МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

УКАЗАНИЯ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ И КОНСТРУКЦИЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ И ПРИСТВОЛЬНЫХ КАМЕР НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ В ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО И СТАХАНОВО-ПЕРВОМАЙСКОГО РАЙОНОВ ДОНБАССА

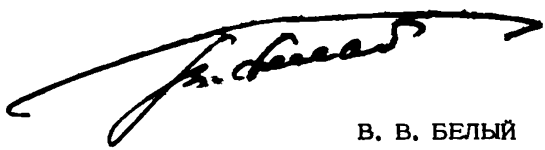
Ленинград
1981

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
В Н И М И

У т в е р ж д а ю
Первый заместитель министра



В. В. БЕЛЫЙ
27 04 1981 г.

У К А З А Н И Я

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ И КОНСТРУКЦИЙ КРЕПЕЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ И ПРИСТВОЛЬНЫХ КАМЕР НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ В ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО И СТАХАНОВО-ПЕРВОМАЙСКОГО РАЙОНОВ ДОНБАССА

Ленинград
1981

РТМ 12.58.002-81

Указания по определению параметров и конструкций крепи вертикальных стволов и приствольных камер на больших глубинах в горногеологических условиях Центрального и Стаханово-Первомайского районов Донбасса. Л., 1981, 72 с. (М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела)

Приведены методы расчета смещений боковых пород и нагрузок на крепь глубоких стволов, сопряжений и камер. Предложены методы расчета крепи. При этом сделана попытка рассмотрения крепи ствола, сопряжения и камеры как пространственной конструкции.

Предложена типизация горногеологических условий и для характерных типов рекомендованы конструкции крепи.

Указания составлены институтами ВНИМИ, ВНИИОМШС, Днепрогипрошахт по заданию Минуглепрома СССР и предложены для проектных и шахтостроительных организаций, занимающихся проектированием, строительством и ремонтом глубоких шахт в Центральном и Стаханово-Первомайском районах Донбасса, а также в аналогичных условиях.

Ил. 24, табл. 23.

© Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела ВНИМИ. 1981.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей народнохозяйственной задачей, поставленной ЦК КПСС на 1980–1990 гг. является дальнейшее развитие угольной промышленности СССР. В частности, в связи с необходимостью увеличения добычи коксующихся углей в Донецком бассейне и отсутствием их запасов на верхних горизонтах, в ближайшие годы предусматривается наращивание мощностей шахт в Центральном районе Донбасса.

Сохранение и дальнейшее увеличение объемов добычи в этом районе связано с освоением глубин 1000–1300 и более метров. К 1980 году максимальная глубина горных работ достигла 930 м.

В связи с увеличением интенсивности проявления горного давления на больших глубинах становится все более важной проблема поддержания вертикальных стволов шахт. При этом чаще всего подвергаются разрушению наиболее ослабленные участки ствола – сопряжения с горизонтальными выработками околоствольного двора и камеры, непосредственно примыкающие к стволу (загрузки скипов, зумпфовых насосов и т. п.). Положение усугубляется тем, что темпы проводимых капитальных ремонтов стволов недостаточны для обеспечения в ближайшие годы их удовлетворительного состояния на всех действующих шахтах.

Ежегодные затраты на поддержание одного эксплуатационного ствола Центрального района Донбасса достигают 100 тыс. р.

Аналогичное положение возникло и на ряде шахт Стаханово-Первомайского района.

Проектирование крепи стволов шахт для Центрального и Стаханово–Первомайского районов неприемлемо без достаточно обоснованных технических решений.

Между тем, действие общих нормативных документов СНиП II–М 4–65 и Указаний по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР (Минуглепром СССР, ВНИМИ, Л. , 1978), в дальнейшем сокращенно называемых Указаниями (ВНИМИ, Л. , 1978), ограничено.

Последний из указанных документов содержит исходные данные для проектирования крепи, исключая участки с весьма неустойчивыми горными породами. В рассматриваемых же районах около 50% пород толщи карбона представлено глинистыми породами, относящимися на глубинах свыше 700 м к категории весьма неустойчивых согласно классификации пород, приведенной в Указаниях.

В упомянутых документах отсутствуют рекомендации по определению параметров крепи камер и сопряжений. Проектируемые вертикальные стволы, с примыкающими к ним горизонтальными выработками, на больших глубинах в условиях крутого падения представляют собой сложные сооружения.

Срок эксплуатации стволов рассматриваемых районов исчисляется десятилетиями. В этих условиях время оказывает существенное влияние, так как даже при малых напряжениях в слоях глинистых сланцев накапливаются большие неупругие деформации ползучести.

Реологическая направленность процессов проявления горного давления вызывает необходимость учета смещений окружающих пород при определении параметров крепи.

Традиционный подход к рассмотрению крепи стволов в условиях крутого падения как плоских систем неприемлем. Сказанное в равной степени относится к камерам и сопряжениям. С переходом на большие глубины необходим принципиально другой подход к выбору типов крепи. При выборе целесообразной конструкции крепи рекомендуется руководствоваться технико-экономическими соображениями, но при этом необходимо иметь в виду, что во всех случаях податливая крепь будет нести меньшую нагрузку, чем жесткая. Существенное значение для конструкций крепи выработок глубоких шахт имеет их форма.

Сказанное свидетельствует о том, что в таких условиях обоснованию исходных данных для расчета и выбору типов конструкций крепи должен предшествовать значительный объем экспериментальных работ с целью исследования параметров напряженно-деформированного состояния окружающих пород и крепи, вопросов концентрации напряжений, несущей способности и перераспределения усилий, связанных с развитием неупругих деформаций в элементах конструкций.

Настоящие Указания составлены по заданию Минуглепрома СССР (письмо Первого заместителя министра тов. В. В. Белого № 3-35-46/179 от 21. 04. 76 г.).

В настоящих Указаниях приведены методы расчета смещений боковых пород и нагрузок на крепь глубоких стволов, сопряжений и камер. Предложены методы расчета крепи. Причем сделана попытка рассмотрения крепи ствола, сопряжения и камеры как пространственной конструкции.

Предложена также типизация горногеологических условий и, для характерных типов, рекомендованы конструкции крепи.

Документ разработан на основании систематизации и обобщения многочисленных данных о фактическом состоянии крепи стволов, камер и сопряжений, шахтных инструментальных измерений, лабораторных исследований моделей методами фотомеханики, аналитических исследований, анализа опыта проектирования крепи и комплекса проектно-изыскательских работ.

Указания составлены ВНИМИ (определение исходных данных для расчета параметров крепи); ВНИИОМШСом и Днепрогипрошахтом (определение типов крепи, предложения по совершенствованию существующих и разработке новых конструкций). Они предназначены для проектных и шахтостроительных организаций, занимающихся проектированием, строительством и ремонтом стволов глубоких шахт в Центральном и Стаханово-Первомайском районах Донбасса, а также в аналогичных условиях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. 1. Настоящие Указания применяются при проектировании вертикальных стволов глубоких шахт, камер различного назначения (загрузки скипов, зумпфовых насосов и т. п.), непосредственно примыкающих к стволу, и сопряжений ствола с горизонтальными выработками околоствольных дворов, а также при разработке мероприятий по предотвращению и ликвидации нарушений крепи перечисленных выработок.

1. 2. Указания распространяются на глубокие [x] вертикальные стволы различного назначения в Центральном и Стаханово-Первомайском районах Донбасса и в аналогичных им районах при следующих условиях:

- породы вскрываемой толщи представлены переслаивающимися слабыми глинистыми породами и песчаниками с сопротивлением одноосному сжатию "в куске" не менее 7 МПа, относящимися к различным категориям устойчивости согласно классификации, приведенной в Указаниях ВНИМИ (Л. , 1978);
- залегание пластов от пологого до крутого;
- максимальная глубина ствола - 1700 м;
- выработки находятся вне зон влияния очистных работ и охраняются предохранительными целиками, построенными в соответствии с действующими нормативными документами.

Выбор параметров крепи в условиях, отличающихся от указанных в п. 1. 2, производится на основе заключения специализированных научно-исследовательских институтов (ВНИМИ, ВНИИОМШС и др.).

1. 3. Проектирование глубоких вертикальных стволов должно производиться в соответствии с требованиями:

- настоящих Указаний;
- Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах;
- Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт;
- главы СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций;
- главы СНиП по проектированию стальных конструкций;
- главы СНиП по защите строительных конструкций и сооружений от коррозии;
- ведомственных инструкций по проектированию предприятий угольной промышленности;
- государственных стандартов на материалы крепи.

1. 4. При проектировании крепи на участках пересечения стволом пластов опасных по внезапным выбросам угля и газа следует руководствоваться Инструкцией по безопасному ведению горных работ по пластам, склонным к внезапным выбросам угля, пород и газа (М. : Недра, 1977).

---

[x] Понятие "глубокий ствол" разъяснено в п. 2. 2.

1. 5. Проектирование крепи глубоких стволов следует выполнять с учетом соответствующих требований Инструкции по разработке проектов и смет для промышленного строительства (СН 202-76).

При этом следует предусматривать:

а) разработку нескольких вариантов расположения ствола на промплощадке, сопряжений и камер – по глубине;

б) проведение методами механики сплошной среды, строительной механики и инженерных аналогий расчетов (для каждого варианта) по определению устойчивости стенок выработок, формы и размеров их поперечного сечения, величин смещений пород и нагрузок на крепь, конструкций и параметров крепи, с учетом мер охраны и защиты выработок, а также способов их сооружения;

в) технико-экономическое сравнение показателей вариантов и принятие на их основе решения по минимальным суммарным затратам при строительстве и эксплуатации;

г) установление возможности использования для проектируемых стволов, камер, примыкающих к ним, и сопряжений действующих типовых или унифицированных сечений;

д) корректировку проекта на последующих стадиях его выполнения в случае отклонения физико-механических свойств пород, литслогии и других данных в период строительства от принятых в качестве исходных при проектировании.

1.6. В проектах главных стволов глубоких шахт должна предусматриваться установка контрольно-измерительной аппаратуры для натурных наблюдений за работой крепи как в процессе строительства, так и в период их эксплуатации, для оценки состояния крепи.

Выбор конструкции и назначение количества контрольно-измерительной аппаратуры, а также ее размещение должны производиться по согласованию с научно-исследовательскими организациями (ВНИМИ, ВНИИОМШС).

Основные компоновочные и конструктивные требования

1. 7. При проектировании вертикальных стволов и примыкающих к ним выработок, следует соблюдать требования, обеспечивающие необходимую надежность, долговечность и заданные условия эксплуатации ствола в целом, а также отдельных его участков. Для этого необходимо:

а) охранять глубокие стволы независимо от их назначения и срока службы предохранительными целиками, построенными по граничным углам: вопрос о сокращении предохранительных целиков в случаях, не предусмотренных Указаниями (Л., 1978, ВНИМИ), решается специализированными организациями;

б) участки стволов ниже 700 м, независимо от размеров околоствольных целиков, должны быть конструктивно защищены от вертикальных деформаций, определяемых по методике, изложенной в Указаниях (Л., 1978, ВНИМИ);

в) камеры и сопряжения располагать, по возможности, в весьма устойчивых и устойчивых породах вкрест простирания;

г) околоствольные выработки в породах II категории устойчивости на протяжении от ствола не менее 30 м, а в породах III и 1У категорий – не менее 50 м, крепить жесткой крепью (в породах I категории тип крепи не регламентируется);

д) не допускать разрушения околоствольных целиков погашаемых горизонтов, для чего погашаемые околоствольные выработки в породах I и II категорий на протяжении от ствола до 10 м, а в породах III и 1У категорий устойчивости – до 30 м, закладывать мелкокусковатой породой на тампонажном растворе;

е) располагать отдельные участки ствола, на которых ожидаются повышенные нагрузки, а также камеры и сопряжения, в предварительно разгруженной области массива, создаваемой путем надработки, щелей, скважин и т. д.;

ж) применять тампонаж закрепного пространства и упрочнение окружающих пород.

1. 8. Выбор формы и размеров поперечного сечения ствола, камер и сопряжений должен производиться исходя из конкретных горногеологических условий и соответствовать применяемому оборудованию. Конфигурацию указанных выработок необходимо предусматривать с наименьшим количеством уступов и переходов с одного сечения на другое.

1. 9. В проектах стволов, сооружаемых в обводненных массивах, надлежит предусматривать защиту от проникновения в ствол воды в соответствии с действующими нормативными документами по водопонижению; как правило, не допускать "мокрую" консервацию сооружаемых глубоких стволов. "Мокрая" консервация допустима только в случае, когда не обеспечивается вентиляция консервируемой части ствола сразу же после проходки.

1. 10. Для монолитной бетонной и железобетонной крепи должен предусматриваться тяжелый бетон марки не ниже М200, а для сборных железобетонных конструкций крепи – не ниже М300.

При наличии агрессивных вод нужно применять сульфатостойкие цементы и другие компоненты, устойчивые к агрессии.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОДДЕРЖАНИЯ СТВОЛОВ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2. 1. Вертикальные шахтные стволы, сопряжения примыкающих к ним выработок и камеры должны проектироваться на основе:

а) данных, характеризующих условия сооружения и эксплуатации выработок согласно прил. 1 и 2;

б) количественных показателей, характеризующих координаты и геометрические размеры выработок, физико-механические свойства вмещающих пород и крепи, технологию проходки выработки и возведения крепи.

При отсутствии перечисленных сведений проектирование выработок не допускается.

Классификация условий поддержания

2. 2. Условия эксплуатации вертикальных стволов включают комплекс горногеологических и горнотехнических факторов.

Важнейшим горногеологическим фактором следует считать глубину, определяющую характер деформирования пород вокруг ствола.

С позиций геомеханики под понятием "глубокий ствол" следует понимать не физическую глубину, характеризующую протяженность ствола от земной поверхности, а глубину, на которой в стволе, на его отдельных участках, возникают такие специфические явления, как выдавливание пород внутрь ствола, выбросы угля и газа, повышенные температуры и т. п.

Глубокими в рассматриваемых районах, в соответствии с Основными положениями по разработке проектов новых и реконструкции действующих шахт Донецкого бассейна на глубоких горизонтах (М., 1971), принято считать "угольные шахты с начальной глубиной вентиляционного горизонта 600 м на пологом и наклонном падении и 700 м – на крутом".

2. 3. В зависимости от геологического строения, вещественного состава и физико-механических свойств пород необходимо выделять четыре типа горногеологических условий для дифференцированного выбора конструкций крепи.

К первому типу следует относить участки геологического разреза, представленные сравнительно однородной толщей глинистых, песчано-глинистых сланцев или песчаников. Для указанного типа характерны мощности слоев от 4–5 м и больше.

Второй тип представлен участками переслаивания глинистых, песчано-глинистых сланцев, песчаников и известняков с пластами и пропластками углей. Этот тип имеет наибольшую суммарную протяженность в разрезах стволов. Прочностные показатели пород слоев различаются между собой на 30% и более. Указанный тип характеризуется слоями мощностью от 0,1 до 5 м.

Участки с водоносными песчаниками и известняками выделены в третий тип горногеологических условий.

К четвертому типу следует относить участки толщи, вмещающие геологические нарушения.

2. 4. Для количественной классификации горных пород по реологическим свойствам следует применять обобщенный реологический показатель $\varkappa/\beta$, разделяя породы на пять классов – в соответствии с данными табл. 1.

Среди горных пород (см. табл. 1), наиболее отчетливыми реологическими свойствами обладают слабые глинистые породы с сопротивлением одноосному сжатию $R \leqslant 30$ МПа.

