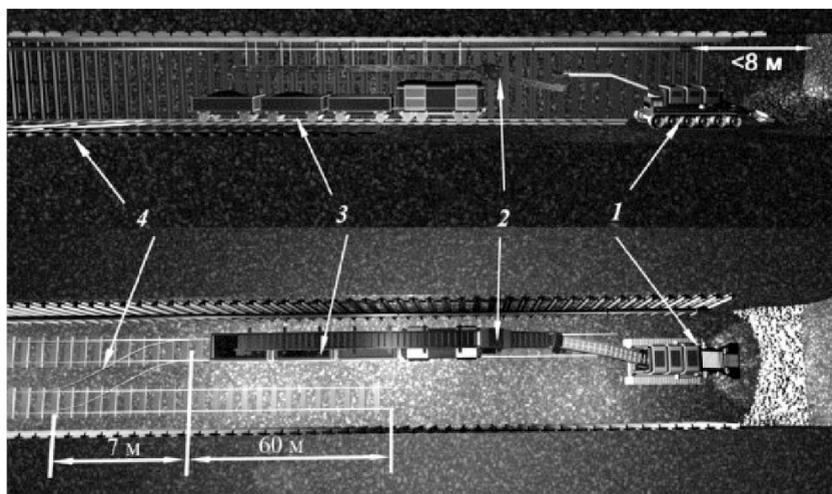


Рис. 6.1.1. Схема проведения горной выработки с помощью комбайна:
1 – комбайн; 2 – ленточный перегружатель; 3 – вагонетка; 4 – стрелочный переход

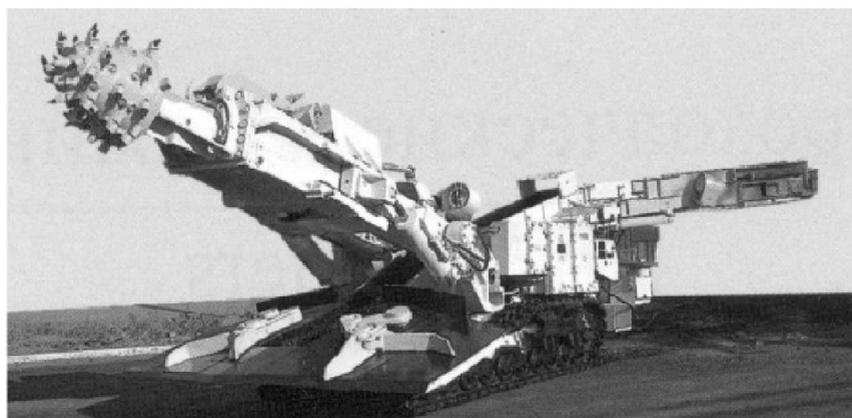


Рис. 6.1.2. Проходческий комбайн ГПКС

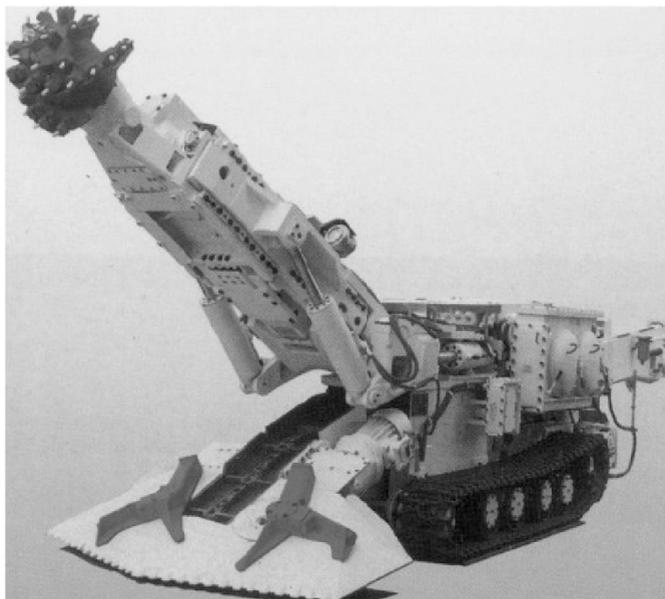


Рис. 6.1.3. Проходческий комбайн 4ПП2М

производительностью и маневренностью и способны проводить выработки различной формы и поперечного сечения.

При креплении горных выработок анкерной крепью, на комбайнах предусматривается установка навесного оборудования или отдельно машины для бурения шпуров.

Проходческие комбайны разрушают горный массив без предварительного ослабления другими средствами. Схема перемещения исполнительного органа проходческого комбайна зависит от расположения пласта в забое, крепости вмещающих пород и площади поперечного сечения горной выработки.

На угольных шахтах широкое применение получили комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом, которые обрабатывают забой последовательно слоями или заходками. Разрушение породы в забое производится режущей коронкой рабочего органа, равному шагу установки крепи, но не более 2 м.

Первоначально с помощью вращающейся буровой коронки по горизонтальной линии образуется штроба, создавая вторую область обнажения. Затем производится послойное разрушение породы, расположенной выше и ниже штробы. Работы можно вести с раз-



Рис. 6.1.4. Проходческий комбайн КП-20Б

дельной или совместной выемкой угля и породы. При отдельной выемке вначале вынимают уголь, а затем породы почвы и кровли; при совместной – выемку горного массива производят горизонтальными (снизу вверх или сверху вниз) и вертикальными (слева направо или справа налево) полосами.

Преимущества комбайна избирательного действия: хорошая маневренность, возможность проводить выработки, различные по форме и поперечному сечению.

Комбайны бурового действия на угольных шахтах применяют реже, так как они имеют меньший диапазон поперечного сечения проводимых выработок, большую массу и стоимость. Для эффективного использования таких комбайнов необходимо иметь выработки с большой протяженностью и значительным годовым объемом.

При проведении пластовых штреков комплектами оборудования с проходческими комбайнами принимают те же технологические схе-

мы, что и для выработки по однородным породам. Крепление производят с учетом устойчивости пород кровли: при неустойчивой кровле постоянную крепь возводят вслед за подвиганием забоя, при устойчивой – постоянную крепь возводят по мере подвигания забоя с шагом, вдвое большим расстояния между рамами, а промежуточные рамы устанавливают с отставанием от забоя на 50...70 м, т.е. вне зоны работы проходческого комбайна. Это позволяет на 20...30 % сократить технологические перерывы, связанные с возведением крепи.

Эффективная работа комплектов оборудования с проходческими комбайнами зависит от производительности транспортных средств и возможности их непрерывной работы. В качестве призабойного транспорта используют ленточные перегружатели, с которых горная масса перегружается в вагонетки или сначала на скребковый конвейер, а потом на ленточный конвейер. При погрузке горной массы в вагонетки обмен груженных на порожние вагонетки осуществляется электровозами. Более совершенным является использование конвейерного транспорта, особенно телескопических ленточных конвейеров (ЛТ80, ЛТ100), которые обеспечивают транспортирование горной массы на расстояние 50...60 м без наращивания конвейерной ленты.

Паспорт проведения и крепления конвейерного штрека с помощью проходческого комбайна показан на рис. 6.1.5. Отбойка и погрузка горной массы производится с помощью комбайна 4ПП2. Разрушение горной породы в забое производится режущей коронкой рабочего органа заходками, равными шагу установки крепи, но не более 0,5 м.

Организация транспортирования породы из забоя оказывает большое влияние на технико-экономические показатели проведения горной выработки. Для обеспечения непрерывного потока разрушенной породы из забоя используется перегружатель с конвейерным транспортом. Транспортирование горной массы осуществляется ленточным перегружателем на скребковый конвейер СР-7.

Более эффективная работа комбайнов достигается при применении удлиненных перегружателей в комплекте с телескопическим ленточным конвейером, обеспечивающим сокращение в два раза времени наращивания основного конвейера.