Таблица 1

Класс ползучести	Порода (петрографические признаки)	Сопротивление пород одноосному сжатию R, МПа	Обобщенный реологический показатель, $\varkappa/\beta$	Степень ползучести пород
1	Известняки, песчаники, песчанистые сланцы, алевролиты на карбонатном и кремнисто-карбонатном цементе	Более 100	До 0,16	Весьма слабая
II	Песчаники, песчанистые сланцы и алевролиты, аргиллиты на кремнисто-глинистом и глинисто-карбонатном цементе	50-100	0,16-0,25	Слабая
III	Песчаники, песчано-глинистые сланцы, алевролиты на слюдисто-карбонатно-глинистом и слюдисто-глинистом цементе, аргиллиты	30-50	0,25-0,4	Средняя
1У	Выветренные песчаники, песчано-глинистые, глинистые, углисто-глинистые сланцы, алевролиты на глинистом цементе, аргиллиты	15-30	0,4-0,63	Сильная
У	Глинистые сланцы, "кучерявчики" аргиллиты, уплотненные глины	Менее 15	0,63-1,0	Весьма сильная

2. 5. По объемно-планировочным признакам в стволе следует выделять:

а) протяженный участок (А на рис. 1);

б) участок, сопрягающийся с различными выработками (сопряжения ствола с горизонтальными выработками околоствольного двора, Б-3 на рис. 1, и камерами различного назначения);

в) участок, сопрягающийся с двумя и более выработками, оказывающими друг на друга взаимное влияние (см. рис. 1, Б-1, Б-2);

г) участок околоствольного массива с двумя стволами, один из которых используется в качестве угольного бункера.

Первый участок находится вне зоны влияния сопряжений ствола с другими выработками и характеризуется сравнительно равномерным распределением напряжений в крепи. Для остальных участков характерна повышенная концентрация напряжений в крепи.

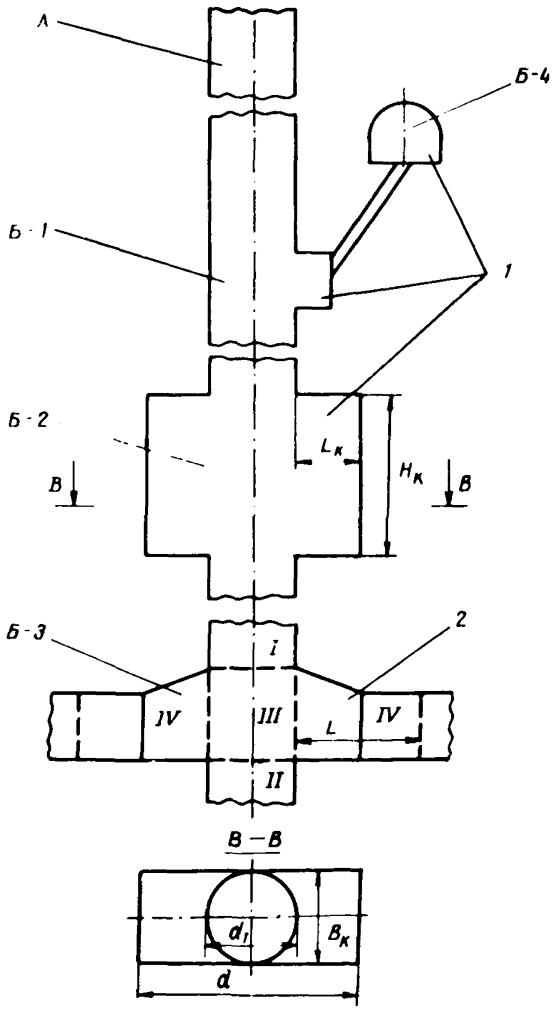


Рис. 1. Типовые варианты схем расположения сопряжений и приствольных камер:

1, II, III, 1У – зоны сопряжения; 1 – приствольные камеры; 2 – сопряжения

Каждый из указанных участков ствола может находиться в одном из типов горногеологических условий, приведенных в п. 2. 3.

2. 6. Перечень характеристик горнотехнических условий, физико-механических свойств горных пород и крепи должен быть представлен расчетными показателями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики и параметры	Обозначение	Единицы измерения
Горнотехнические условия		
Глубина рассматриваемого сечения ствола	H_p	м
Диаметр ствола в свету	$2r_0$	м
Диаметр ствола вчерне	$2r_1$	м
Мощность слоя по нормали	$2h$	м
Высота заходки (расчетная)	l	м
Тип горногеологических условия	1,П,Ш и 1У	
Расчетная физическая характеристика породы		
Объемная (средняя) плотность горной породы	$\gamma_п$	кг/м^3
Расчетные механические характеристики пород		
Сопротивление пород одноосному сжатию в массиве	$R_{сж}$	МПа
Модуль упругости	E_0	МПа
Предельная относительная деформация породы в условиях одноосного сжатия	$\tilde{\varepsilon}_п$	
Коэффициент Пуассона	ν	
Коэффициент бокового распора	λ	
Коэффициент пластичности	$П$	
Расчетные реологические характеристики породы		
Обобщенный реологический параметр	$\varkappa/\beta$	
Расчетная механическая характеристика крепи		
Предельная длительная деформация крепи	$\tilde{\varepsilon}_к$	
Физическая константа		
Ускорение силы тяжести	g	м/с^2

Последние входят в функциональные зависимости расчетной схемы, применяемой в настоящих Указаниях.

2. 7. Расчетную глубину $H_р$ расположения рассматриваемого сечения крепи следует определять по формуле:

$$H_р = K \cdot H , \qquad (1)$$

где H – фактическая глубина рассматриваемого сечения, м; K – коэффициент, учитывающий отличие напряженного состояния массива пород от веса налегающей толщи пород до поверхности и определяемый на основании данных специальных исследований; если они отсутствуют, то K = 1.

2. 8. Расчетное сопротивление пород одноосному сжатию в массиве при определении нагрузок на крепь ствола следует определять по формуле:

$$R_{сж} = R \cdot K_с , \qquad (2)$$

где R – среднее значение сопротивления пород сжатию, устанавливаемое экспериментально по результатам испытаний образцов пород, МПа; $K_с$ – коэффициент, учитывающий дополнительную нарушенность массива пород поверхностями ослабления без сцепления, либо с малой связностью (зеркала скольжения, трещины, глинистые прослои и т. п.) под воздействием тектонических сил, выветривания и других процессов, определяемый по пп. 2.9, 2.10 настоящих Указаний.

2. 9. На стадии ТЭО $K_с$ следует определять по материалам геологической разведки, согласно табл. 3, по общей характеристике дизъюнктивной нарушенности массива пород в районе расположения выработки.

Таблица 3

Характеристика дизъюнктивной нарушенности массива пород	$K_с$
Отсутствие нарушений	1
Наличие мелкоамплитудных (до 10 м) нарушений . . .	0,8
Наличие нарушений с амплитудой более 10 м.	0,6
Зона дробления и смятия пород непосредственно в зоне самого нарушения. . . .	0,3

Таблица 4

Среднее расстояние между поверхностями ослабления пород, м	$K_с$
Более 1,5	0,9
От 1,5 до 1	0,8
От 1 до 0,5	0,6
От 0,5 до 0,1 . . .	0,4
Менее 0,1.	0,2

2. 10. При разработке технического проекта $K_с$ определяется на основании данных инженерно-геологических изысканий по среднему расстоянию между поверхностями ослабления пород без сцепления или малой связностью, согласно табл. 4.

2. 11. За расчетную мощность пласта надлежит принимать мощность пласта по нормали к напластованию.

2. 12. При проходке ствола по совмещенной схеме расчетную высоту заходки l следует определять из выражения:

$$l = l_o + l_в \qquad (3)$$

где l_o – высота опалубки, м; $l_в$ – протяженность участка массива ниже забоя, в пределах которого происходят скрытые смещения пород к оси ствола; допускается принимать $l_в = 0,5\, l_o$.

Определение расчетной высоты заходки в остальных случаях должно производиться на основании графика производства работ по проходке и возведению крепи.

2. 13. Вес толщи вышележащих пород следует определять по средней объемной плотности пород $\gamma_п$ в пределах рассматриваемого слоя, принимая ее равной 2600 кг/м^3.

2. 14. Коэффициент Пуассона ν и коэффициент бокового распора λ устанавливаются по данным экспериментальных исследований проводимых в соответствии с Методическими указаниями по определению механических свойств горных пород геологическими и изыскательскими организациями Минуглепрома СССР (Л., 1977. Минуглепром СССР, ВНИМИ) и Руководством по испытанию горных пород на боковой распор (Л., 1969. Минуглепром СССР, ВНИМИ).

2. 15. Коэффициент пластичности П горной породы, представляющий собой отношение общей предельной деформации к упругой, для условий одноосного сжатия образца должен определяться на основании данных экспериментальных исследований, выполняемых в соответствии с Методическими указаниями по определению механических свойств горных пород геологическими и изыскательскими организациями Минуглепрома СССР (Л., 1977. Минуглепром СССР, ВНИМИ).

При отсутствии данных экспериментальных исследований допускается принимать коэффициент пластичности равным:

для глинистых сланцев – 2,3;

для песчано-глинистых сланцев – 2;

для песчаников – 1,5.

2. 16. Предельная деформация горной породы определяется на жестком прессе в соответствии с Рекомендациями по методам определения запредельных характеристик горных пород при одноосном и трехосном сжатии (Л., 1980. Минуглепром СССР, ВНИМИ).

Если невозможно определить предельную деформацию горной породы экспериментальным способом, то этот показатель следует определять по формуле:

$$\tilde{\varepsilon}_п = \frac{П \cdot R}{E_o} . \qquad (4)$$

2. 17. Коэффициент бокового распора горной породы определяется в зависимости от глубины. Для этого испытания образцов в стабилометре необходимо производить при осевых давлениях, соответ-

ствующих глубине залегания породного слоя, и запрещенной боковой деформации.

2. 18. Для предварительных расчетов коэффициент бокового распора надлежит определять по формуле И. В. Родина:

$$\lambda = \lambda_o + \left(\frac{H}{H_п}\right)^2 \cdot \left(3 - 2\frac{H}{H_п}\right) \cdot (1 - \lambda_o), \qquad (5)$$

где $H_п$ – глубина расположения пластической зоны, в которой достигается гидростатическое распределение напряжений; λ_o – коэффициент бокового распора на малой глубине, принимаемый равным: для глинистых сланцев – 0,25; для песчано-глинистых сланцев – 0,19; для песчаников – 0,11.

Глубину расположения пластической зоны определяют в лабораторных условиях в соответствии с п. 2. 14. Для ориентировочных расчетов глубину пластической зоны следует принимать равной: для глинистых сланцев – 2000 м; для песчано-глинистых – 3000 м.

2. 19. Определение обобщенного реологического параметра $\varkappa/\beta$, отражающего степень снижения мгновенного модуля упругости при полной реализации реологических свойств горной породы, необходимо производить по программе, разработанной ИГТМ АН УССР.

Для ориентировочных расчетов среднюю величину обобщенного реологического показателя $\varkappa/\beta$ для различных литологических разностей следует принимать по табл. 1.

2. 20. Предельная (окружная) деформация крепи ствола на протяженном участке должна определяться на основании ее механической характеристики, представляющей собой зависимость радиальных перемещений крепи от возрастающей ступенями равномерно распределенной нагрузки.

2. 21. При отсутствии механической характеристики крепи предельную деформацию последней следует определять по механической характеристике материала, из которого изготовлена крепь. В этом случае предельная деформация крепи $\tilde{\varepsilon}_к$ приравнивается к предельной деформации материала крепи ε.

2. 22. Для бетонов и железобетона, применяемых при сооружении стволов, независимо от призменной прочности бетона, его предельную относительную сжимаемость при длительном возрастании нагрузки надлежит принимать равной $\varepsilon_б = 600 \cdot 10^{-5}$.

2. 23. Предельную деформацию крепи из металлических тюбингов следует находить с учетом уплотнения тампонажного кольца по формуле:

$$\tilde{\varepsilon}_к = \varepsilon(R) + \frac{0,0625 \cdot \delta_к}{r_1}, \qquad (6)$$

где $\varepsilon(R)$ – предельная деформация материала крепи, соответствующая расчетному сопротивлению R, определяемому в соответствии с требованиями СНиП П-В. 3-72; $\delta_к$ – средняя толщина тампонажного кольца.

Величину $\varepsilon(R)$ устанавливают по механической характеристике материала крепи "$\sigma - \varepsilon$". Для расчетов предельной деформации крепи из чугунных тюбингов надлежит пользоваться механической характеристикой чугуна марки СЧ-21-40, приведенной на рис. 2.

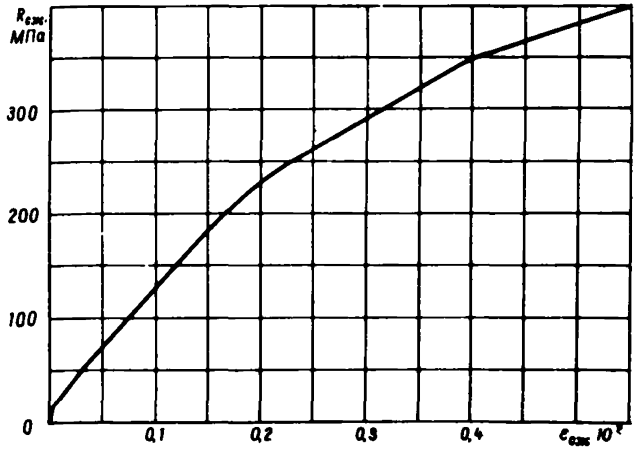


Рис. 2. Механическая характеристика серого чугуна марки СЧ-21-40

2. 24. Расчетные значения приведенных в табл. 2 показателей механических и реологических свойств горных пород следует определять по результатам испытаний породных образцов в соответствии с ГОСТ 20522-75.

3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

3. 1. В рассматриваемых горногеологических условиях установлены особенности проявления горного давления, которые необходимо учитывать при проектировании крепи и ее возведении:

- региональность проявления горного давления;
- высокая неравномерность распределения нагрузок и деформаций крепи по контуру;
- специфика деформирования породных стенок в горногеологических условиях II типа;
- повышенное проявление реологических свойств горных пород на крутом падении;
- своеобразные формы разрушения крепи.

3. 2. Региональность проявления горного давления состоит в том, что повышенные нагрузки в рассматриваемых условиях испытывают участки ствола в слоях слабых глинистых пород, склонных к пластическому выдавливанию. Как правило, интенсивное выдавливание наблюдается в том случае, если слой слабой породы находится между двумя слоями более прочных пород. Такие участки толщи следует считать наиболее опасными с точки зрения вероятности разрушения крепи.

3. 3. В зоне пересечения стволом слабого пластичного слоя, находящегося между двумя прочными и мощными слоями, наблюдаются следующие особенности проявлений горного давления:

а) интенсивное перемещение стенок ствола внутрь выработки;

б) существенная неравномерность коэффициента концентрации окружных сжимающих напряжений, изменяющегося от 2 до 4 в одном сечении;

в) существенное перераспределение окружных напряжений в крепи от равномерного, приуроченного к прочным слоям с коэффициентом неравномерности $\omega = 1$, к неравномерному, с коэффициентом $\omega = 10$, вплоть до появления в крепи растягивающих напряжений;

г) появление в крепи изгибающих моментов разного знака, приводящих к возникновению в ней растягивающих напряжений и значительному увеличению сжимающих.