Проходческий цикл включает в себя следующие операции: разрушение, погрузка и транспортирование горной массы (работа комбайна); оборка кровли и боков выработки; монтаж рабочего полка; возведение временной и постоянной крепи; затяжка кровли и боков

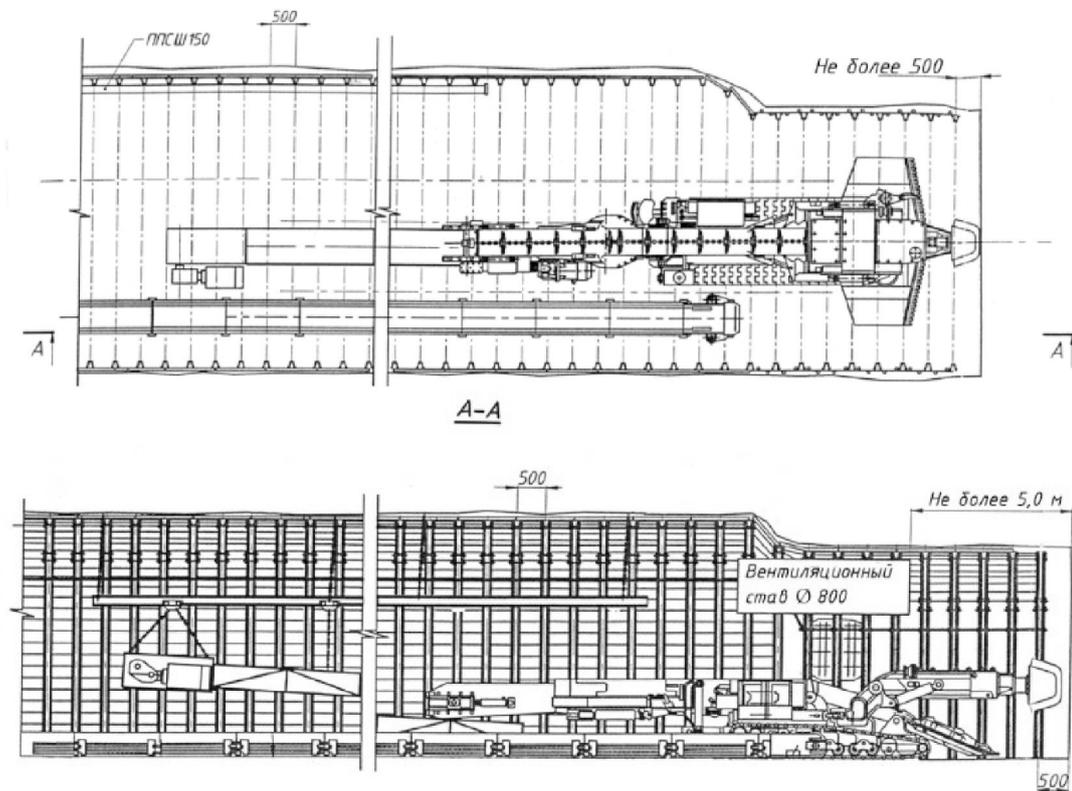


Рис. 6.1.5. Схема проведения горной выработки комбайном 4ПП-2

выработки. Планограмма работ при проведении горной выработки проходческим комбайном 4ПП-2 показана на рис. 6.1.6.

Основными достоинствами комбайнового способа проведения горных выработок являются: полная механизация и совмещение по времени основных процессов выемки и погрузки горной массы; разрушение горного массива производится в пределах проектного контура выработки; повышение производительности труда и увеличение темпов проходки по сравнению с буровзрывным способом; повышение безопасности ведения горных работ.

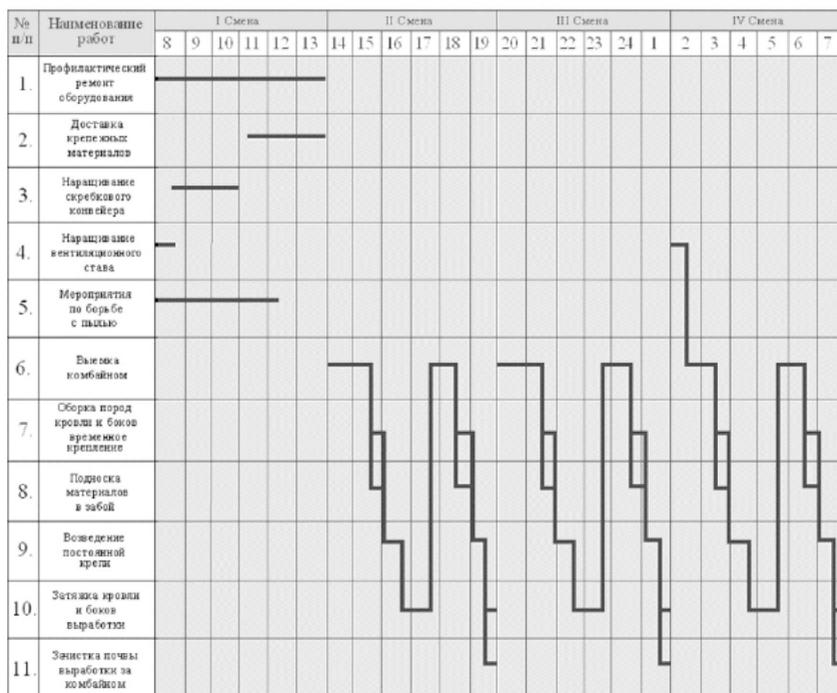


Рис. 6.1.6. Планограмма работ при проведении горной выработки проходческим комбайном 4ПП-2

При комбайновом способе проведения горных выработок должно уделяться важное значение пылеподавлению и проветриванию забоя выработки. Все выпускаемые проходческие комбайны снабжаются пылеулавливающими или пылеподавляющими устройствами.

В настоящее время эффективно эксплуатируются в Кузнецком бассейне и проходческие комплексы третьего поколения. Так, шахта

«Распадская» в Кузбассе в соответствии с разработанными схемами проведения выработок ориентирована на использование как отечественных комбайнов типа ГПКС, так и комбайнов фирмы «Джой».

В состав комплекта оборудования входят комбайн 12СМ18-10В (рис. 6.1.7) и самоходный вагон 10СС-32В (рис. 6.1.8) фирмы «Джой», а также бурильная установка Wombat (рис. 6.1.9).

Отличительной особенностью технологических схем проведения выработок является использование для отгрузки отбитой горной массы только самоходных вагонов, как наиболее прогрессивного направления в решении вопросов транспорта.

Бурильные установки типа Wombat и Rambog используются для бурения шпуров в кровлю выработки для установки анкерной крепи, индикаторов смещения кровли и т.д.

Технические характеристики Wombat: скорость вращения при 10^3 кПа – 600 об/мин, осевое усилие первой ступени – 9330 Н, длина в сложенном состоянии – 1305 мм, длина в раздвинутом состоянии – 3025 мм, масса – 44 кг.

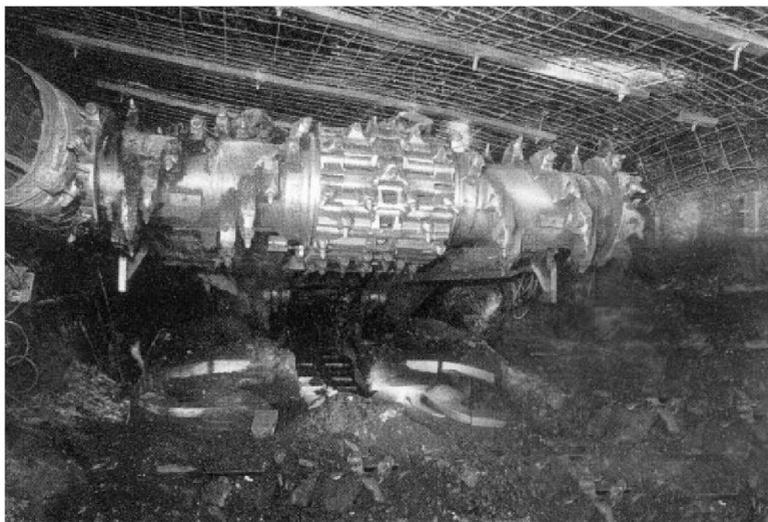


Рис. 6.1.7. Технология проведения горной выработки комбайном 12СМ18-10В

Бурение шпуров производится следующим образом.

Располагают бурильную установку под необходимым углом к месту установки анкера. Оператор удерживает бурильную установку за

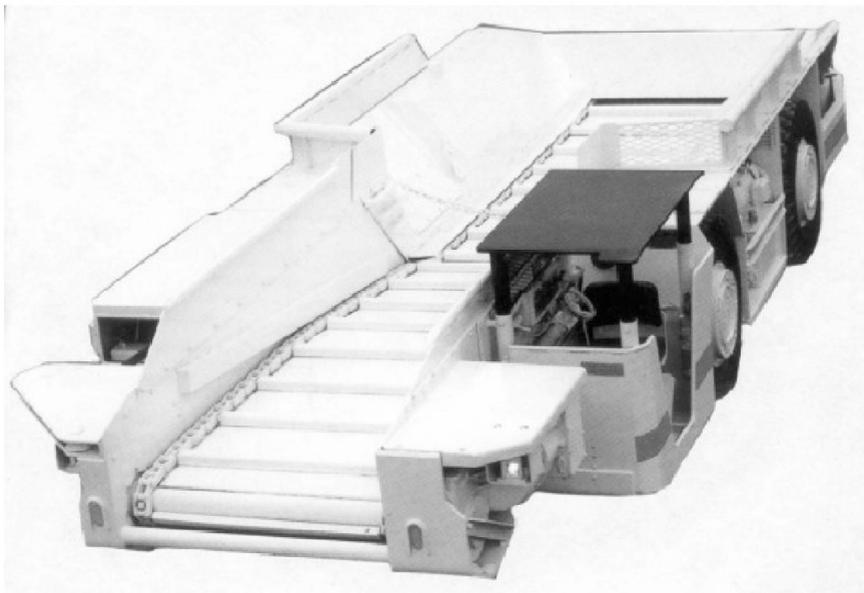


Рис. 6.1.8. Самоходный вагон 10SC-32В

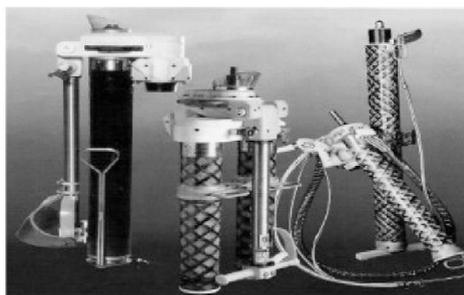


Рис. 6.1.9. Бурильные установки типа Wombat и Rambor

рукоятку управления, а помощник устанавливает забурник и оператор подает давление сжатого воздуха в пневмостойку и медленно выдвигает забурник к кровле и при приближении к ней включает вращение. При забурировании на 20...30 мм оператор включает подачу воды на промывку шпура. Обороты и подачу для максимальной скорости бурения принимают в зависимости от характеристики кровли (крепость, трещиноватость).

6.2. Проведение горных выработок с помощью гидромеханизации

При подземной гидродобыче для нормального развития горных работ необходимо выполнить большой объем подготовительных работ. Особенности проведения подготовительных выработок на гидрошахтах: меньшая площадь поперечного сечения и проведение выработок с уклоном 0,05–0,07 в сторону углесосной камеры для обеспечения самотечного гидротранспорта.

Преимущественное применение на гидрошахтах систем разработки с короткими очистными забоями обуславливает высокий объем проведения подготовительных выработок на них, который превышает соответственный уровень на шахтах с обычной технологией в 4–6 раз.

В настоящее время сложились следующие способы проведения и крепления выработок:

- способы проведения – гидравлический, механогидравлический и взрывогидравлический;
- способы крепления – анкерование, без крепления, а также рамное крепление металлом, деревом, железобетоном.

При проведении выработок разного назначения используют различные технологические схемы, отличающиеся способом проведения и видом их крепления.

Технология проведения подготовительной выработки гидравлическим способом (рис. 6.2.1) заключается в том, что струя воды под давлением 5...10 МПа, выходя из гидромонитора 1 с ручным или дистанционным управлением, разрушает пласт угля. Отбитый уголь вместе с водой (пульпа) по металлическим желобам 2 или самотеком (по почве) направляется в общешахтный пульпосборник, откуда углесосами выдается на поверхность, где обезвоживается, а вода вновь подается к гидромониторам. Цикл работ включает в себя образование горизонтального вруба глубиной 0,3...0,5 м на всю ширину выработки, отбойку угля слоями I–IV снизу вверх, удаление смывом разрушенного угля и крепление выработки. Выработку крепят деревянными неполными рамами, металлическими трехзвенными арками или анкерной крепью после подвигания забоя на 3...6 м. Затем передвигают гидромонитор ближе к забою, наращивают трубы напорного водовода и вентиляции, монтируют металлические желоба и монорельсовую дорогу.

Для обеспечения прогнозных расчетов по проведению подготовительных выработок при различных параметрах очистных работ и размеров панелей, для целиков и шахтных полей на рис. 6.2.2 представлена номограмма для расчета объема проведения выработок различного назначения на 1000 т.

Расчет производится по формуле

$$L = (L_{п} + L_{ш})K_{ув}, \quad (6.2.1)$$

где L – объем проведения выработок данного назначения на 1000 т добычи, м;

$L_{п}$, $L_{ш}$ – объем проведения соответственно печей и штреков;

$K_{ув}$ – коэффициент полноты учета проведения выработок.

При гидравлической технологии средние скорости проведения выработок в 1,3–1,5 раза превосходят этот показатель на пластах с обычной технологией. Это объясняется тем, что на гидрошахтах отсутствуют операции погрузки и доставки горной массы.

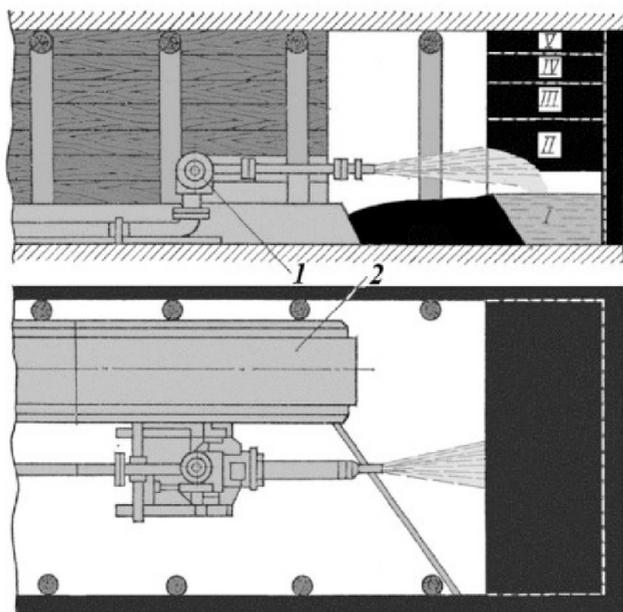


Рис. 6.2.1. Схема проведения выработки при отбойке угля гидромонитором:
1 – гидромонитор; 2 – металлический желоб

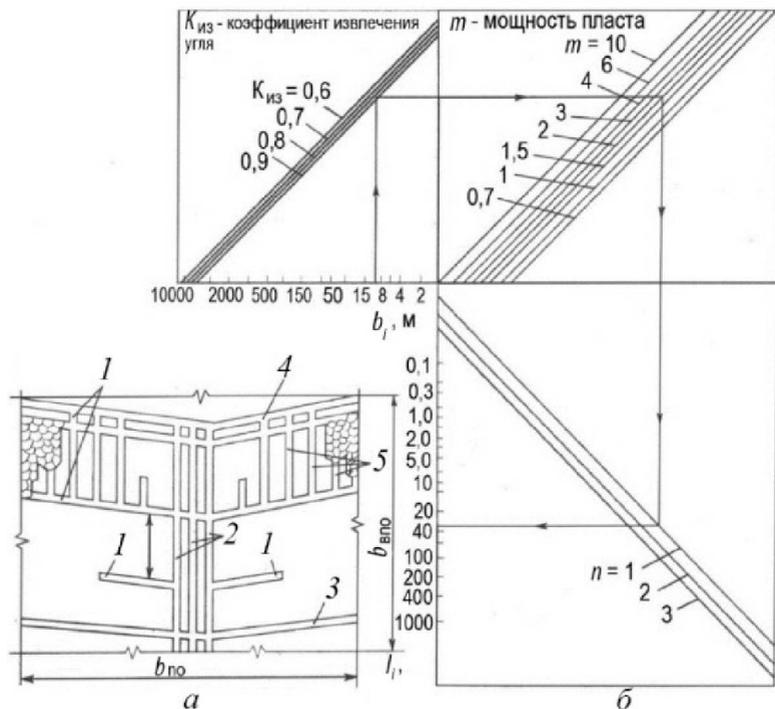


Рис. 6.2.2. К определению объема проведения подготовительных выработок:

a – определение запасов угля, подготавливаемых системой выработок; b – номограмма; 1 – аккумуляционный и вентиляционный штреки; 2 – бремсберг и ходок; 3 – основной аккумуляционный штрек; 4 – основной вентиляционный штрек; 5 – выемочная печь; $b_{по}$ и $b_{ппо}$ – размеры выемочного участка по простиранию и по падению

Отбойка угля гидромониторами эффективна при его крепости $f = 1,5$ или с присечкой боковых пород.