Перемещения пород вкрест простирания пласта превышают перемещения по простиранию. Причем со стороны падения смещения стенок в 1,3 – 1,5 раза больше, чем со стороны восстания. Такое соотношение в смещениях характерно, в основном, для горногеологических условий П типа.

Резкая неравномерность радиальных смещений приводит к неодинаковой разгрузке массива и развитию вокруг ствола асимметричного поля напряжений. Для горногеологических условий I типа характерно сравнительно равномерное смещение пород.

Общей закономерностью регионального деформирования вмещающих слабых глинистых пород является существенное влияние мощности пласта и угла залегания на величины возникающих в крепи напряжений. Поэтому при расчете крепи в зоне пересечения слоя слабых глинистых пород не всегда допустимо применение формулы Ляме.

3. 4. Для условий крутого падения в горногеологических условиях П типа характерен своеобразный прогиб слоев, наблюдаемый со стороны падения. При этом происходит расслоение породных слоев, слагающих стенку со стороны падения. В образовавшиеся щели попадает вода и дополнительно увлажняет породы, в результате чего снижается их устойчивость со стороны падения, где , как правило, происходят вывалы.

Указанное различие в устойчивости породных стенок со стороны падения и восстания следует учитывать при упрочнении окружающих пород.

3. 5. Процесс взаимодействия системы "бетонная крепь–порода" во времени следует разделять на два периода. Первый характеризуется интенсивным ростом смещений и нагрузок на крепь; второй – сравнительно медленным увеличением смещений и нагрузок на крепь до момента ее разрушения.

3. 6. Максимальные величины скоростей радиальных смещений закрепленных бетоном стенок ствола в районах пересечения слоев слабых глинистых пород R ≈ 40 МПа во II период деформирования должны назначаться по табл. 5, в которой даны величины этих скоростей в интервале глубин 500–2100 м (мм/год) в условиях Центрального и Стаханово–Первомайского районов Донбасса.

Значения скоростей смещений на глубинах, не указанных в табл. 5, находят при помощи линейной интерполяции. Для пластов мощностью больше 4 м скорость смещения следует принимать как для слоя мощностью 4 м.

Таблица 5

Мощность слоя, м	Глубина залегания слоев, м								
	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100
0,5	0,01	0,01	0,03	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
1	0,01	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,3	1,5
1,5	0,1	0,4	0,7	1,2	1,6	2,1	2,6	2,9	3,2
2	0,3	0,8	1,4	2,1	2,9	3,7	4,4	5	5,5
2,5	0,5	1,3	2,2	3,3	4,4	5,6	6,6	7,6	8,2
3	0,9	1,9	3,2	4,7	6,3	7,8	9,3	10,5	11,4
3,5	1,3	2,7	4,8	6,3	8,4	10,4	12,3	14,8	16
4	1,8	3,6	5,7	8,1	10,7	13,3	15,7	17,7	19,2

3. 7. По степени нагруженности и особенностям напряженно–деформированного состояния крепи в сопряжении ствола с горизонтальными выработками околоствольного двора следует выделить, как показано на рис. 3, четыре зоны:

I – примыкания ствола к своду горизонтальной выработки;

II – то же к почве горизонтальной выработки;

III – ослабленного сечения ствола;

IУ – свода горизонтальной выработки.

3. 8. В районе примыкания зоны 1 к зоне III сопряжения коэффициент концентрации сжимающих напряжений необходимо принимать равным 2.

3. 9. В породах III зоны происходит уменьшение окружных сжимающих напряжений в 2 раза по сравнению с протяженной частью, что приводит к увеличению смещений породных стенок внутрь ствола и увеличению нагрузок на крепь сопряжения. Поэтому при расчете нагрузок на крепь необходимо принимать коэффициент концентрации окружных напряжений такой же, как в п. 3. 8.

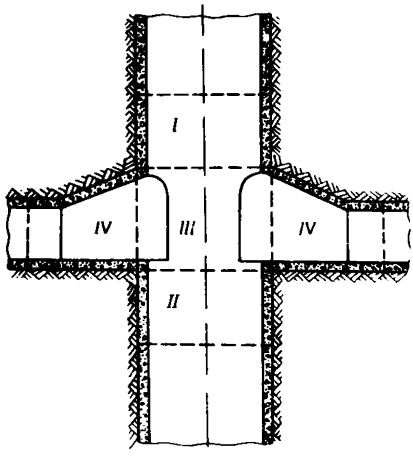


Рис. 3. Схема расположения характерных зон нагруженности крепи сопряжения

3. 10. При проектировании камер с плоскими стенками и вытянутостью вдоль оси ствола от 0,5 до $2Д_0$ ($Д_0$ – диаметр ствола) надлежит учитывать снижение устойчивости породных стенок камеры в узлах примыкания их к стволу и повышение коэффициента концентрации напряжений в угловых зонах соответственно от 2 до 4.

3. 11. В углах забоя камеры и сопряжения, когда забой сопряжения (в период строительства) расположен вблизи ствола, имеет место возникающее вследствие взаимного влияния ствола и камеры (сопряжения) увеличение вертикальных напряжений в породах в 2–3 раза.

Для увеличения устойчивости породных стенок длина примыкающей выработки должна быть не менее 2 $Д_0$.

3. 12. Типичные виды деформаций крепи стволов на протяженных участках, камер и сопряжений приведены соответственно на рис. 4, 5 и 6.

Разрушение бетонной крепи ствола начинается с внутренней поверхности. Вначале на стенке возникают вертикальные и наклонные трещины небольшой протяженности. В условиях крутого падения они появляются прежде всего со стороны падения и восстания. Длина трещин со временем увеличивается и разрушение бетона распространяется по периметру, примерно на 3–5 м со стороны как падения, так и восстания. Резкое уменьшение отпора крепи, вызванное разрушением бетона в направлении вкрест простирания, вызывает дальнейшее повреждение крепи по всему периметру.

Железобетонная крепь деформируется аналогично бетонной. Однако в этом случае не происходит выпадения больших кусков бетона, так как разрушенный бетон продолжает удерживаться арматурой.

Наиболее характерной особенностью разрушения крепи камер с плоскими стенками является появление наклонных трещин. В слабых глинистых породах деформации проявляются в виде выдавливания подошвы камеры. Кроме того, встречаются своеобразные отрывы стенок камеры от крепи ствола.

Разрушение крепи сопряжений происходит во всех четырех зонах. Деформирование крепи в I и II зонах наблюдается в виде трещин, заколов и отслоений бетона. Разрушенные участки ориентируются, в основном, вдоль оси ствола.

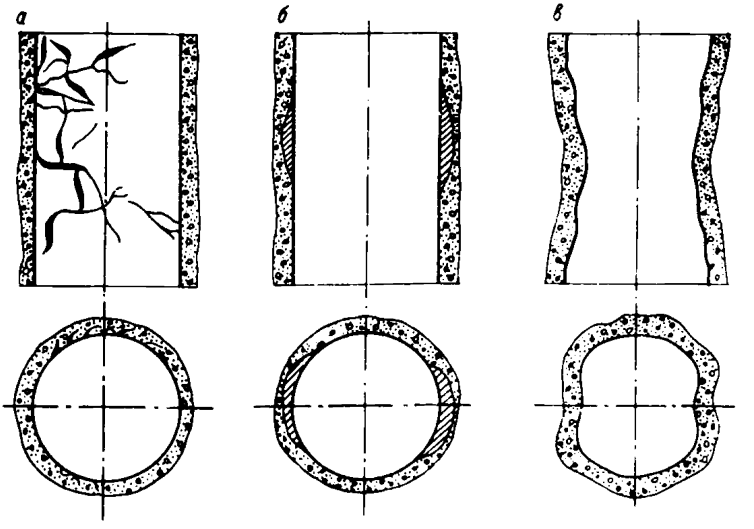


Рис. 4. Схемы разрушения крепи протяженного участка ствола:

а – трещины; б – скол бетона; в – выдавливание

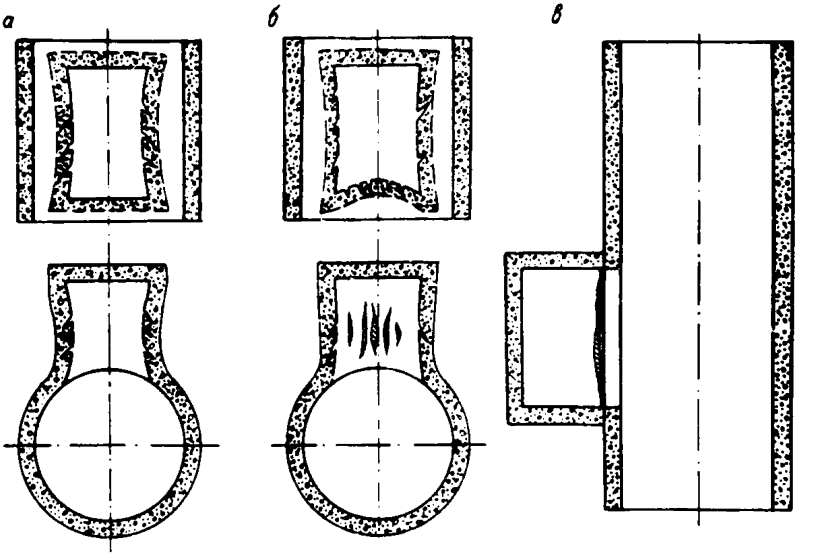


Рис. 5. Схемы разрушения крепи камеры:

а – прогиб стенок; б – выдавливание почвы; в – отрыв от крепи ствола

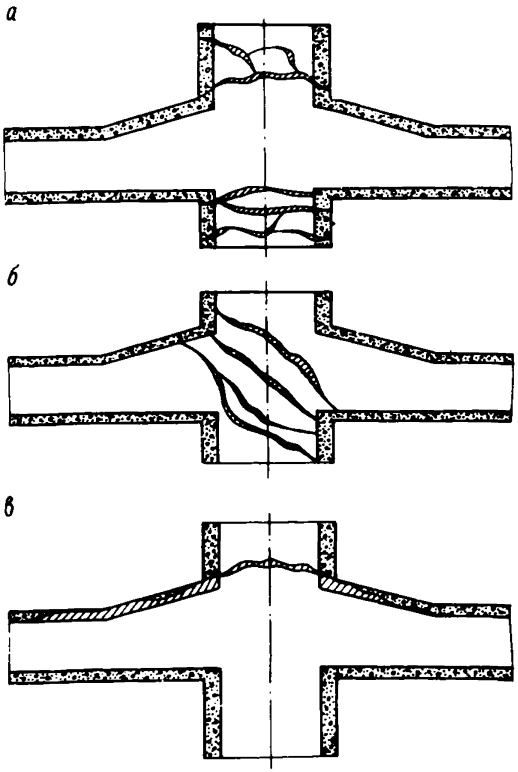


Рис. 6. Схемы разрушения крепи сопряжения:

а – стволовой части; б – проема; в – свода

В Ш зоне чаще всего происходит отслоение бетона. Сводовая часть IУ зоны сопряжения деформируется в меньшей степени.

Указанные особенности разрушения крепи существующих конструкций надлежит учитывать при создании новых типов крепи и разработке мероприятий по ремонту стволов.

4. РАСЧЕТ СМЕЩЕНИЙ ПОРОД И НАГРУЗОК НА КРЕПЬ

Основные положения

4. 1. Сведения о нагрузках на крепь и смещениях окружающих пород могут быть получены следующими путями:

– инструментальными измерениями в натурных условиях;

– аналитическими способами, основанными на применении методов механики сплошной среды;

– экспериментально-аналитическим способом, основанным на сочетании экспериментальных и теоретических.

Наиболее надежно определяются величины нагрузок на крепь и смещение пород путем инструментальных измерений.

4. 2. Расчетные схемы при определении нагрузок на крепь следует выбирать по возможности простые, с учетом только тех факторов, которые существенно влияют на величины нагрузок. Этому условию соответствует расчетная схема, основанная на решении упруго-пластической задачи при полной совместимости перемещений точек на контакте крепи и окружающих пород. При этом нагрузка рассматривается как реакция крепи на перемещения, развивающиеся в породном массиве на контуре выработки, величина которых зависит от механической характеристики крепи.

В соответствии со схемой совместного деформирования общее перемещение породной стенки за определенный промежуток времени U_{∞} (P) складывается из двух частей: начального перемещения до установки крепи U_0 и перемещения на внешнем контуре крепи U (P), развивающегося в результате совместного деформирования крепи с массивом:

$$U_{\infty}(P) = U_0 + U(P). \qquad (7)$$

4. 3. Величину смещений до установки крепи следует определять с учетом реологических свойств горных пород и расстояния рассматриваемого сечения крепи от забоя ствола.

4. 4. Исходя из условия безремонтного поддержания стволов, смещения породного контура, развивающиеся в результате совместного деформирования крепи с массивом, надлежит определять по величине предельной деформации крепи в соответствии с пп. 2. 21–2. 23.

4. 5. Нагрузки на крепь сопряжения в зонах I, П и III (см. рис. 3) должны определяться умножением величины нагрузки на крепь протяженного участка ствола в месте сопряжения на коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений в крепи.

4. 6. Ввиду отсутствия в настоящее время достаточно обоснованных и проверенных предложений по математическому описанию напряженно-деформированного состояния пород вокруг таких пространственных объектов, какими являются приствольные камеры, целесообразно использовать для определения нагрузок на крепь камер и смещений окружающих пород инженерные методы расчета, основанные на обобщении шахтных наблюдений и инструментальных измерений.

4. 7. Определение нагрузок на крепь горизонтальной части сопряжений в зоне 1У (см. рис. 3) надлежит выполнять на основании данных натурных измерений нагрузок на крепь горизонтальных выработок околоствольных дворов с введением коэффициента, учитывающего влияние вертикального ствола.

Расчет нагрузок на крепь ствола и смещений пород на протяженном участке

4. 8. Выбор типа и расчет параметра крепи для протяженной части ствола, а также I, II и Ш зон сопряжения следует производить на основании определения категории устойчивости пород согласно табл. 6.

Таблица 6

Категория устойчивости	Оценка состояния устойчивости	Значения критерия устойчивости С
I	Устойчивое	$C < 3$
II	Среднеустойчивое	$3 \leqslant C < 6$
Ш	Неустойчивое	$6 \leqslant C < 10$
IУ	Весьма неустойчивое	$C > 10$

Примечание. Описываемые выше способы расчета нагрузок на крепь горизонтальных выработок, сопрягающихся со стволом, разработаны для схем камер и сопряжений (см. рис: 1). Здесь отмечены отдельные участки ствола в соответствии с п. 2. 5.

Численные значения критерия устойчивости пород рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{K_{сб} K_{ц} K_{t} H_{р}}{26,3 + K_{\alpha} R_{сж} (5,25 + 0,0056 K_{\alpha} R_{сж})}, \qquad (8)$$

где $K_{сб}$ – коэффициент вредного воздействия на ствол других выработок, принимаемый для протяженных участков ствола равным 1; для зон 1, II сопряжения ствола – 1,5; $K_{ц}$ – коэффициент вредного воздействия на ствол очистных работ, принимаемый для участков, не испытывающих воздействий, равным 1, а в случае воздействий – по данным специализированных институтов; K_{t} – коэффициент влияния времени службы проектируемой выработки; $K_{t} = 1$ – для шахтных стволов; для остальных выработок – 0,9;

$$K_{\alpha} = \frac{1}{1 + 0,5 \sin\alpha},$$

где α – угол залегания пород, градус; $H_{р}$ – расчетная глубина рассматриваемого участка, м; $R_{сж}$ – расчетное сопротивление пород одноосному сжатию, МПа.