Применяют разрушение массива комбайнами или рыхление гряды забоя взрывными работами. Такая технология проведения выработок называется комбинированной (механогидравлической, взрывогидравлической). Взрывогидравлическая отбойка является наименее эффективной и в настоящее время применяется в весьма ограниченных размерах.

Технология проведения горных выработок механогидравлическим способом включает отбойку угля и породы исполнительными органами механического типа с последующей навалкой и транспор-

тированием отбитой горной массы гидравлическим способом. Этот способ проведения выработок широко применяется на гидрошахтах Кузбасса. На пластах мощностью свыше 1,6 м выработки проводят с помощью комбайнов К56МГ с самотечным гидротранспортом горной массы.

Достоинства гидромеханизации: малооперационность технологического процесса; обеспечение выемки угля без постоянного присутствия людей в забое; высокая степень надежности; отсутствие пылеобразования; возможность полной автоматизации всего процесса угледобычи.

К основным недостаткам относят: высокий удельный расход электроэнергии и повышенная влажность воздуха в горных выработках.

6.3. Технология сооружения широких подземных выработок мелкого заложения с использованием механизированных комплексов

Интенсивный рост городов обуславливает необходимость значительного увеличения объема строительства городских инженерных коммуникаций, развития дорожно-транспортных сетей и подземных сооружений специального назначения в пределах развития инфраструктуры городского хозяйства.

Особую проблему представляют автодороги в городской черте. Строительство поверхностных развязок приводит к изменению природных ландшафтов и архитектурного облика городов. Огромные потоки транспорта загрязняют атмосферу городов выхлопными газами, шумом, создают аварийность в системах их жизнеобеспечения.

Кардинальным решением проблемы могло бы стать подземное размещение основных автотранспортных магистралей под землей. Проведение транспортных магистралей под землей во многом решает проблему снижения шума, пылевыведения, количества выхлопных газов, чрезмерного расхода топлива в связи с неэкономичным режимом движения, обеспечивает минимальное искажение природных видов и геоморфологии первоначального рельефа. Отвод загрязненной атмосферы из подземных выработок через систему вентиляции позволяет проще организовать технологию очистки воздуха благодаря концентрации потоков. Однако решение этой проблемы в техническом отношении является очень сложной задачей. Практически для сооружения таких магистралей используется только открытый способ, что требует остановки движения по существующим автодорогам.

В научно-технической литературе имеется описание довольно большого количества способов и средств создания подземных сооружений. На основе анализа современного состояния технологии проведения подземных выработок мелкого заложения была разработана классификация, которая представлена на рис. 6.3.1.

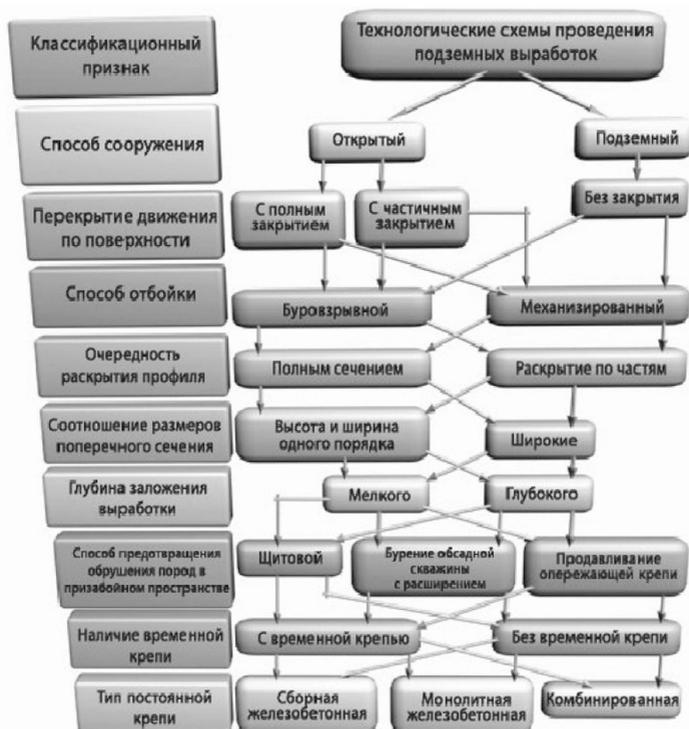


Рис. 6.3.1. Классификация технологических схем проведения подземных выработок

Обзор современных способов подземного строительства показал, что наибольшее распространение получили методы, в основе которых лежит использование открытого (котлованного или метода «стена в грунте») и закрытого (щитового, горного или способа продавливания) способов проведения подземных выработок, которые в силу технических и технологических особенностей имеют ограниченные возможности создания широких подземных выработок мелкого заложения без нарушения поверхности на больших площадях в условиях застроенной городской черты.

Освоение подземного пространства крупных городов является приоритетным направлением целесообразного использования недр, земной поверхности и охраны окружающей среды, а также созданием развитой сети подземных сооружений в сочетании с удобной и доступной транспортной системой.

Эффективность подземных сооружений обуславливается следующими достоинствами: использованием вмещающих горных пород в качестве строительного материала, долговечностью подземных сооружений, экономией энергетических ресурсов и наземной территории, повышенной сейсмостойкостью и виброустойчивостью, надежной защитой от внешних воздействий.

Комплексное использование подземного пространства необходимо для городов всех категорий, разница заключается лишь в номенклатуре и количестве сооружений, которые целесообразно с точки зрения капитальных вложений и социально-экономического эффекта размещать ниже земной поверхности.

Для восполнения технологического пробела предлагается использовать технологию, основанную на применении коротколавных очистных механизированных комплексов, используемых при обработке пологих угольных пластов средней мощности. Технологическая схема сооружения широких подземных выработок мелкого заложения с применением очистного механизированного комплекса показана на рис. 6.3.2.

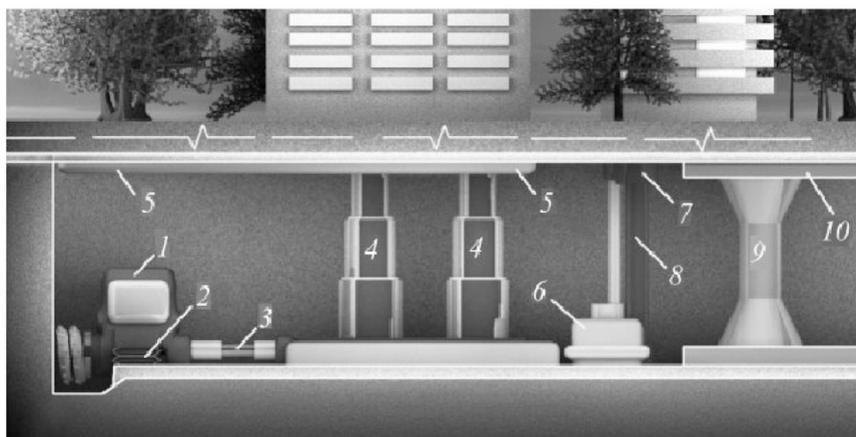


Рис. 6.3.2. Технологическая схема сооружения широких подземных выработок мелкого заложения с использованием механизированного комплекса

С технической точки зрения важной особенностью передвижных механизированных крепей является то, что они, как несущие конструкции, возводятся непосредственно в процессе проходки и сразу воспринимают нагрузки, препятствующие развитию деформаций в грунтовом массиве. Это предопределяет возможность их преимущественного применения при сооружении широких подземных выработок мелкого заложения в условиях плотной городской застройки, когда необходимо предотвращение проседания грунта под близлежащими зданиями и сооружениями.

В связи с тем что к подземным сооружениям мелкого заложения относятся выработки, расположенные на глубине 10...12 м, свойства грунтов во многом определяют технологию ведения горных работ и формирования выработанного пространства.