4. 9. В породах 1 категории устойчивости крепь ствола не испытывает существенно закономерного давления и в таких условиях ее толщина должна назначаться в соответствии с п. 1 прил. 3.

4. 10. Расчетное горизонтальное (радиальное) давление P (МПа) в породах П и Ш категорий устойчивости на крепь на протяженном участке надлежит определять по формуле:

$$P = n\, m_y \cdot n_н \cdot P_н \left[1 + 0{,}1\,(r_o - 3)\right], \qquad (9)$$

где n – коэффициент перегрузки, равный 1,3; m_y – коэффициент условий работы конструкции, принимаемый равным для бетонной, блочной и тюбинговой крепи 0,8; $n_н$ – коэффициент приведения к расчетному (максимальному) давлению при неравномерной эпюре нагрузок, принимаемый в соответствии с главой СНиП "Подземные горные выработки"; $P_н$, МПа – нормативное давление на крепь, определяется для пород 1, П и Ш категорий устойчивости по формулам:

$$P_н = \left[(2C - 1) + \Delta\right] \cdot 0{,}01 \text{ при } C < 6; \qquad (10)$$

$$P_н = \left[(3C - 7) + \Delta\right] \cdot 0{,}01 \text{ при } C \geqslant 6, \qquad (11)$$

где C – критерий устойчивости горных пород, рассчитываемый согласно формуле (8); Δ – параметр, учитывающий технологию проходческих работ, принимаемый $\Delta = 0$ при последовательной и параллельной технологических схемах; при совмещенной технологической схеме проходки с передвижной опалубкой $\Delta = 2$ при $C < 6$, $\Delta = 3$ при $C \geqslant 6$.

4. 11. Расчетное горизонтальное (радиальное) давление P (МПа) в породах 1У категории устойчивости необходимо определять по формуле (9), полагая коэффициент $n_н = 1$.

4. 12. Нормативное давление $P_н$ в породах 1У категории устойчивости на крепь на протяженном участке ствола следует определять по формуле:

$$P_н = R_s \cdot \alpha_p (1 + \nu) \cdot \lambda(\varrho\, \gamma_п \cdot H_p) \frac{\tilde{\varepsilon}_п}{\tilde{\varepsilon}_{к.\,o}} 10^{-6}, \qquad (12)$$

где R_s – обобщенный критерий подобия, определяющий механизм взаимодействия системы "крепь–порода", численное его значение установлено на основании натурных измерений и равно 0,028;

$\alpha_p = \dfrac{1}{1 - \varkappa/\beta}$; параметр α_p, характеризующий линейную ползучесть горных пород, изменяется в пределах от 1,1 до 1,5;

$\tilde{\varepsilon}_{к.\,o}$ – обобщенная предельная деформация крепи, определяемая из выражения:

$$\tilde{\varepsilon}_{к.\,o} = \frac{U_o^*}{r_0} + \tilde{\varepsilon}_к, \qquad (13)$$

где U_o^* – радиальное смещение стенок ствола с учетом влияния забоя.

Значения других расчетных параметров, входящих в формулу (12), назначаются в соответствии с требованиями настоящих Указаний: обобщенного реологического показателя $\varkappa / \beta$ – по табл. 1, коэффициента бокового распора λ – по пп. 2. 14, 2. 18, расчетной глубины H_p – по формуле (1) и предельной деформации горных пород – по п. 2. 16 и формуле (4).

4. 13. Радиальные смещения стенок ствола с учетом влияния забоя следует рассчитывать по формуле:

$$U_o^* = U_o \cdot f_з , \qquad (14)$$

где U_o – начальные смещения стенок незакрепленного ствола в сечении, удаленном от забоя на расстояние $l \geqslant 4 r_1$; $f_з$ – значение корректирующей функции, учитывающей влияние забоя на радиальные смещения незакрепленных стенок, определяемое по графику (рис. 7). Необходимую для определения корректирующей функции величину заходки надлежит определять по формуле (3).

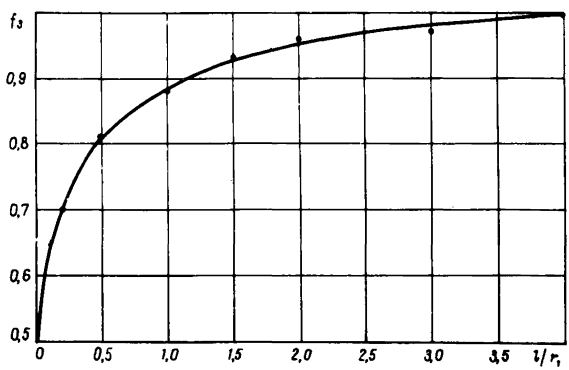


Рис. 7. График зависимости корректирующей функции от расстояния сечения крепи до забоя ствола

4. 14. Начальные смещения стенок ствола (при минимальном отпоре крепи) находят по формуле:

$$U_o = r_1 \frac{(1+\nu)\lambda \cdot (\varrho \gamma_п H_p)\sqrt{2}}{E_б} \left[(1+\frac{\varkappa/\beta}{1-\varkappa/\beta}) + \right.$$
$$\left. + \frac{27 \alpha_з (\varrho \gamma_п H_p)^2}{80} (1+\frac{\varkappa/\beta}{1-\varkappa/\beta}) \right] , \qquad (15)$$

где $\alpha_э$ – параметр нелинейности функциональной зависимости $\sigma - \varepsilon''$ горной породы при испытаниях на одноосное сжатие.

Значение параметра $\alpha_э$ надлежит определять из выражения:

$$\alpha_э = \frac{354}{R/10^5 - 80}\ 10^{-15}. \qquad (16)$$

В эмпирической формуле (16) значение параметра $\alpha_э$ находят в $м^4/Н^2$, а сопротивление породы одноосному сжатию R – в $Н/м^2$

4. 15. Ориентировочные величины начальных смещений незакрепленных стенок ствола в глинистых породах допускается определять по графикам (рис. 8).

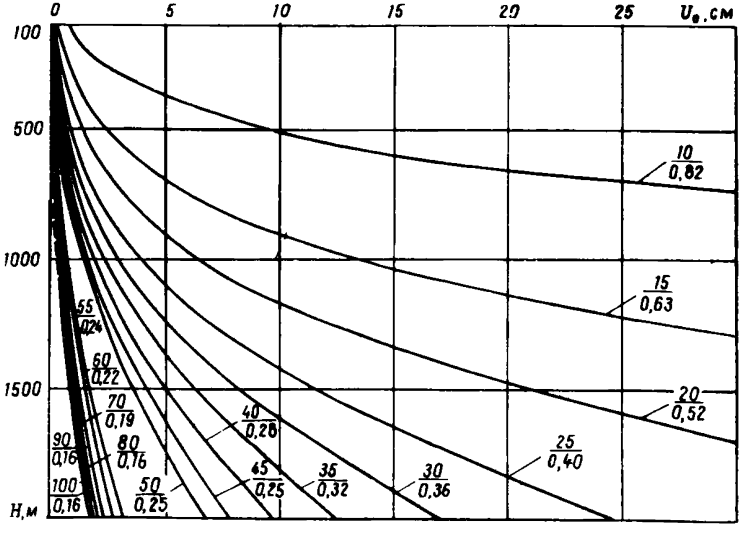


Рис. 8. График зависимости смещений породных стенок от глубины:

в числителе – прочность пород на сжатие $R_{сж}$, МПа; в знаменателе – реологический показатель $\varkappa/\beta$

4. 16. При определении начальных смещений незакрепленных стенок ствола следует иметь в виду, что эффект разгрузки крепи от давления может считаться положительным только при условии, что деформации пород не превзойдут предельных величин, т. е. не возникнет разрушение породных стенок ствола.

Ориентировочную величину предельных начальных смещений стенок ствола в глинистых и песчано-глинистых породах следует рассчитывать из выражения:

$$U_0 = (0{,}008 - 0{,}01)\, r_1. \qquad (17)$$

Расчет нагрузок на крепь сопряжения в зонах 1, II и III

4. 17. Горизонтальное давление пород на крепь сопряжения в зонах 1 и II на протяжении 20 м вверх и 20 м вниз в породах I, II и III категории устойчивости следует находить по формуле (9) с принятием в ней величин $n^{c}_{н}$ и $P^{c}_{н}$, вместо $n_{н}$ и $P_{н}$, определяемых по формулам:

$$n^{c}_{н} = n_{н} + (20 - Z)\,X; \qquad (18)$$

$$P^{c}_{н} = P_{н}\,(1,5 - 0,025\,Z), \qquad (19)$$

где Z – расстояние от узла сопряжения до рассматриваемого сечения, м; X – коэффициент перехода от протяженного участка к району сопряжения, принимаемый равным 0,025.

4. 18. Горизонтальное давление на крепь сопряжения в зоне III в породах I, II и III категорий устойчивости надлежит определять так, как для протяженного участка ствола, полагая в формуле (8) коэффициент $k_{сб} = 2$.

4. 19. Горизонтальное давление на крепь сопряжения в I, II и III зонах в породах IУ категории устойчивости необходимо определять так, как для протяженного участка ствола, по формулам (9) и (12), полагая в формуле (9) коэффициент перегрузки $n = 2$.

Расчет нагрузок на крепь сопряжения в зоне IУ

4. 20. Выбор типа и параметров крепи горизонтальной части сопряжения следует производить в зависимости от категории устойчивости пород, разработанной для горизонтальных выработок, с учетом вредного воздействия ствола. В качестве критерия определения категорий устойчивости пород следует принимать величину их смещений U на контуре поперечного сечения выработки за весь срок ее службы в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Категория устойчивости пород	Оценка состояния устойчивости	Смещение мм
I	Устойчивое	До 50
II	Средней устойчивости	Более 50, до 200
III	Неустойчивое	Более 200, до 500
IУ	Весьма неустойчивое	Более 500

Примечание. Смещения пород на контуре поперечного сечения горизонтальной части сопряжения определяются дифференцированно (в кровле, почве и боках).

4. 21. Величину смещения U надлежит определять за весь срок службы при условном закреплении сопряжения крепью с минимальным отпором, не оказывающим существенного влияния на уменьшение смещений контура, по формуле:

$$U = U_T \cdot k_\alpha \cdot k_\theta \cdot k_s \cdot k_в , \qquad (20)$$

где U_T, мм – смещения пород, принятые за типовые и определяемые по графику (рис. 9) в зависимости от расчетного сопротивления пород $R_{сж}$ и расчетной глубины расположения выработки H_p;

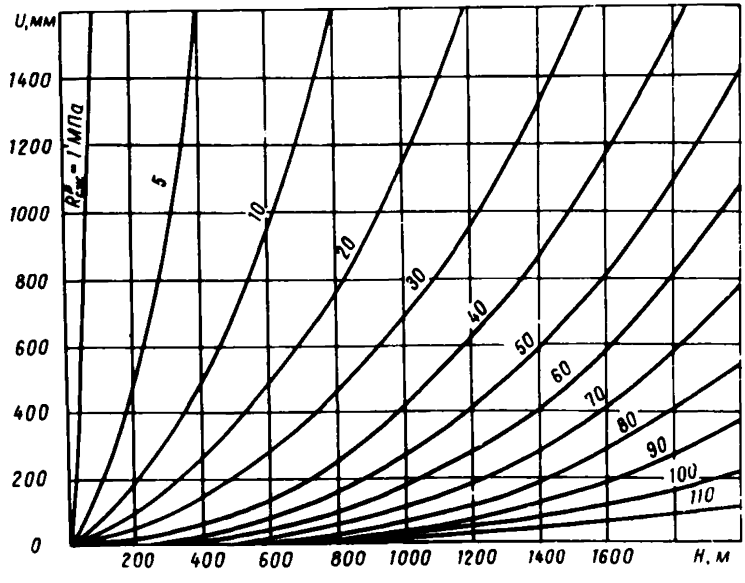


Рис. 9. Графики для определения смещений пород U_T

k_α – коэффициент влияния угла залегания пород и направления проходки выработки относительно простирания пород, определяемый согласно табл. 8; k_θ – коэффициент направления смещений пород; при определении смещений со стороны почвы или кровли (в вертикальном направлении), $k_\theta = 1$; при определении боковых смещений пород (в горизонтальном направлении) k_θ следует находить по табл. 8; k_s – коэффициент влияния размера выработки, рассчитываемый по формуле:

$$k_s = 0{,}2\,(b - 1), \qquad (21)$$

где b – ширина выработки вчерне; $k_в$ – коэффициент вредного воздействия ствола на сопряжение, принимаемый равным 2 на участке максимального влияния.

Таблица 8

Направление проходки выработок	Значения коэффициентов K_α и K_θ при углах залегания пород, градус											
	≤ 20		≤ 30		≤ 40		≤ 50		≤ 60		> 60	
	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ
По простиранию	1	0,35	0,95	0,55	0,8	0,8	0,65	1,2	0,6	1,7	0,6	2,25
Вкрест простирания	0,7	0,55	0,6	0,8	0,45	0,95	0,25	0,95	0,2	0,3	0,15	0,55
Под углом к простиранию	0,85	0,45	0,8	0,65	0,65	0,9	0,4	1,05	0,35	1,1	0,35	0,95

Примечание. В выработках, пройденных по простиранию при угле падения пород α от 20 до 60°, кроме смещений в вертикальном и горизонтальном направлениях, необходимо определять смещения по нормали к напластованию $U_н$ по формуле:

$$U_н = \frac{U_к}{\cos \alpha}, \qquad (22)$$

где $U_к$ – смещение со стороны кровли.

Следует иметь в виду, что максимальные значения коэффициента $k_в$ будут непосредственно в районе примыкания горизонтальной выработки к стволу; по мере удаления от узла сопряжения величина коэффициента $k_в$ уменьшается до 1.

Для нахождения промежуточных значений коэффициента рекомендуется применять графический метод. С этой целью на графике по оси абсцисс откладывается протяженность зоны вредного влияния ствола на горизонтальную выработку L, а на оси ординат – величина $k_в = 2$. Точки со значениями $k_в = 1$ и $k_в = 2$ соединяются прямой линией. Ордината любой точки на прямой в зависимости от удаления от ствола определяет величину $k_в$.

Протяженность зоны вредного влияния ствола рекомендуется определять по табл. 9.

Таблица 9

Расчетная глубина, м	Протяженность зоны вредного влияния L, при сопротивлении пород $R_{сж}$, МПа, для выработок							
	по простиранию				вкрест простирания			
	30	60	90	>90	30	60	90	>90
300	35/20	18/16	15/13	12/10	18	15	12	10
600	40/25	20/18	17/15	14/12	22	18	15	12
900	45/30	25/21	20/17	16/14	26	21	17	14
1200	50/35	35/30	25/20	18/16	30	25	20	15
1500	55/40	40/35	30/23	20/18	34	29	24	17

Примечание. В числителе – значение L для выработок с углом падения пород α до 35°, в знаменателе – при α свыше 35°.

4. 22. Расчетное сопротивление пород одноосному сжатию в массиве при расчете нагрузок на крепь горизонтальных выработок следует определять по формуле:

$$R_{сж} = R \cdot f_в \cdot f_т , \qquad (23)$$

где R, МПа – сопротивление породы одноосному сжатию "в куске"; $f_в$ – коэффициент изменения сопротивления породы сжатию за счет ее обводненности, принимаемый по табл. 10; $f_т$ – коэффициент тектонической нарушенности, принимаемый для рассматриваемых районов равным 0,9–1.