Для борьбы с неблагоприятными проявлениями в рассматриваемых горно-геологических условиях предполагается использовать:

- создание опережающей щели у кровли выработки по всей ее ширине, которая по мере ее формирования заполняется быстротвердеющим бетоном, образуя прочную горизонтальную прослойку, позволяющую затем вести горные работы под ее защитой;
- создание таких конструктивных элементов механизированной крепи, как выдвигные козырьки, расположенные со стороны забоя и выработанного пространства;
- укрепление почвы перед очистным механизированным комплексом, ниже основания скребкового конвейера.

Разработка породы в забое осуществляется по односторонней схеме одношнековым малогабаритным комбайном 1, перемещающимся по ставу конвейера 2 с помощью бесцепного механизма подачи. Конструкция и технические параметры малогабаритного комбайна позволяют производить безнишевую выемку, а также дают возможность осуществлять зарубку его со стороны продольного конвейера, обеспечивая эффективное разрушение грунтового массива по всей площади забоя.

Выемка грунта во время прохода комбайна осуществляется в верхней части забоем уступной формы с последующей отработкой оставленной пачки при движении обратным ходом. Подхват искусственно созданной прочной кровли производится выдвигными козырьками секций механизированной крепи непосредственно за проходом комбайна. Исполнительный орган комбайна, установленный на выносной рукоятке, обеспечивает отработку почвы забоя ниже става конвейера на 200...300 мм.

После зачистки призабойного пространства в созданное углубление ниже основания конвейера, производится монтаж металлического каркаса и заполнение его быстротвердеющим бетоном. Созданная таким образом искусственная прочная почва широкой выработки обеспечивает исключение вдавливания оснований секций механизированной крепи в рыхлые породы и в дальнейшем она будет являться первичным основанием создаваемого сооружения.

После выполнения этой операции и схватывания бетона происходит перемещение углового конвейера с помощью гидродомкратов передвижки 3, установленных на основаниях секций механизированной крепи 4.

Передвижка секций механизированной крепи осуществляется последовательно из под соседней секции, при этом перекрытие крепи входит в выдвижной козырек 5 со стороны массива, а выдвижной козырек со стороны сформированного пространства остается на месте.

Процесс возведения временной крепи осуществляется следующим образом: после задвижки секций механизированной крепи по всей ширине выработки, задние выдвижные козырьки задвигаются последовательно, а освободившаяся часть кровли при помощи монтажного станка 6 подхватывается верхняком 7, под который устанавливается индивидуальная гидравлическая стойка 8.

Для данных горно-геологических и горно-технических условий возможно применение многих технологий постоянного крепления, однако наиболее простым и надежным является возведение монолитной и сборной железобетонной крепи.

Комплекс работ состоит из частичного демонтажа временного крепления, сооружения с помощью передвижной механизированной опалубки перекрытия из монолитного железобетона, установки колонн 9 и продольных ригелей 10, которые представляют собой сборные железобетонные конструкции.

Применение модернизированных очистных механизированных комплексов при проведении широких подземных выработок мелкого заложения позволит автоматизировать производственные процессы по разработке забоя, транспортировке грунта, возведению временной и постоянной крепи, что обеспечивает относительно низкую трудоемкость производственных процессов и сокращает продолжительность строительства подземных сооружений.

7. ПРОВЕДЕНИЕ НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

7.1. Особенности проведения наклонных горных выработок

К наклонным горным выработкам относят наклонные стволы, уклоны, бремсберги, транспортные и людские ходки, скаты и печи. Технология проведения этих выработок в основном аналогична технологии проведения горизонтальных горных выработок и отличается лишь рядом особенностей, которые обусловлены их наклонным положением в пространстве. Специфической особенностью ведения наклонных выработок является угол их наклона, который оказывает влияние на выбор оборудования для разрушения горного массива, бурения шпуров, погрузки и транспортирования горной массы, а также на организацию водоотлива, проветривания и другие работы.

Наклонные выработки проводят снизу вверх или сверху вниз. При проведении горных выработок снизу вверх особое внимание уделяют проветриванию, особенно на шахтах, опасных по газу, а при проведении сверху вниз – водоотливу.

В наклонных горных выработках усложняется использование проходческих комбайнов и породопогрузочных машин, поэтому при их проведении возрастает трудоемкость работ по выемке, погрузке и транспортированию горной массы, что снижает скорость их проведения.

Передвижение людей в наклонных горных выработках, оборудованных рельсовым транспортом, запрещается. Для этих целей параллельно главной выработки проводят людской ходок. Расстояние между бремсбергом (уклоном) и ходками принимается с таким расчетом, чтобы эти выработки в меньшей степени подвергались опорному давлению со стороны очистных выработок. На практике расстояние между параллельными наклонными выработками принимается равным 20...30 м при ширине внешних охранных целиков не менее 40 м.

В наклонных выработках, по которым разрешено передвижение людей, должен быть проход шириной не менее 0,7 м и высотой не менее 1,8 м, где в зависимости от угла наклона устраивают: перила, трапы, сходни со ступеньками. При рельсовом транспорте обязательно применяют предохранительные устройства, гарантирующие полную безопасность ведения горных работ (ловители, ограждающие барьеры).

Особое внимание при проведении наклонных горных выработок должно обращать на устранение опасности сползания крепи и рельсовых путей. Ложная кровля и почва, склонные к сползанию, должны удаляться для обеспечения установки крепи в более устойчивых породах. При невозможности этого выработки крепят полной дверной рамой, устанавливая крепежные рамы сплошную, анкеруют породы и усиливают межрамные связи на всем протяжении выработки.

Проведению бремсбергов (уклонов) предшествуют следующие работы: маркшейдерская разбивка в штреке места засечки наклонной выработки; расширение штрека и устройства разминок; проведение камеры для монорельсовой дороги и ниши для вентилятора местного проветривания; проведение и оборудование заезда в наклонную выработку; подвод электроэнергии для обеспечения проходческих работ.

7.2. Проведение бремсбергов и ходков

Перед проведением бремсберга проводятся подготовительные работы, которые заключаются в расширении штрека в месте сопряжения; устройства заездов в бремсберг; сооружении камеры для монорельсовой дороги и ниши для вентилятора.

Бремсберги и ходки в негазовых шахтах и шахтах 1-й и 2-й категории по метану проводят снизу вверх, а в шахтах 3-й категории и сверхкатегорных — сверху вниз. Капитальные и панельные бремсберги проводят узким забоем. Проведение бремсберга узким забоем с подрывкой породы производится по двум схемам: в одну стадию — с выполнением в каждом цикле работ по углю и породе; в две стадии — с предварительной выемкой угля и последующей породы. Как правило, параллельно бремсбергу проводят транспортный и людской ходки, между которыми оставляют целики угля шириной 30...40 м. На шахтах не выше 2-й категории по газу метану бремсберг и ходок в период проведения сбивают между собой через 40...60 м сбоями (просеками), которые используют для проветривания, транспортирования горной массы и передачи грузов из одной выработки в другую (рис. 7.2.1).

Транспортирование горной массы производят в выработках с углом наклона до 18° с использованием ленточных конвейеров, а при угле наклона от 18 до 25° — скребковыми конвейерами. Доставку материалов и оборудования в забой осуществляют монорельсовой дорогой.

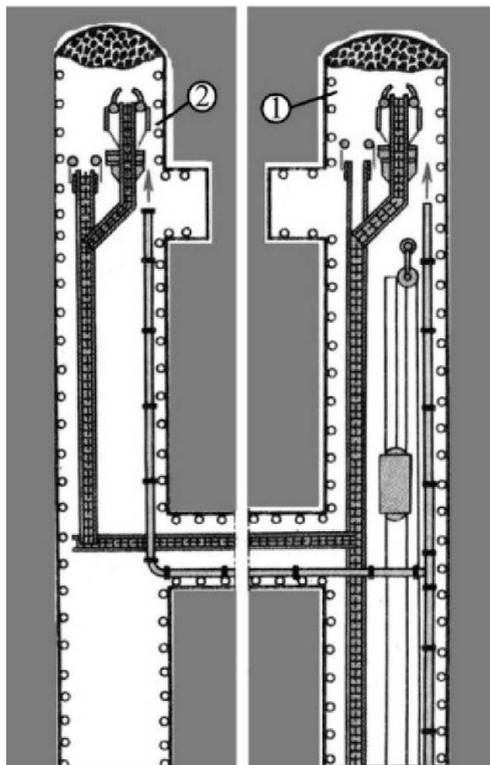


Рис. 7.2.1. Технологическая схема совместного проведения бремсберга и ходка: 1 – бремсберг; 2 – ходок

Крепление бремсберга и ходка ведут в зависимости от степени устойчивости пород кровли и в основном металлическими трехзвенными арками. Арки устанавливают с отклонением от нормали к почве выработки на 150...200 мм в сторону восстания.

Проветривание выработок осуществляется вентиляторами местного проветривания по прорезиненным трубам, которые устанавливают на откаточном штреке на расстоянии не менее 10...15 м от сопряжения.

Проведение участков бремсбергов и ходков широким забоем осуществляют на тонких пластах, не опасных по газу или пыли и устойчивых боковых породах. Технология и организация работы аналогичны работам при проведении штреков широким забоем. Порода, полученную при проведении бремсберга, размещают в расколке, для чего используют скреперные установки.

Комбайновая технология применяется на пластах при углах падения до 10° при использовании серийных проходческих комбайнов. Для проведения наклонных горных выработок снизу вверх под углом до 20° промышленностью выпускаются комбайны типа ГПКСН, ГПКСВ и комплекс «Кузбасс».

Выбор типа комбайна зависит от площади поперечного сечения выработок, крепи и абразивности горных пород и угла наклона.

Комбайн ГПКСН предназначен для проведения снизу вверх трапециевидных и прямоугольных выработок с углом наклона до $+20^\circ$ и площадью поперечного сечения до 15 м^2 . Он снабжен исполнительным органом в виде двухдисковой коронки, у которого на задних осях гусеничного хода установлен барабан с канатами. Канат крепят к утопленной в почву переносной металлической балке, расположенной под передней частью гусеничного хода, что удерживает комбайн от сползания.

Также промышленностью выпускается комплекс «Кузбасс» (КН-5Н), который предназначен для проведения горизонтальных и восстающих горных выработок с углом наклона до 35° . В комплексе механизированы работы по разрушению, погрузке и транспортированию горной массы, также возведению крепи.

Для предохранения комплекса от сползания имеются предохранительные устройства, состоящие из стойки, поджатой к кровле, и стопорных устройств в виде рейки с храповым захватом и анкерным креплением в почву.

7.3. Проведение уклонов и наклонных стволов

Уклоны различают капитальные и панельные. Как правило, проводят их в период строительства и подготовки новых горизонтов шахт. Чаще всего уклоны проходят узким забоем при односторонней подрывки пород.

Уклоны в основном проходят сверху вниз, так как они предназначены для подготовки уклонной части шахтного поля, на которой еще не ведутся горные работы. Проведение уклона и ходков производят одновременно сверху вниз, между которыми оставляют целики угля шириной $30\text{...}40 \text{ м}$. На негазовых шахтах и шахт 1-й и 2-й категорий по метановыделению применяют последовательную схему проведения уклона и ходков, когда уклон проводится сверху вниз, а ходки снизу вверх.

Подготовительные работы при проведении уклонов в основном заключаются в устройстве приемных площадок. Выбор оборудова-

ния для разрушения породы производят в зависимости от угла наклона выработки и площади поперечного сечения.

При проведении выработок буровзрывным способом, параметры буровзрывных работ производят по формулам, применяемым при расчете буровзрывных работ в горизонтальных выработках. Выемку угля и породы ведут раздельно, а при углах наклона более 15...20° совместно, так как увеличиваются трудности ведения работ в тупиковом забое.

Бурение шпуров в мягких и средней крепости породах производят ручными электросверлами, а в крепких породах применяют бурильные установки и перфораторы. Проветривают забои уклонов вентиляторами местного проветривания типа ВМЦГ (ВМП), которые устанавливают на свежей струе воздуха на расстоянии не менее 10 м от последней сбойки или на откаточном штреке.

Погрузка породы осуществляется погрузочными машинами различных модификаций в зависимости от угла наклона выработки и скреперными установками. Для погрузки горной массы в вагонетки (скипы) или на конвейер применяют погрузочные машины 2ПНБ-2 (при углах наклона до 8°); НПБ-2у, ППМ-4У (при углах наклона до 18°). Для механизации погрузки горной массы при проведении уклонов сверху вниз с наклоном до 25° применяют машины ППН-7. Схема проведения уклона с применением погрузочной машины и проходческого комбайна показана на рис. 7.3.1 а, б.

В последнее время вскрытие шахтных полей наклонными стволами заметно увеличилось, чему способствовало значительное повышение производственных мощностей шахт (шахты «Соколовская», «Котинская» и др.), концентрация и интенсификация горных работ (шахта «лава»), потребовавшие внедрения непрерывного вида транспорта угля – конвейерного, от очистного забоя до поверхности.

Наклонные стволы проходятся буровзрывным или комбайновым способами. Выбор того или иного способа определяется крепостью пород, по которым проводится выработка. Технология проведения **наклонных стволов** в основном аналогична проведению уклонов с применением тех же машин и механизмов. Отличие заключается в том, что их проводят с поверхности земли и работы начинают с устройства устья, – верхней части ствола. Для крепления используют металлическую крепь, сборный железобетон или монолитный бетон.

Транспортирование горной массы в зависимости от угла наклона горной выработки производят скребковыми (при углах наклона

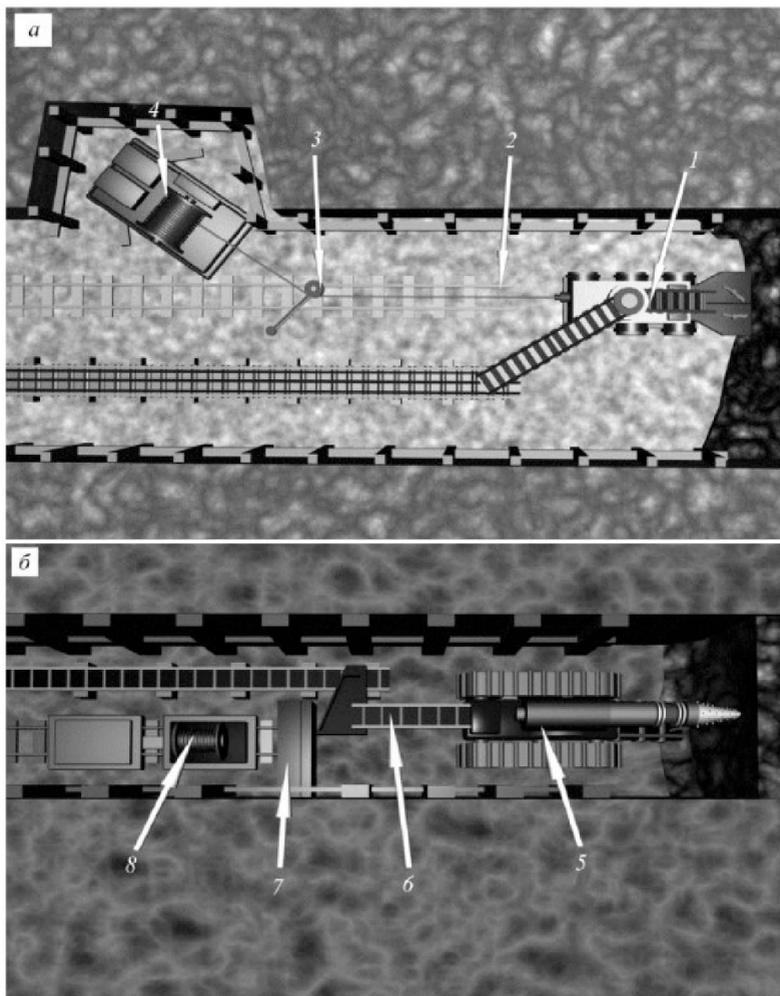


Рис. 7.3.1. Схемы проведения уклонов с применением погрузочной машины (а) и проходческого комбайна (б):

1 – машина 1ПНБ-2У; 2 – канат подвески машины; 3 – направляющий блок; 4 – предохранительная лебедка; 5 – комбайн 4ПП-2; 6 – перегружатель; 7 – предохранительный барьер; 8 – напочвенная канатная дорога ДКН -1

до 25°) и ленточными (до 18°) конвейерами. В забойной части целесообразно применять скребковые конвейера типа СР-70, что позволяет наращивать ленточный конвейер через 40...50 м вслед за подвиганием забоя. Транспортирование в вагонетках ($6...25^\circ$) и скипах производят в выработках с углом наклона более 25° . Спуск и подъ-

ем вагонеток (скипов) осуществляется с помощью однобарабанных и двухбарабанных подъемных машин. На практике чаще всего применяют одноконцевой канатный подъем, при котором обмен вагонеток производят на верхней приемной площадке кулона или на тупиковых разминовках в забое уклона (при большой длине). При наличии разминки в забое погрузку горной массы в вагонетки совмещают с движением вагонеток по выработкам. В работе находятся две вагонетки — одна под погрузкой, а вторая спускается в забой и устанавливается на путях разминки.