4. 23. Расчетное сопротивление одноосному сжатию в массиве следует определять отдельно для кровли, боков и почвы по залегающим литологическим разностям, вмещающим выработку: при угле падения слоев до 60°– в кровле на высоту, равную 1,5 ширины

выработки; в боках – на высоту выработки; в почве – на глубину, равную ширине выработки; при угле падения слоев свыше 60° в кровле, боках и почве – на ширину выработки.

Таблица 10

Временное сопротивление пород в образце R, МПа	30 и менее	50	60	80	100	120	160	200
Значение коэффициента $f_в$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75	0,82	0,86	0,9

При проведении выработки по слоистым неоднородным породам приведенное сопротивление пород одноосному сжатию для рассматриваемого сечения R следует рассчитывать по формуле:

$$R = \frac{h}{\sum_{1}^{n} \frac{h_i}{R_i}}, \qquad (24)$$

где R_i – сопротивление пород i -того слоя одноосному сжатию "в куске"; h_i – мощность i -того слоя; h – мощность пачки слоев, определяемая в соответствии с указанными положениями.

4. 24. Расчетную нагрузку следует определять дифференцированно в кровле и почве (в вертикальном направлении), в боках (в горизонтальном направлении) и по нормали к напластованию при угле падения пород от 20 до 60° по формуле:

$$P = P_н \cdot k_п \cdot k_н, \qquad (25)$$

где $P_н$ – нормативная нагрузка на крепь, МПа; $k_п$ – коэффициент перегрузки, принимаемый по табл. 11; $k_н$ – коэффициент надежности, учитывающий изменчивость нагрузки, принимаемый равным 1,1 для сопряжений и камер.

Таблица 11

U, мм	$k_п$
До 50	1,25
50 – 200	1,1
200 – 500	1,05
Более 500	1

Нормативная нагрузка $P_н$ определяется по графикам (рис. 10) в зависимости от смещения U с учетом смещения до установки крепи U_t, сжатия забутовочного материала $U_з$ и конструктивной податливости крепи $U_{кр}$. Ключ к определению нормативной нагрузки показан на рис. 10.

4. 25. Смещение, происходящее до установки крепи, рассчитывается по формуле:

$$U_t = U \cdot k_t, \qquad (26)$$

где k_t – коэффициент влияния времени на смещение пород, определяемый по графикам (рис. 11).

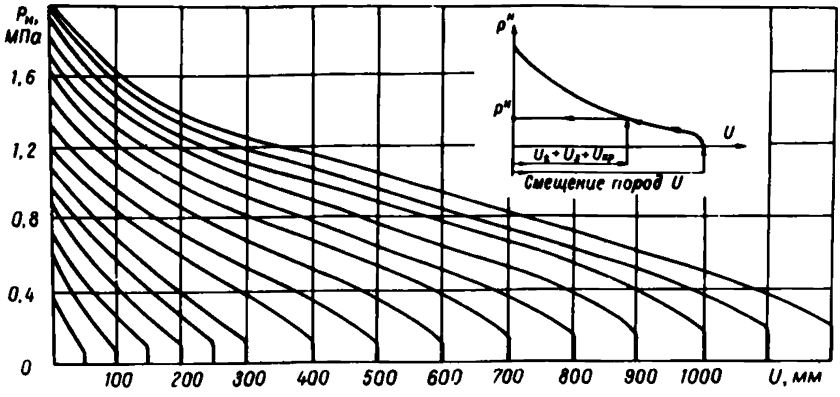


Рис. 10. Графики для определения нормативной нагрузки на крепь $P_н$

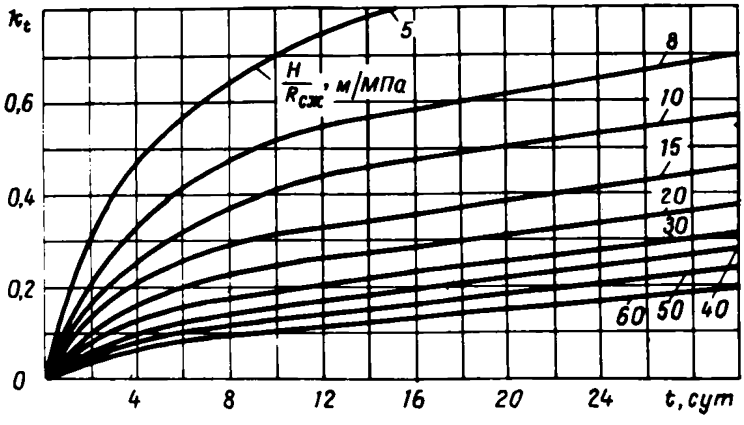


Рис. 11. Графики для определения коэффициента k_t

4. 26. Смещения, компенсируемые за счет сжатия забутовочного материала $U_з$, зависят от сжимаемости материала, толщины забутовочного слоя и действующей нагрузки на крепь и должны устанавливаться опытным путем.

При отсутствии опытных данных и использовании пород от подрывки, величина усадки $U_з$ приближенно принимается равной 15% от толщины забутовки.

4. 27. Конструктивную податливость крепи следует определять по ее механической характеристике.

Расчет смещений пород и нагрузок на крепь приствольных камер

4. 28. Расчет смещений пород на контуре поперечного сечения камер следует производить так же, как и для сопряжений, по представленным выше зависимостям с учетом следующих особенностей.

Для протяженных камер с двусторонним примыканием (см. рис. 1), у которых высота $H_к$ больше диаметра ствола d_1, величина абсолютного радиального смещения U определяется, как для одиночной выработки с шириной, вчерне равной увеличенному диаметру ствола d_2 (расстоянию между торцами камер). При этом величина коэффициента $k_в$ не учитывается.

Величину коэффициента k_s находят по формуле:

$$k_s = 0{,}2\ (d_2 - 1). \qquad (27)$$

Для расчета радиальных смещений применяются следующие формулы:

для крутого падения $$U = 0{,}85\, U_т \cdot k_s \cdot k_\lambda \cdot k_в \cdot k_к, \qquad (28)$$

для пологого падения $$U = 0{,}35\, U_т \cdot k_s \cdot k_\lambda \cdot k_в \cdot k_к, \qquad (29)$$

где k_λ – коэффициент, учитывающий боковой распор и определяемый по графикам (рис. 12); $k_в$ – коэффициент взаимного влияния выработок, принимаемый при одностороннем примыкании камеры (Б–1) равным 1,4, а при двустороннем (Б–2) – 1,6; для камер типа Б–4 (см. рис. 1) значение коэффициента $k_в$ надлежит принимать так же, как для сопряжений, в соответствии с п. 4. 21; $k_к$ – коэффициент снижения нагрузок на крепь камеры, определяемый в зависимости от категории устойчивости пород и отношения ширины камеры $B_к$ к ее длине $l_к$ по графикам (рис. 13,); для камер II типа коэффициент $k_к$ следует принимать равным 1.

Вертикальные смещения пород в приствольных камерах рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$U = U_т \cdot k_d \cdot k_s \cdot k_к \cdot k_в. \qquad (30)$$

В формуле (30) коэффициент влияния угла залегания пород следует определять по табл. 8.

Значения остальных параметров, входящих в формулы (28), (29) и (30), те же, что и в основной (20).

4. 29. Расчет нагрузок на крепь камеры надлежит выполнять в соответствии с п. 4. 24 аналогично тому, как на крепь сопряжений, по расчетным смещениям в камерах.

Расчет нагрузок на крепь на участке взаимного влияния двух выработок

4. 30. Вертикальные стволы и камеры должны располагаться на расстояниях, исключающих их взаимное влияние друг на друга. Допустимое расстояние между выработками $l_д$ определяется по табл. 9.

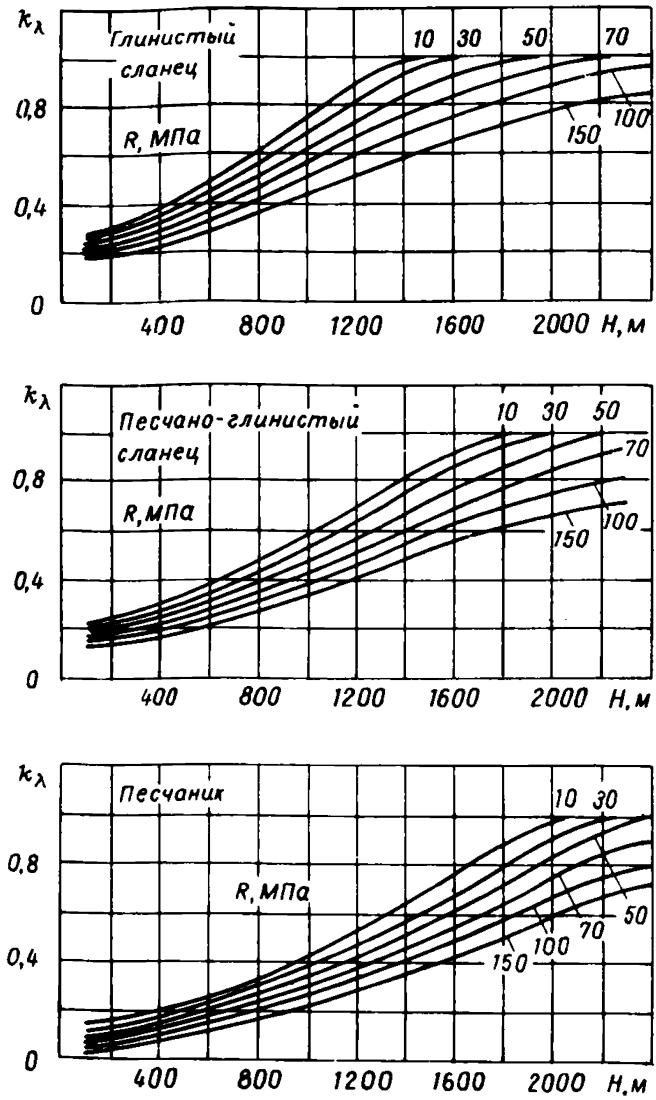


Рис. 12. Графики для определения коэффициента k_λ:

а – для глинистого сланца; б – песчано-глинистого; в – для песчаника

4. 31. Если условие по п. 4. 30 не выполняется, то необходимо учитывать увеличение нагрузок на крепь выработок в результате их взаимного влияния.

4. 32. Нагрузку на крепь двух камер, находящихся в зоне взаимного влияния на расстоянии $l < l_д$ друг от друга, следует рассчитывать по формуле (25). При этом коэффициент перегрузки $k_п$

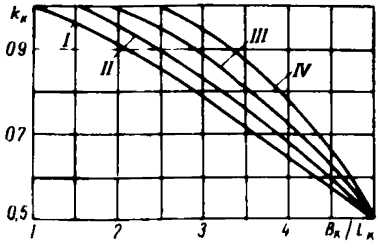


Рис. 13. Графики для определения коэффициента $k_к$:

$L_к$ – длина камеры; $B_к$ – ширина; I, II, III, IУ – категории устойчивости пород

необходимо умножать на коэффициент $k_в$, учитывающий взаимное влияние выработок и определяемый по формуле:

$$k_в = \frac{L_д}{L} . \qquad (31)$$

Формула (31) справедлива для условий, когда расстояние между выработками $L \geqslant 10$ м.

4. 33. Нагрузку на крепь двух параллельно расположенных вертикальных стволов, оказывающих взаимное влияние друг на друга, следует определять так, как на крепь отдельного ствола, по формуле (9). При этом коэффициент перегрузки n следует умножать на коэффициент $\omega_в$, определяемый по графику (рис. 14).

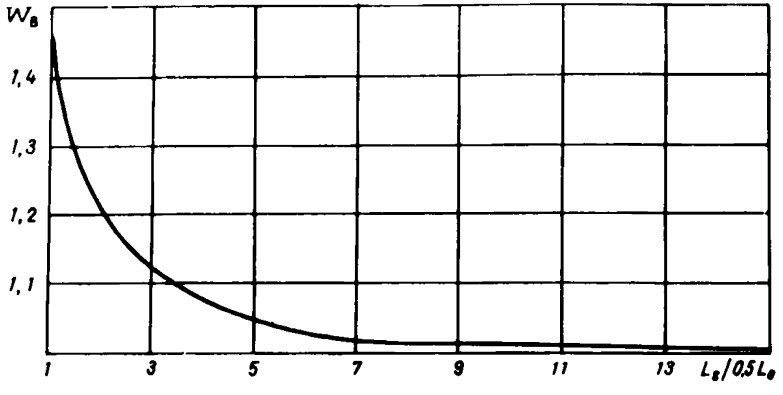


Рис. 14. График для определения коэффициента $\omega_в$

5. ВЫБОР ТИПОВ КРЕПИ

5. 1. Типы крепи горных выработок выбираются по исходным данным, определяемым в соответствии с настоящими Указаниями, а также по технико-экономической целесообразности применения крепи в конкретных горногеологических и горнотехнических условиях.

5. 2. Сечение ствола в свету следует принимать круглой формы. В качестве основного вида крепи на протяженной части нужно применять монолитный бетон М200 и 300. Крепь возводят с помощью металлической опалубки, как правило, по совмещенной схеме; в районе сопряжений – монолитный бетон тех же марок и железобетон. При использовании бетона марки 300 необходимо предусматривать в проектах приствольные бетонные узлы, исключающие перевозку бетона автотранспортом.

Нагрузки на крепь, ее толщина и марка бетона определяются расчетом в соответствии с разделом 6.

При скоростных проходках стволов выбор марки бетона должен быть увязан с обеспечением разопалубочной прочности не менее 0,8 МПа.

5. 3. Несущую способность (МПа) монолитной бетонной крепи следует оценивать на крутом падении при совмещенном способе проходки, в зависимости от радиуса ствола в свету, марки бетона и толщины крепи для пород I, II, Ш категорий устойчивости по табл. 12

Если расчетные нагрузки превышают несущую способность крепи или выходят за пределы области ее применения, то необходимо переходить на большую толщину крепи и более высокую марку бетона.

Наибольшую толщину монолитной бетонной крепи для протяженных участков стволов, за исключением участков, приуроченных к I типу горногеологических условий со слабыми глинистыми сланцами и IУ типу, следует принимать 0,5 м. При превышении этой толщины следует применять более высокие марки бетона и дополнительные мероприятия: укрепительную цементацию, анкерную крепь и т. д.

Область применения монолитной бетонной крепи на протяженной части ствола для перечисленных условий в зависимости от критерия устойчивости и коэффициента, учитывающего дополнительную нарушенность массива, следует определять в соответствии с прил. 3.

Несущая способность железобетонной крепи определяется расчетом. Ориентировочно для кольцевой выработки можно использовать табл. 13.

5. 4. Изменение толщины крепи ствола по глубине следует производить по участкам, количество которых не должно превышать 4–5. В пределах участка принимается наибольшая расчетная толщина. Более частое изменение толщины монолитной крепи по стволу должно быть технико-экономически обосновано.

5. 5. Оценку несущей способности монолитной бетонной крепи с учетом дополнительных мероприятий следует производить в соответствии с пп. 5. 10 и 5. 11.

5. 6. Снижение средних нагрузок на крепь возможно за счет замены совмещенной схемы проходки и возведения крепи на параллельную или параллельно-щитовую.

Таблица 12

Марка бетона	Толщина крепи, м	Радиус ствола в свету, м								
		2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25
200	0,3	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12
	0,4	0,33	0,29	0,27	0,24	0,22	0,2	0,19	0,17	0,16
	0,5	0,39	0,35	0,31	0,29	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19
300	0,3	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24	0,21	0,2	0,18
	0,4	0,495	0,44	0,41	0,36	0,33	0,3	0,29	0,26	0,24
	0,5	0,59	0,53	0,47	0,44	0,39	0,36	0,33	0,32	0,29
400	0,3	0,51	0,45	0,41	0,37	0,33	0,31	0,27	0,25	0,23
	0,4	0,64	0,57	0,53	0,47	0,43	0,39	0,37	0,33	0,31
	0,5	0,76	0,68	0,6	0,57	0,51	0,47	0,43	0,41	0,37

Примечания: 1. Для участков сопряжения несущую способность крепи следует уменьшить в два раза. 2. Марка 400 применяется на экспериментальных участках.

Таблица 13

Площадь сечения выработки в свету, м	Марка бетона	Армирование сечения (варианты)	Несущая способность, МПа при толщине крепи, м			
			0,3	0,4	0,5	0,6
20	200	1	0,86	1,19	1,32	1,46
		2	0,57	0,79	0,88	0,97
		3	0,45	0,70	0,85	0,91
	300	1	1,28	1,77	1,98	2,19
		2	0,85	1,18	1,32	1,46
		3	0,66	1,05	1,28	1,37
30	200	1	0,8	1,13	1,26	1,40
		2	0,53	0,75	0,84	0,93
		3	0,43	0,67	0,82	0,88
	300	1	1,2	1,68	1,92	2,10
		2	0,8	1,12	1,28	1,40
		3	0,64	1,00	1,23	1,32
40	200	1	0,78	1,08	1,25	1,37
		2	0,52	0,72	0,83	0,91
		3	0,41	0,64	0,79	0,83
	300	1	1,17	1,62	1,88	2,04
		2	0,78	1,08	1,25	1,36
		3	0,62	0,96	1,18	1,25
50	200	1	0,75	1,04	1,22	1,31
		2	0,50	0,69	0,81	0,87
		3	0,39	0,60	0,76	0,81
	300	1	1,13	1,56	1,83	1,97
		2	0,75	1,04	1,22	1,31
		3	0,58	0,90	1,14	1,22

Примечание. Варианты армирования: 1–6 стержней Ø 25, ст. А–Ш на 1 м; 2–6 стержней Ø 20, ст. А–Ш на 1 м; 3–6 стержней Ø 16, ст. А–Ш на 1 м; соотношение между нагрузками по простиранию и вдрест простирания принято равным 0,7.

5. 7. Если невозможно обеспечить необходимую несущую способность монолитной бетонной крепи толщиной 0,5 м с учетом дополнительных мероприятий (переход на отличную от совмещенной схемы проходку, укрепительную цементацию и установку анкеров) следует применять другие виды крепи: монолитный железобетон, радиально-податливую крепь, тюбинги и т. д.

5. 8. На глубинах до 500 м в деформирующемся массиве крепь стволов не должна быть меньше 400 мм. В мощных слоях глинистых сланцев в горногеологических условиях I типа максимальную толщину монолитной бетонной крепи допускается увеличивать до 700 мм.

5. 9. В крепи, устанавливаемой в деформирующемся массиве, необходимо предусматривать устройство конструктивных элементов защиты в соответствии с Указаниями по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР (Л., 1978, ВНИМИ); Временными указаниями по проектированию, строительству и эксплуатации крепи и армировки вертикальных стволов угольных шахт в условиях влияния очистных работ,(Л., 1972, ВНИМИ).

Выбор параметров радиально-податливой крепи нужно производить в соответствии с рекомендациями специализированных организаций.

5. 10. В глинистых сланцах и угольных пластах в горногеологических условиях I типа в качестве дополнительных мероприятий, упрочняющих породы, следует предусматривать установку железобетонных анкеров по всему периметру ствола. Рекомендуемые параметры железобетонных анкеров: шпур под анкер – $\varnothing$ 42–45 мм, длина анкера – 2,5–3 м; расположение анкеров – в шахматном порядке; плотность установки анкеров на 1 м^2 – 0,25; 0,45; 1. Арматура анкера – сталь периодического профиля класса АП, АШ (18–25 мм) Заполнение шпуров цементным раствором или патронированными вяжущими – по рекомендациям ВНИИОМШС.

Увеличение несущей способности монолитной бетонной крепи за счет применения железобетонных анкеров по глинистым сланцам и угольным пластам следует принимать в соответствии с табл. 14.

Таблица 14

Плотность установки анкеров на 1 м^2	Дополнительная несущая способность, % от несущей способности усиливаемой крепи при толщине крепи, м					
	0,5			0,7		
	Радиусы ствола в свету, м					
	2,25	3,5	4	2,25	3,5	4
1 (1x1)	42	52	55	28	35	37
0,45 (1,5x1,5)	32	39	41	21	26	27
0,25 (2x2)	21	24	25	14	16	17

Увеличение плотности установки анкеров вдоль оси ствола более существенно, чем в горизонтальной плоскости по периметру.

5. 11. Снижение нагрузок на крепь во всех породах, за исключением глинистых сланцев и угольных пластов, следует осуществлять путем тампонажа и укрепительной цементации водоцементным раствором через скважины, пробуренные в радиальном направлении, по простиранию или вкрест простирания.

В горногеологических условиях III типа тампонаж и укрепительную цементацию надлежит считать основным дополнительным мероприятием по уменьшению нагрузок на крепь. Ориентировочно следует принимать: диаметр скважин – 52 мм; состав цементного раствора В : Ц = 1 : 1; 0,6 : 1. Скважины бурятся ярусами, в шахматном порядке. Расстояние между ярусами – 2–4 м, длина скважин – 3–4 м. Давление нагнетаемого раствора не должно превышать 1–1,2 МПа.

Снижение средних нагрузок на крепь за счет укрепительной цементации следует ориентировочно устанавливать в соответствии с табл. 15.

Таблица 15

Коэффициент уменьшения средней нагрузки	1,13	1,20	1,28	1,4	1,55	1,75
$\gamma H_p/R$	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,4

Технические нормативные скорости проходки стволов на участках с монолитной железобетонной крепью, а также при дополнительных мероприятиях и использовании новых типов крепи, определяются проектом.

Сопряжения

5. 12. Сопряжение ствола с выработками, как правило, следует располагать в устойчивых породах; необходимо избегать размещения сопряжений в зонах тектонических нарушений. Сопрягающиеся со стволом выработки следует преимущественно ориентировать вкрест простирания слоистости или трещиноватости пород.

5. 13. Сопрягающуюся со стволом выработку следует, как правило, принимать сводчатой циркульной формы с вертикальными стенами, без обратного свода; в неустойчивых и весьма неустойчивых породах предпочтение следует отдавать замкнутой форме выработки.

5. 14. При выборе конструкции крепи сопряжения или другой сопрягающейся со стволом выработки необходимо учитывать последовательность проходки ствола, сопряжения или сопрягающейся выработки и расстояние, на которое проходится сопряжение в период проходки ствола:

а) сопряжение проходится на расстояние до 5 м от ствола одновременно с его проходкой, последующая проходка сопряжения осуществляется от ствола во второй период;

б) сопряжение проходится на расстояние до 5 м от ствола одновременно с его проходкой, последующая сбойка со стволом осуществляется со стороны горизонта в направлении к стволу;

в) сопряжение проходится в период проходки ствола на расстояние более 10 м от него, исключающее последующее влияние проходки сопряжения на ствол.

5. 15. В I, II и III зонах сопряжений ствола с другими выработками необходимо применять монолитный железобетон (по расчету или конструктивно). Протяженность конструктивного армирования в устойчивых и среднеустойчивых породах следует принимать по 5 м выше свода сопряжения и ниже горизонта. По породам меньшей устойчивости протяженность участков с конструктивным армированием не должна быть менее 10 м. В качестве конструктивной арматуры следует применять сетки из стали Ø 5 мм с ячейками 100x100 мм, укрепляемые на монтажных анкерах. Сетка должна располагаться по отношению к внутренней поверхности крепи таким образом, чтобы защитный слой бетона составлял 30–50 мм. Следует применять также сетки из стали Ø 20AIII, 4 стержня на 1 м (рабочая, горизонтальная арматура) и 5 стержней на 1 м из стали 10A1 (распределительная, вертикальная арматура).

Расчетные параметры монолитной железобетонной крепи определяются в соответствии с разделом 6 и прил. 3. В качестве наибольшего диаметра гибкой рабочей арматуры следует принимать сталь A–III, Ø 25 мм; наибольшая частота установки – 7 стержней на 1 м.

5. 16. В качестве основных видов крепи в IУ зоне сопряжений стволов с примыкающими к ним выработками следует применять жесткие конструкции из металлобетона, железобетона с гибкой арматурой, бетона.

5. 17. Для жесткой арматуры следует использовать: специальные профили СВП–14, 17, 24, 27; двутавры 20, 22, 24, 27.

Расстояние между рамами жесткой арматуры не должно быть меньше толщины крепи в своде.

Рекомендуемые бетоны – М200, 300. Толщину крепи в своде и стенах следует принимать в пределах 0,3–0,6 м.

В качестве мероприятий, обеспечивающих упрочнение пород и крепи, нужно предусматривать тампонаж (особенно в своде сопряжения) на расстоянии до 20 м от ствола, укрепительную цементацию и установку железобетонных анкеров.

5. 18. Принятые параметры бетонной, металлобетонной и железобетонной крепей сопряжений надлежит корректировать расчетным путем.

5. 19. Для предварительного и ориентировочного выбора параметров конструкций крепи кольцевой выработки надлежит руководст-

ваться величинами их несущей способности по первому предельному состоянию. Несущую способность монолитной бетонной крепи (в МПа) следует принимать в соответствии с табл. 16.

Примечание. Сечение выработки не более 50 м^2. Соотношение между вертикальной и горизонтальной нагрузками – 0,7. При увеличении этого соотношения, при прочих равных условиях, несущая способность крепи возрастает, а при уменьшении – падает.

Таблица 16

Марка бетона	Толщина крепи, м		
	0,3	0,4	0,5
300	0,5	0,75	0,9
200	0,33	0,5	0,6

Несущую способность металлобетонной незамкнутой крепи (в МПа) следует оценивать по табл. 17.

Таблица 17

№№ пп	Марка бетона	Толщина, м	Количество рам на 1 м	Номер профиля двутавра				Площадь сечения, м^2
				20	22	24	27	
1	300	0,5	1	0,51	0,54	0,57	0,6	15
2	200	0,3	2	0,5	0.52	0,55	0,58	20,1
3	200	0,5	1	0,38	0,4	0,42	0,44	50,
4	200	0,3	2	0,27	0,23	0,3	0,32	50
5	200	0, 35	1	0,51	0,54	0,57	0,6	28
6	200	0,3	1,5	0,6	0,64	0,67	0,71	25
7	200	0,3	2	0,38	0,4	0,42	0,44	40,4
8	200	0,3	1,5	0,39	0,41	0,43	0,45	33

Примечание. Площадь сечения выработок более 15 м^2.

Грузонесущая способность (максимальная) металлобетонной крепи круглой формы в сочетании с гибкой арматурой приведена в табл. 18.

Таблица 18

Площадь кольцевого сечения в свету, м^2	Марка бетона	20	30	40	50	60
Несущая способность, МПа	300	3	2,8	2,65	2,52	2,4
	200	2	1,88	1,77	1,68	1,6

Примечание. Толщина бетона 0,6 м; 3 рамы № 22 на 1 м; арматура Ø 25 АШ; соотношение между вертикальной и горизонтальной нагрузками 0,9.

Приствольные камеры

5. 20. Положения настоящего раздела распространяются на камеры загрузки и питателя, наклонные и вертикальные бункеры, камеры зумпфовых насосов, выработки, аналогичные перечисленным по сечению и имеющие выход в ствол или находящиеся во взаимном влиянии со стволом в процессе сооружения и эксплуатации.

5. 21. Размеры и форма сечений камеры загрузочного устройства и других камер определяются с учетом размещения подъемно-транспортных приспособлений для монтажа, а также безопасного обеспечения эксплуатации оборудования.

5. 22. Камеры загрузки и питателя, как правило, следует располагать в устойчивых и средней устойчивости породах, а также вкрест простиранию пород.

5. 23. В камерах загрузки и зумпфовых насосов в устойчивых и среднеустойчивых породах необходимо предусматривать плоские перекрытия и стены.

В неустойчивых и весьма неустойчивых породах перекрытие нужно выполнять, как правило, в виде выположенного свода, стены стыковать закругленно. Для перекрытий применять бетон, металлобетон.

5. 24. Камеры питателей и наклонные бункеры следует принимать, как правило, прямоугольной формы. Перекрытие выполнять из металлобетона. Вертикальные бункеры предусматривать круглой формы. Параметры крепи камер загрузки следует выбирать в соответствии с табл. 19.

Таблица 19

Оценка состояния устойчивости пород	Перекрытие	Стены	Почва
Устойчивое	Плоское; бетон М200; толщина 0,2–0,5 м	Прямые; бетон М200, М300	Бетон М200, толщина определяется конструктивно
Среднеустойчивое	Плоское; металлобетон М200, М300; толщина 0,3–0,5 м; двутавр № 18 через 0,5–0,7 м (пролет 4 м); № 20, 24 через 0,5 м (пролет 6 м)	Прямые; железобетон с гибкой арматурой, толщина 0,5 м; бетон М200, А-Ш 5 Ø 20 на 1 м	То же, толщина до 0,5 м
Неустойчивое	Плоское, металлобетон М300;	Стыки стен плавные; железобетон	Бетон М300, толщина не

Продолж. табл. 19

Оценка состояния устойчивости пород	Перекрытие	Стены	Почва
	толщина 0,5 м; двутавр № 24–30 через 0,5–0,7 м	с гибкой арматурой; толщина 0,5 м; бетон М300; А-Ш 5 Ø 25 на 1 м	менее 0,5 м
Весьма неустойчивое	Сводчатое, металлобетон М300; толщина 0,5–0,6 м; двутавр № 30, 36, 40 через 0,5–0,7 м; тампонаж, железобетонные анкеры	Стыки стен плавные; железобетон с гибкой арматурой; толщина 0,5–0,6 м, бетон М300; А-Ш 5 Ø 25 на 1 м, тампонаж; железобетонные анкеры	Бетон М300; толщина до 1 м; железобетонные анкеры по почве

П р и м е ч а н и е. При необходимости крепление почвы может производиться после монтажа оборудования.

Выбор параметров крепи вертикальных бункеров производится в соответствии с пп. 4. 30–4. 33 настоящих Указаний. В качестве крепи бункеров принимать монолитный бетон и металлобетон.

5. 25. Расчет параметров крепи камер производить в соответствии с разделом 6, а также методом "инженерной аналогии".

Перспективные конструктивно-технологические решения

5. 26. В перспективе для стволов в сложных горногеологических условиях могут найти применение следующие виды крепей:

– монолитные (бетон в сочетании с металлической оболочкой, высокопрочные бетоны М500–600, металлобетон, сталефибробетон, полимербетон);

– сборные (железобетонные тюбинги, крупногабаритные блоки из бетонов М500 и выше).

а. Бетон в сочетании с металлической оболочкой

П р е и м у щ е с т в а. Более равномерное распределение напряжений в крепи, повышение грузонесущей способности.

Н е д о с т а т к и. Технологически не отработано возведение крепи при обычном способе проходки. Не исследована в натурных условиях работа крепи при размещении металлической оболочки у внутренней поверхности крепи с бетонным защитным слоем. Корро-

зионный износ тонкой металлической оболочки в агрессивных средах при отсутствии защитного слоя не изучен.

П р и м е н и м о с т ь. На всем протяжении ствола.

б. Высокопрочные бетоны М500–600

П р е и м у щ е с т в а. Повышение грузонесущей способности и надежности крепи при прочих равных условиях.