При рельсовом транспорте материалы доставляют в забой в вагонетках, а при конвейерном — монорельсовыми подвесными дорогами типа ДМКУ или напочвенными канатными дорогами типа ДКН.

При проведении уклонов (наклонных стволов) с притоком воды до 5 м/ч водоотлив осуществляют переносными насосами. По мере продвижения забоя насос переносится ближе к забою с тем, чтобы высота всасывания не превышала 5...6 м по вертикали. Для уменьшения притока воды в выработку применяют предварительный тampionаж боковых пород. При притоке воды более 8 м/ч, а также при необходимости пересечения зон обводненных песков (пльвун) с давлением воды более 200 кПа производят искусственное замораживание пород.

Для сооружения наклонных выработок (стволов) создан проходческий комплекс «Сибирь», механизующий все основные процессы при сооружении выработок, в котором конструктивно объединены две погрузочные машины с боковой разгрузкой, две бурильные машины, крепеукладчики и перегружатель. В качестве временной крепи используются металлические или железобетонные анкеры, а также металлическая арка.

7.4. Проведение горных выработок в крепких однородных и неоднородных породах буровзрывным способом

На угольных шахтах сравнительно немного горизонтальных горных выработок, которые проводятся по крепким однородным породам. По однородным породам проводят квершлагги, полевые штреки.

Проведение выработок по крепким однородным или неоднородным породам осуществляется буровзрывным способом сплошным забоем. В цикл проходческих работ при этом входят следующие операции: бурение и зарядание шпуров и взрывание шпуровых зарядов, проветривание забоя, приведение забоя в безопасное состояние, по-

грузка и транспортирование горной массы, возведение крепи, настилка рельсовых путей и устройства водоотливной канавки.

Выбор проходческого оборудования и той или иной технологической схемы обуславливается не только крепостью пород, но также параметрами поперечного сечения и длиной выработки и наличием необходимого фронта работ. Современному уровню развития технологии горнопроходческих работ отвечает бурение шпуров с использованием бурильных установок, погрузка горной массы погрузочными машинами, транспортирование грузов высокопроизводительными электровозами, применение при креплении выработок анкерной крепи.

В качестве бурильных машин применяют в основном машины ударно-поворотного действия, называемые перфораторами. Переносные перфораторы при бурении горизонтальных или наклонных шпуров устанавливаются на пневмоподдержке. Использование перфораторов без пневмоподдержки или без виброгасящих устройств правилами безопасности запрещено. Телескопными и колонковыми перфораторами оснащаются самоходные бурильные установки.

В крепких породах шпур бурят коронками, армированными твердым сплавом ВК15, а в породах средней крепости применяется сплав ВК11В.

Диаметр коронок устанавливается в зависимости от диаметра патронов применяемого ВВ. При бурении шпуров бурильными установками применяют коронки одного диаметра, который должен быть на 4...6 мм больше диаметра патронов ВВ. Указанный зазор между патроном и стенкой шпура необходим для облегчения доставки ВВ в шпур.

Число шпуров в забое выработки зависит от свойств горной породы и применяемого ВВ, а также от размеров площади поперечного сечения выработки. Число шпуров в забое влияет на эффективность взрывных работ и предварительно устанавливается расчетом, а окончательно применяется по результатам опытных взрывов.

При увеличении числа шпуров по сравнению с расчетным повышаются затраты времени на их зарядание, увеличивается количество мелкой фракции во взорванной породе. Уменьшение числа шпуров ухудшает оконтуривание поперечного сечения горной выработки и увеличивает долю крупной фракции породы.

Длина шпура – основной технологический параметр, определяет объем работ основных процессов на цикл и скорость проведения

выработки. Длина шпуров зависит от свойств пород, площади забоя и типа бурового оборудования и колеблется от 1,8 до 3 м, наиболее распространенная 1,5...2,5 м. Увеличение глубины шпуров при сохранении высоких значений коэффициента их использования позволяет сократить непроизводительные затраты времени, улучшить использование проходческого оборудования, способствует увеличению скорости проведения выработок.

Тип ВВ принимают в зависимости от крепости пород, опасности шахты по метану или угольной пыли, а также обводненности забоя. Расход ВВ за цикл и среднюю величину заряда на шпур определяют расчетом. В качестве средств взрывания применяют предохранительные электродетонаторы мгновенного и короткозамедленного действия, позволяющие в определенной последовательности взрывать шпуровые заряды.

Расположение шпуров выбирают в зависимости от крепости пород, площади сечения выработки и типа бурового оборудования. В крепких породах применяют врубы, в которых шпуровые пробурены наклонно или перпендикулярно к плоскости забоя. При одной площади обнажения широко применяют клиновые врубы, состоящие из двух вертикальных рядов шпуров, которые взрываются первыми. В результате этого образуется углубление (вруб), создающее дополнительное обнажение. Схема расположения шпуров в забое подготовительной выработки и конструкция шпурового заряда приведены на рис. 7.4.1.

После взрывания зарядов ВВ призабойная часть выработки заполняется газообразными продуктами взрыва. Проветривание забоев горизонтальных выработок производят в строгом соответствии с паспортом проветривания. Преимущественно применяют нагнетательную схему проветривания. После проветривания забой выработки приводится в безопасное состояние. Горный мастер и взрывник осматривают забой и проверяют, все ли шпуровые заряды взорвались. Горный мастер проверяет состояние крепи, кровли и боков выработки. Поврежденная крепь исправляется. Отслоившиеся и нависающие куски породы в кровле и в боках отделяют специальным ломиком. После перечисленных мероприятий рабочие приступают к погрузке породы.

Уборка взорванной породы должна производиться, как правило, погрузочными машинами. Породу грузят машинами либо в вагонетки, либо на конвейер. Для улучшения погрузки применяют перегружатели, устанавливаемые на такой высоте, чтобы под ними могли