Н а п р а в л е н и е р а б о т. Разработать составы бетонов применительно к конкретным местным материалам с применением новых химических добавок; повысить однородность бетонов в конструкции.

П р и м е н и м о с т ь. На всем протяжении ствола.

в. Металлобетон

П р е и м у щ е с т в о. Более технологичен по сравнению с монолитным железобетоном с гибкой арматурой.

Н а п р а в л е н и е р а б о т. Исследовать напряженное состояние крепи при существенных неравномерностях распределения нагрузок.

П р и м е н и м о с т ь. Район камер и сопряжений.

г. Сталефибробетон

П р е и м у щ е с т в о. Более технологичен по сравнению с монолитным железобетоном с гибкой арматурой.

Н а п р а в л е н и е р а б о т. Исследовать технологию приготовления, доставки и укладки в забое смеси для сталефибробетона, в том числе с учетом существующей технологии возведения бетонной крепи ствола. Обеспечить однородность смеси в соответствии с требованиями норм. Решить вопросы, связанные с монтажом и эксплуатацией жесткой армировки при сталефибробетоне.

П р и м е н и м о с т ь. Район камер и сопряжений.

д. Полимербетон

П р е и м у щ е с т в о. Повышенная прочность на растяжение и более высокие допускаемые деформации крепи.

Н е д о с т а т к и. Дефицитность составляющих материала и высокая стоимость. Токсичность. Неотработанность технологии возведения крепи.

е. Крупногабаритные блоки

П р е и м у щ е с т в о. Повышение качества и надежности крепи за счет заводского изготовления блоков из высокопрочных бетонов, сокращение толщины крепи.

Н е д о с т а т к и. Неотработанность технологии возведения крепи вслед за подвиганием забоя. Дополнительная трудоемкость по сравнению с возведением монолитной бетонной крепи с помощью металлической опалубки.

П р и м е н и м о с т ь. На всем протяжении ствола.

ж. Железобетонные тюбинги

П р е и м у щ е с т в о. Более низкая трудоемкость по сравнению с монолитным железобетоном. Возможность изготовления из высоких марок бетона.

Н е д о с т а т к и. Более высокий аэродинамический коэффициент сопротивления по сравнению с монолитным железобетоном.

П р и м е н и м о с т ь. В районе камер и сопряжений, на протяженной части ствола на глубоких горизонтах.

Н а п р а в л е н и е р а б о т. Разработка усиленной конструкции тюбингов. Отработка технологии изготовления тюбингов применительно к конкретным заводам-изготовителям.

5. 27. Для сопряжений в сложных горногеологических условиях могут найти применение сталефибробетон, полимербетон, металлические замкнутые и незамкнутые оболочки, высокопрочные бетоны и блоки, новые технологические схемы рассечки сопряжений, позволяющие вводить конструктивную податливость крепи. Преимущества, недостатки и направления дальнейших работ те же, что в п. 5. 26. Новые технологические схемы должны обеспечивать рассечку сопряжений совместно с проходкой ствола или исключать последующее влияние проходки сопряжений на крепь ствола.

5. 28. Для камер загрузки характерными являются направления, отмеченные в пп. 5. 26 и 5. 27. Поиски новых решений должны идти по пути изменения конфигурации сечения ствола с круглого на эллиптическое, овальное и т. д. в районе камеры загрузки с целью устранения дополнительных концентраций напряжений на стыке круглого ствола и прямоугольной камеры загрузки.

Предпочтение следует отдавать вертикальным цилиндрическим бункерам, причем необходимо исследовать целесообразность устройства вертикальных бункеров непосредственно со стволом одним сечением. В наклонных и вертикальных бункерах необходимо исследовать возможность применения сталефибробетона.

6. РАСЧЕТ КРЕПИ

Общие расчетные положения

6. 1. Расчет крепи должен производиться раздельно для следующих участков ствола:

а) протяженной части, б)сопряжений с горизонтальными выработками и в) камер.

6. 2. Конструкции крепи следует рассчитывать по методу предельных состояний в соответствии с требованиями главы СНиП по основным положениям проектирования строительных конструкций и оснований.

Расчет должен, как правило, вестись по потере несущей способности.

6. 3. Расчет крепи должен производиться на наиболее неблагоприятный период строительства и эксплуатации выработки с учетом технологии проведения выработки и возведения крепи.

6. 4. Нагрузки и воздействия, воспринимаемые крепью, должны устанавливаться расчетом согласно требованиям настоящих Указаний.

6. 5. Расчеты крепи камер и свода горизонтальной выработки, примыкающей к сопряжению, должны производиться методами строительной механики (см. прил. 3) и могут выполняться на электронно-вычислительных машинах с применением стандартных программ.

КРАТКАЯ ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО И СТАХАНОВО-ПЕРВОМАЙСКОГО РАЙОНОВ ДОНБАССА

Центральный и Стахановo-Первомайский – наиболее развитые угольные районы Донбасса и отличаются высокой степенью концентрации шахтных полей. Центральный геологопромышленный район расположен в северо-западной части Донбасса и занимает западную часть главной антиклинали, а Стахановo-Первомайский является частью Алмазно-Марьевского угленосного района.

Центральный район сложен осадками каменноугольной системы, покрытыми четвертичными образованиями. Каменноугольные породы представлены, главным образом, свитами среднего карбона, из которых основными угленосными свитами являются Горловская C_2^7, Алмазная C_2^6 и Каменская C_2^5 (литологический состав приведен в табл. 20).

Каменноугольные отложения Стахановo-Первомайского района представлены, главным образом, свитами среднего карбона (табл.21).

Таблица 20

Наименование свиты	Литологический состав, %				
	Песчаники	Песчано глинистые сланцы	Глинистые сланцы	Известняки	Уголь
Каменская C_2^5	30	41	15	3,6	1,4
Алмазная C_2^6	23–42	25–33,8	18–34	3,1–4,7	2,5
Горловская C_2^7	14–28	36–47	29–35	5–14,2	1

Относительно простая геологическая структура Центрального района осложнена дополнительной складчатостью, приуроченной, в основном, к осевой части главной антиклинали, а также тектоническими нарушениями преимущественно надвигового типа.

Характеристики наиболее крупных надвигов Центрального района приведены в табл. 22.

Алмазно-Марьевский район приурочен частично к зоне купольных поднятий и полосе мелкой складчатости северной окраины Донецкого бассейна. Район в северо-западном направлении пересекают четыре региональных надвига (Северо-Донецкий, Алмазный, Марьевский и Главный Ирминский).

В отличие от Центрального, Алмазно-Марьевский район в тектоническом отношении значительно сложнее.

Углы падения пластов в Центральном районе колеблются в пределах от 45 до 65°, а в Стахановo-Первомайском – от 10 до 60°

Таблица 21

№№ пп	Углевмещающие породы Центрального района	Мощность		Свиты									
				C_2^3		C_2^4		C_2^5		C_2^6		C_2^7	
		м	%	м	%	м	%	м	%	м	%	м	%
1	Песчаники	715	40	168	40,2	77	28,5	221	47,1	143	47,3	106	32,4
2	Песчаные сланцы	445	25	99	23,7	88	32,3	106	22,6	64	21	88	27
3	Глинистые сланцы	561	31,5	140	33,7	100	37	123	26,3	82	27,2	116	35,6
4	Угли и углистые сланцы	42	2,3	7	1,7	3,5	1,4	13,7	2,9	9,5	3,1	8,5	2,6
5	Известняки	22	1,2	2,6	0,7	2,3	0,8	5,2	1,1	4,2	1,4	7,6	2,4

Таблица 22

Наименование надвига	Угол падения, градус	Вертикальная амплитуда, м	Место нахождения надвигов
Осевой	Ю–З 72–85	40–80	Вдоль оси антиклинали
Главный	Ю 50–55	190	Крайняя западная часть южного крыла
Артемовский	Ю 60–65	200–250	Западная часть южного крыла
Чегорский	Ю 45–70	40–50	То же
Горловский	Ю 50–55	700–1000	Центральная часть южного крыла
Брунвальдский (Юнкомовский)	Ю 60–80	70–400	Восточная часть южного крыла
Булавинский	С 70–80	50–300	Восточная часть северного крыла

В обводнении шахт Центрального района участвуют все водоносные горизонты продуктивных свит карбона. Среднегодовой общешахтный приток не превышает 130–390 $м^3$/ч. Шахтные воды в большинстве случаев сульфатного типа с минерализацией 1,5–5 г/л.

Более сложные гидрогеологические условия отмечены в Стаханово–Первомайском районе.

Сосредоточенные притоки в горные выработки в Стаханово–Первомайском районе колеблются от 1,2 до 400 $м^3$/ч.

Подземные воды здесь обладают значительной сульфатной агрессией. Содержание сульфатов до 2779 мг/л.

Общим для гидрогеологических условий рассматриваемых районов является приуроченность водоносных горизонтов каменноугольных отложений к известнякам и песчаникам.

Почти все шахты Центрального и Стаханово–Первомайского районов сверхкатегорийные по газу и опасные по выбросам. Количество выбросов с ростом глубины ведения горных работ увеличивается.

При пересечении стволом некоторых угольных пластов имеют место случаи внезапных выбросов, вызывающие разрушение крепи.

В пределах Центрального района геотермический градиент изменяется в направлении с запада на восток.

У замковой части антиклинали геотермический градиент составляет 32,6–38,1° С на 1 км. В крайней восточной части южного крыла уменьшается до 22,4–14,4° С на 1 км.

Температура горных пород на глубине 1200 м колеблется от 30,4 до 50,8°С.

В Стаханово–Первомайском районе средний геотермический градиент находится в пределах 2,5–2,8°С на 100 м глубины.

Литологические образования карбона представлены мощной толщей часто переслаивающихся песчаников, песчано–глинистых и глинистых сланцев, известняков и пластов угля.

Наибольшее распространение во всех свитах Центрального района имеют песчаники (28,5–47,3%).

Меньшее и более равномерное распространение имеют песчаные и глинистые сланцы (соответственно 21–27% и 26–37%). Угли и углистые сланцы, известняки и прочие породы имеют подчиненное значение и составляют около 4,5% угленосной толщи.

Слагающая толща горных пород в пределах шахтных полей отличается большой изменчивостью мощностей, состава и свойств (табл. 23).

Таблица 23

Свиты	Количество слоев, %, по мощности			
	до 5 м	5–10 м	10–15 м	15 м
	Песчаники			
C_2^3 и C_2^4	60	18	8,5	13,5
C_2^5	49	15	10,7	25,3
C_2^6	52	15,6	6,9	25,5
C_2^7	68	15,6	4,6	11,8
	56,5	15,7	7,8	20
	Песчаные сланцы			
C_2^3 и C_2^4	74	17,2	3	5,8
C_2^5	74	18	5,2	2,8
C_2^6	84	11,5	3	1,5
C_2^7	73	20	4,9	2,1
	76	16,7	4,3	3
	Глинистые и песчано–глинистые сланцы			
C_2^3 и C_2^4	62	22	6	10
C_2^5	82	13	2,7	2,3
C_2^6	82	13	3,3	1,7
C_2^7	76	17	4,2	2,8

Более половины песчаников, песчаных, песчано–глинистых и глинистых сланцев залегают слоями мощностью до 5 м. Наиболее мощные и выдержанные слои на всех участках имеют песчаники. Около 30% из них залегают слоями мощностью свыше 10 м. На отдельных шахтных полях слои песчаников достигают 40, 50, 60 и даже 80 м.

ТРЕБОВАНИЯ К ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ РАЙОНОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗУЧЕНИЯ

1. Инженерные изыскания для проектирования шахтных стволов должны включать маркшейдерско-геодезические и инженерно-геологические изыскания.

2. Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать получение следующих исходных данных:

- стратиграфической и тектонической характеристики массива горных пород (глубины залегания, выдержанность, мощности, азимуты и углы падения слоев, характеристики тектонической нарушенности);
- литолого-петрографической характеристики слагающих пластов, слоев и других морфологических элементов, их выдержанности, сведений о газоносности, склонности к внезапным выбросам пород и газа;
- краткой характеристики сейсмотектонических явлений, включая сведения о сейсмичности района, о природном напряженном состоянии массива пород в этом районе;
- физико-механических свойств горных пород, включая деформационные и прочностные показатели, характеристики объемной массы, пористости и влажностные показатели;
- детальных сведений о трещиноватости горных пород (число, генетический тип и морфология систем трещин; оценка их частоты и ориентировки в пространстве, прерывистость и степень связанности трещин, величина их раскрытия, состав цемента);
- гидрогеологических данных (о наличии, расположении и мощности водоносных горизонтов, степени обводненности пород, гидростатических и гидродинамических напорах и характеристике химической агрессивности вод, наличии, расположении и характеристике водоупоров; об условии питания и дренажа водоносных горизонтов, показателях их фильтрационной способности, о прогнозе водопритоков в ствол).

3. Исходные данные для проектирования проходки и крепи вертикальных стволов следует получать, используя фондовые данные геологической разведки участка заложения ствола, имеющихся на шахте, в объединении, в различных геологоразведочных и проектных организациях, и новых геологических и гидрогеологических изысканий, включая бурение контрольно-стволовых скважин с поверхности и действующих горизонтов (при углубке ствола).

4. При сборе сведений об условиях проходки стволов в рассматриваемых районах следует ориентироваться также на данные, полученные геологическими службами шахтопроходческих организаций МУП УССР, имеющих большой опыт проведения вертикальных выработок в Донецком бассейне.

5. Стратиграфические и тектонические данные должны содержать параметры залегания (глубина, мощность, угол падения, азимут простирания) всех литологически различающихся пластов, слоев и других морфологических элементов мощностью свыше 0,3 м, залегающих по всей глубине ствола.

залегающих по всей глубине ствола.

6. Особое внимание следует обращать на получение сведений о слабых слоях и прослоях, склонных к выдавливанию и пучению, а также об участках тектонических нарушений.

Для условий крутого падения чрезвычайно важно иметь данные о контактах морфологических элементов с малой степенью связанности (зеркала скольжения, плоскости отслоений и т. п.), существенно снижающих устойчивость окружающих пород в процессе проходки ствола и примыкающих к нему выработок.

7. Физико-механические свойства и структурная ослабленность пород должны определяться для всех слоев (мощностью более0, 3 м) пересекаемой стволом толщи.

Особенно детально показатели физико-механических свойств следует определять на участках сопряжений ствола с камерами и горизонтальными выработками околоствольных дворов.

На этих участках свойства пород необходимо изучать в интервале (по глубине) от 20 м выше и до 10 м ниже сопряжения для всех слоев, пластов и прослоев мощностью свыше 0,1 м.

8. Для всех изучаемых слоев пластов, прослоев и прочих морфологических элементов должны быть выполнены механические испытания керновых проб и установлены нормативные значения сопротивления пород одноосному сжатию, а также объемного веса и естественной влажности.

9. Определение других показателей физико-механических свойств горных пород (модуля упругости, коэффициентов пластичности и бокового распора, реологических показателей и др.) должно производиться специализированными НИИ по требованию проектной организации.

10. Отбор образцов пород из горных выработок, а также их упаковку и доставку в лаборатории, следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-72 "Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов".

11. Для определения агрессивного воздействия и коррозионной активности подземных вод - среды по отношению к материалам крепи - пробы воды на химический анализ необходимо отбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 9. 015-74 "Единая система защиты от коррозии и сжатия. Подземные сооружения. Общие технические требования" и главы СНиП по проектированию защиты строительных конструкций.