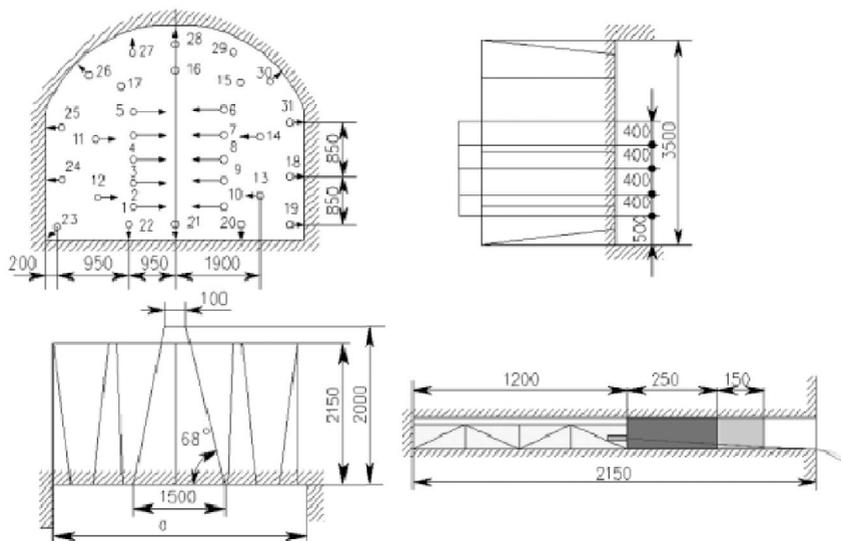


Рис. 7.4.1. Схема расположения шпуров и конструкция шпурового заряда

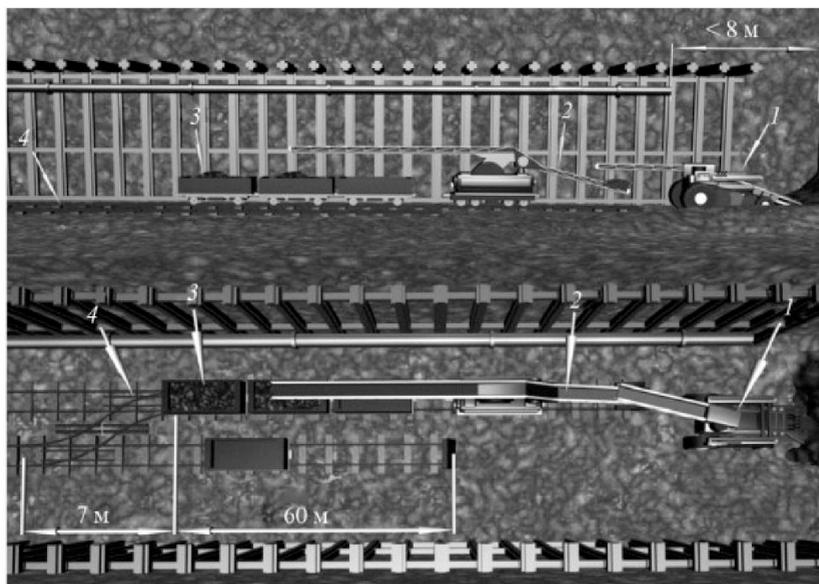


Рис. 7.4.2. Схема проведения выработок с применением погрузочной машины: 1 – породопогрузочная машина 2ПНБ-2; 2 – ленточный перегружатель; 3 – вагонетка; 4 – стрелочный перевод

проходить вагонетки. Состав с вагонетками по мере их загрузки протягивают маневровой лебедкой или электровозом. Погрузка породы является длительным и трудоемким процессом, на который затрачивается до 40 % общей продолжительности проходческого цикла.

На рис. 7.4.2 приведена схема размещения оборудования при проведении двухпутной выработки по крепким породам. Порода грузится погрузочной машиной на подвесной ленточный конвейер-перегрузатель, а из него в вагонетки.

Обмен груженных вагонеток на порожние производится с помощью передвижного накладного стрелочного съезда. По окончании погрузки горной массы возводится постоянная крепь, устраивается водоотводная канавка, наращивается рельсовый путь, став вентиляционных труб и другие коммуникации (электрические кабели, средства связи и автоматической газовой защиты, водопровод), переносятся сланцевые заслоны.

Работы по проведению квершлага (штрека) могут быть осложнены большим притоком воды. В этом случае для откачки воды применяют различного типа водоотливные насосы, которые устанавливают в пониженных местах выработки.

Библиографический список

- Васючков Ю.Ф.* Горное дело. М.: Недра, 1991. 317 с.
- Горное дело: Терминологический словарь. М.: Недра, 1990. 694 с.
- Ефимов В.И. Оценка эффективности применяемых решений по повышению безопасности труда на угольных шахтах // Вестник КузГТУ. 2002. № 1. С. 55–56.
- Жигалов М.Л., Ярунин С.А.* Технология, механизация и организация подземных горных работ. М.: Недра, 1990. 423 с.
- История угледобычи России / В.Д. Грунь, В.Е. Зайденварг, В.Г. Климиник и др. М.: ВИНТИ, 2003. 480 с.
- Казикаев Д.М.* Геомеханика подземной разработки руд. М.: МГГУ, 2005. 542 с.
- Каркашадзе Г.Г.* Механическое разрушение горных пород. М.: МГГУ, 2004. 222 с.
- Килячков А.П.* Технология горного производства. М.: Недра, 1992. 415 с.
- Комплексное использование буроугольных месторождений: Учеб. пособие / Л.А. Пучков, Н.М. Кочурин, Н.И. Абрамкин, Г.Г. Рябов. М.: «Мир горной книги»: МГГУ: «Горная книга», 2007. 277 с.
- Корчак А.В.* Методология проектирования строительства подземных сооружений. М.: «Недра коммюникейшнс ЛТД», 2001. 416 с.
- Красюк Н.Н., Решетов С.Е., Виткалов В.Г.* Направления и технологические решения по развитию угледобывающих предприятий. М.: МГГУ, 2002. 182 с.
- Кузьмин Е.В.* Упрочнение горных пород при подземной добыче руд. М.: Недра, 1991. 253 с.
- Мангуш С.К., Фисун А.П.* Справочник по буровзрывным работам на подземных горных разработках. М.: ЗАО «Книга», 2003. 344 с.
- Машины и оборудование для шахт и рудников: справ. / С.Х. Клорикьян, В.В. Старичнев, М.А. Сребный и др. М.: МГГУ, 2000. 471 с.
- Недра России. Том 1. Полезные ископаемые / А.А. Смыслов, Н.В. Межеловский, А.Ф. Морозов и др. СПб.; М., 2001. 547 с.
- Основы горного дела / П.В. Егоров, Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов и др. М.: МГГУ, 2001. 405 с.
- Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Ч. 1. Вскрытие и подготовка шахтных полей угольных месторождений / Л.А. Пучков, Ю.А. Жежелевский, О.В. Михеев и др. М.: ООО «Международная академия связи», 2005. 271 с.

Подземная разработка пластовых месторождений / О.В. Михеев, В.Г. Виткалов, Г.И. Козовой, В.А. Атрушкевич. М.: МГГУ, 2001. 487 с.

Подземная разработка пластовых месторождений: Учеб. пособие / О.В. Михеев, В.Г. Виткалов, Е.Я. Диколенко, В.А. Атрушкевич. Липецк: Центр.-Чернозем. кн. изд-во. Липецкое отд-ние, 1998. 328 с.

Подмосковный угольный бассейн / В.А. Потапенко, В.И. Постников, А.И. Сычев и др. Тула: «Гриф и К», 2000. 276 с.

Пучков Л.А., Жежелевский Ю.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. М.: МГГУ: «Горная книга»: «Мир горной книги», 2008. Т. 1. 562 с.

Реструктуризация угольной промышленности / Ю.Н. Малышев, В.Е. Зайденварг, В.М. Зыков и др. М.: Компания «Росуголь», 1996. 536 с.

Российская угольная энциклопедия. СПб.: ОАО «Техническая книга», 2004, Т. 1. 649 с.

Системный анализ технологий подземной добычи угля / Л.А. Пучков, О.В. Михеев, В.В. Сенкус, В.А. Атрушкевич. М.: Изд-во Академии наук, 2000. 148 с.

Тулеев А.М., Шатиоров С.В. Уголь России в 21 веке. Проблемы и решения. М.: Коллекция «Совершенно секретно», 2002. 304 с.

Угольная промышленность России / Ю.Н. Малышев, А.Б. Яновский, В.М. Зыков и др. М.: Компания «Росуголь», 1997. 159 с.

Физико-химическая геотехнология: Учеб. пособие / Л.А. Пучков, Н.М. Качурин, В.В. Мельник, Н.И. Абрамкин. Тула: ТулГУ, 2013. 282 с.

Шаровар И.И., Виткалов В.Г. Обоснование технологической схемы сооружения широких подземных выработок мелкого заложения в городских условиях // Изв. Вузов. Горн. Журн. 2002. № 4. С. 131–134.

Шахтное и подземное строительство / Б.А. Картозия, Б.И. Федунец, А.В. Корчак и др. М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. Т. 2. 815 с.

Шахтное и подземное строительство / Б.А. Картозия, Ю.Н. Малышев, Б.И. Федунец и др. М.: Изд-во Академии горных наук, 1999. Т. 1. 607 с.

Block caving en mina El Teniente. Departamento mina. Division El Teniente, 1990.

Jager A.J., Ryder J.A. Rock engineering practice, 1999. 371 с.

Laubscher D.H., Jacubec J. The MRMR Rock Mass Classification for jointed rock masses. Foundations for Design, 2000.

Учебное издание

Мельник Владимир Васильевич
Абрамкин Николай Иванович
Виткалов Виктор Григорьевич

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Основы технологии сооружения участковых подземных горных выработок

Учебное пособие

Редактор *И.Е. Оратовская*

Компьютерная верстка *И.В. Воловик*

Подписано в печать 21.03.16	Бумага офсетная	
Формат 60 × 90 1/16	Печать офсетная	Уч.-изд. л. 5,8
Рег. № 620	Тираж 150 экз.	Заказ 4964

Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»,
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4

Издательский Дом МИСиС,
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4
Тел. (495) 638-45-22

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС,
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4
Тел. (499) 236-76-17, тел./факс (499) 236-76-35