12. Инженерные изыскания должны выполняться с применением прогрессивных методов работ, современных приборов и оборудования, обеспечивающих повышение производительности труда, улучшение качества и сокращение продолжительности изысканий.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КРЕПИ

А. Расчет крепи стволов на протяженном участке

1. В породах 1 категории устойчивости толщину крепи следует назначать без расчета в соответствии со СНиП. Допускается, при соответствующем обосновании, увеличивать толщину крепи в рассматриваемых условиях до 350 мм.

2. Расчет крепи в породах II, III и 1У категорий устойчивости в горногеологических условиях II типа при углах падения пластов от 0 до 10° следует определять по формуле:

$$\delta_к = m_y r_0 \left\{ \sqrt{\frac{m_{б_1} \cdot m_{б_3} \cdot m_{б_7} \cdot R_{пр}}{m_{б_1} \cdot m_{б_3} \cdot m_{б_7} \cdot R_{пр} - 2\kappa_{кр}[P_0 + (P - P_0)(1 - l^{-2,8\,h/r_0})]}} - 1 \right\}, \qquad (31)$$

где $R_{пр}$ – расчетное сопротивление тяжелого бетона сжатию, принимаемое в соответствии с главой СНиП П-21-75 "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования"; m_y – коэффициент условий работы крепи, принимаемый равным 1,25; $m_{б_1}$ – коэффициент условий работы для тяжелого бетона, учитывающий условия твердения, принимаемый равным 0,85; $m_{б_3}$ – коэффициент, учитывающий попеременное замораживание и оттаивание бетона, принимаемый равным 1; $m_{б_7}$ – коэффициент, учитывающий бетонирование в вертикальном направлении, принимаемый равным 0,85; $\kappa_{кр}$ – коэффициент концентрации напряжений в конструкции крепи, принимаемый равным 1 на протяженном участке ствола; P – расчетное давление в пределах рассматриваемого слоя, определяемое по формуле (12); h – половина мощности слоя; P_0 – расчетное минимальное давление на крепь ствола в пределах выше или ниже расположенных слоев (по отношению к рассматриваемому), определяемое по формуле (12).

3. Расчет крепи в породах II, III и 1У категорий устойчивости, при углах падения $10^{\circ} \leq \alpha < 70^{\circ}$ и отношении мощности слоя к диаметру ствола $2h/2r_0 > 1,5$ производится по формуле (31), но при коэффициенте $K_h = 1$.

4. Толщина бетонной крепи в горногеологических условиях II типа при углах падения $10^{\circ} < \alpha < 70^{\circ}$ определяется по номограмме рис. 15 в зависимости от расчетного давления (P, МПа),

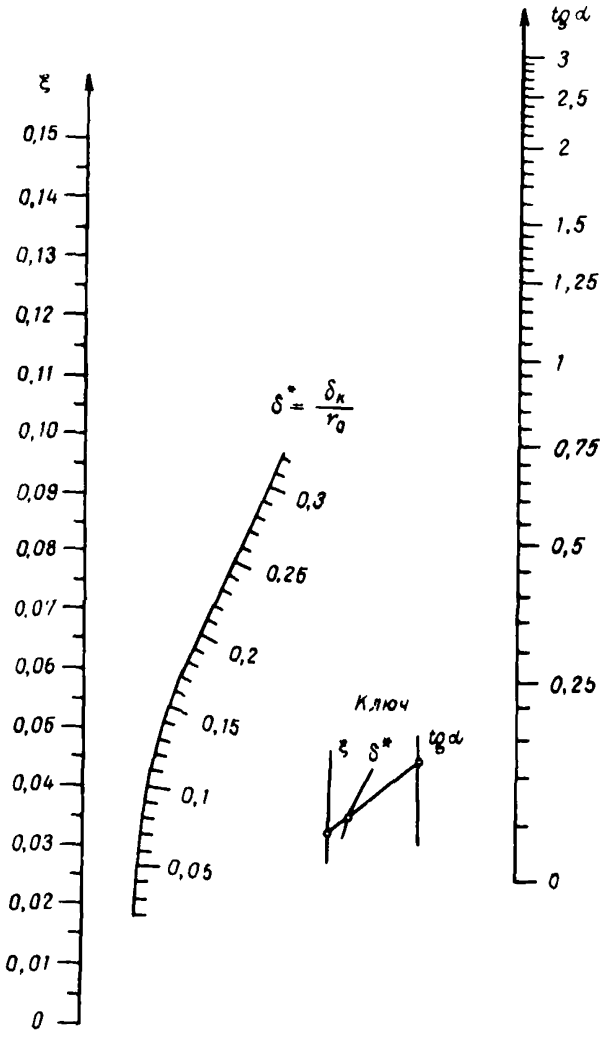


Рис. 15. Номограмма для определения толщины крепи по окружным сжимающим напряжениям

расчетного сопротивления материала ($R_{пр}$, МПа), мощности слоя по нормали к напластованию ($2h$,,м), радиуса ствола в свету (r_0, м) и тангенса угла падения слоя ($tg\,\alpha$). Показатель ξ на номограмме определяют по формуле:

$$\xi = \frac{h \quad n \cdot m_y \cdot P}{r_0 \cdot m_{б1} \cdot m_{б3} \cdot m_{б7} \cdot R_{пр}} .$$

Ход решения по номограмме показан на ключе стрелками.

Диапазон использования номограммы ограничивается следующими величинами отношения мощности слоя к диаметру ствола:

а) $0 \leq 2h/2r_0 \leq 0,5$ - по номограмме;

б) $0,5 < 2h/2r_0 \leq 1,5$ - по номограмме, принимая $2h/2r_0 = 0,5$.

Значения безразмерных коэффициентов m, m_y и $m_{б1}$, $m_{б3}$ и $m_{б7}$ надлежит принимать в соответствии с указаниями п. 4. 10 и п. 2 прил. 3.

5. На участках пересечения стволом слабых глинистых пород, склонных к незатухающим во времени деформациям, рекомендуется определять долговечность крепи (ресурс), т. е. промежуток времени с момента установки крепи до ее разрушения.

Долговечность крепи определяется на основании выражения:

$$б^*(t) \leq R_{пр}, \qquad (32)$$

где $б^*(t)$ - полные напряжения, действующие в бетонной крепи, с учетом старения бетона и его ползучести, определяемые в зависимости от времени и скорости смещения боковых пород по графикам (рис. 16).

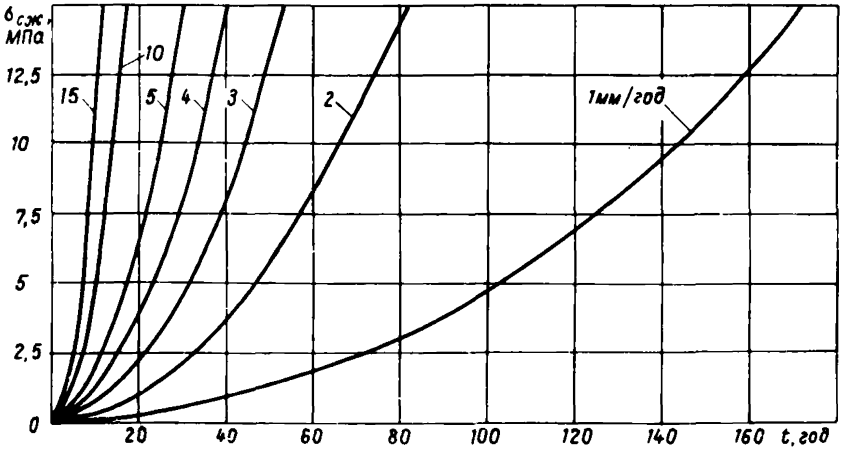


Рис. 16. Графики изменения полных напряжений в зависимости от времени при различных скоростях нагружения

Для определения долговечности крепи необходимо установить скорость смещения боковых пород, выбрать по СНиП П-21-75 расчетное сопротивление бетона сжатию $R_{пр}$ и по соответствующему графику (см. рис. 16) найти ресурс крепи.

Скорость радиальных смещений определяется по данным натурных измерений смещений стенок ствола при помощи устройства АГ-3М или другим способом. Для ориентировочных расчетов долговечности крепи скорость радиальных смещений принимается по п. 3. 6.

6. Расчет усилий в железобетонной крепи с гибкой арматурой производится следующим образом:

$$M = R_{ц}^{2} \frac{2P - q_к}{K\,(K-1)} \cdot \cos K\theta\,; \qquad (33)$$

$$N = R_{ц} \left(P_н - \frac{P - Kq_к}{K^2}\right) \cdot \cos K\theta\,, \qquad (34)$$

где M; N – изгибающий момент и нормальная сила, действующие в сечении крепи; $P_н$ – средняя нагрузка, определяемая в соответствии с настоящим документом; $P, q_к$ – неравномерная радиальная и касательная нагрузки; $R_{ц}, \delta_к$ – радиус окружности, проходящей через центр тяжести сечения, толщина крепи; θ – текущий угол, $K = 2$.

Соотношение между $P_н$ и P ($\omega_к = \frac{P}{P_н}$) принимается равным $\omega_к = 0{,}4\text{–}0{,}9$.

$$q_к = P \frac{m^4\,(3 + m^2) + Q}{m^4\,(3 - m^2) - Q}, \qquad (35)$$

где $$Q = \frac{(m^2 - 1)^3}{\varkappa_к + 1} \left(\frac{G_к}{G_п} - 1\right),$$

$G_п$; $G_к$ – модули сдвига пород и крепи; $\varkappa_к$ – коэффициент Мусхелишвили для материала крепи; $\varkappa_к = 3\text{–}4\,\mu$ – при плоской деформации; $\varkappa_к = \frac{3 - \mu}{1 + \mu}$ – при плоском напряженном состоянии; μ – коэффициент Пуассона; $m = \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2$: r_0, r_1 – внутренний и наружный радиусы крепи.

По найденным значениям M и N производится подбор арматуры или проверка прочности крепи в соответствии со СНиП П-21-75.

7. Область применения монолитной бетонной крепи в породах II и III категорий устойчивости целесообразно определять по графикам рис. 17–20.

Ход определения области показан на графиках стрелками.

В породах 1У категории устойчивости определение области применения монолитной бетонной крепи следует производить по графикам рис. 21 и 22. Для этого необходимо выбрать несущую способность крепи по оси ординат, провести горизонтальную линию до пересечения с кривой, соответствующей отношению предельной де-

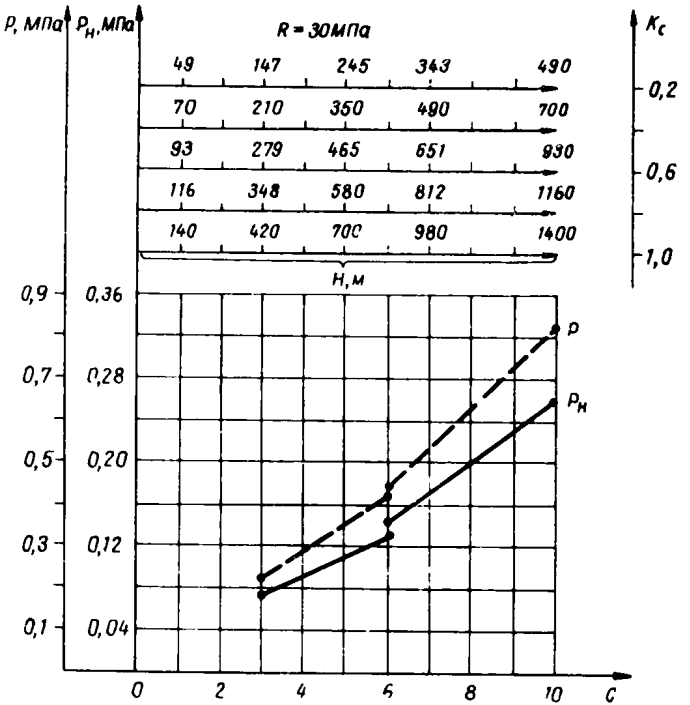


Рис. 18. График определения области применения бетонной крепи в породах II и III категорий устойчивости, R = 30 МПа

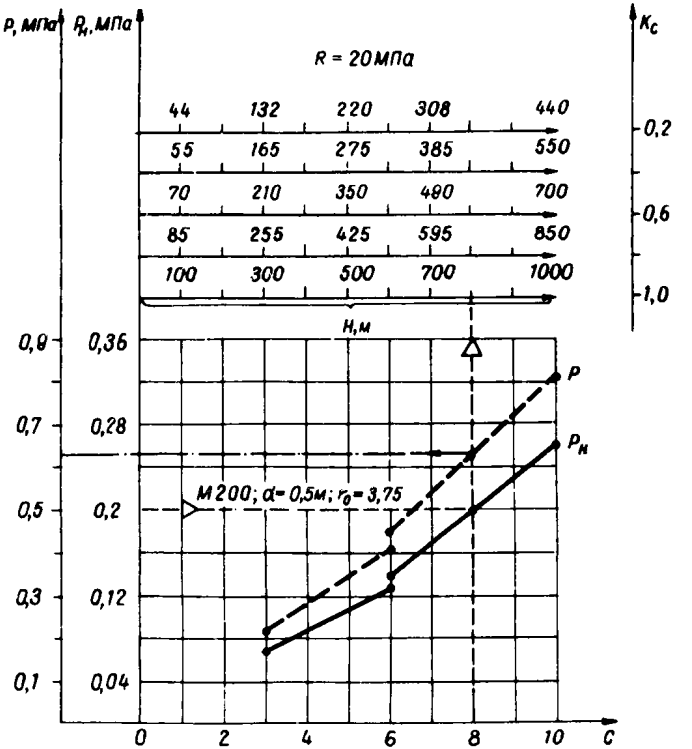


Рис. 17. График определения области применения бетонной крепи в породах II и III категорий устойчивости, R = 20 МПа

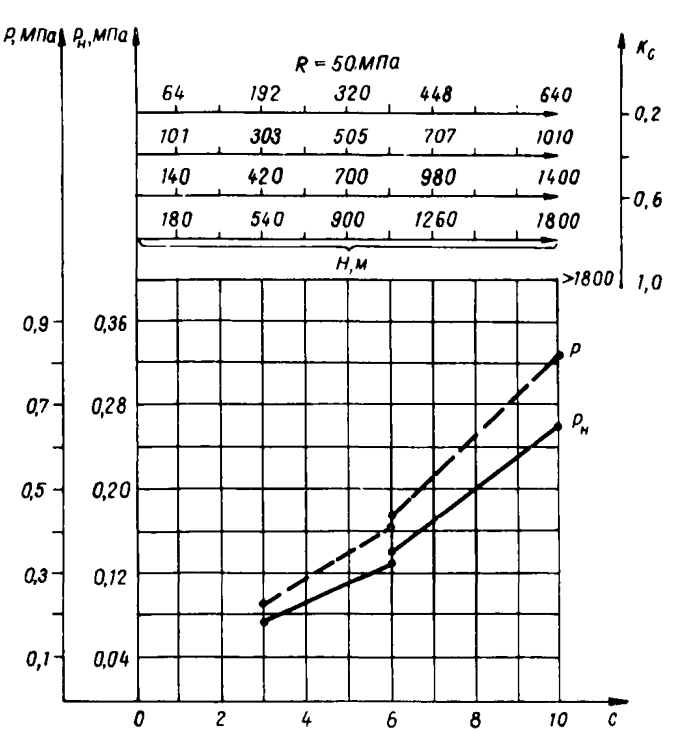


Рис. 20. График определения области применения бетонной крепи в породах II и III категорий устойчивости, R = 50 МПа

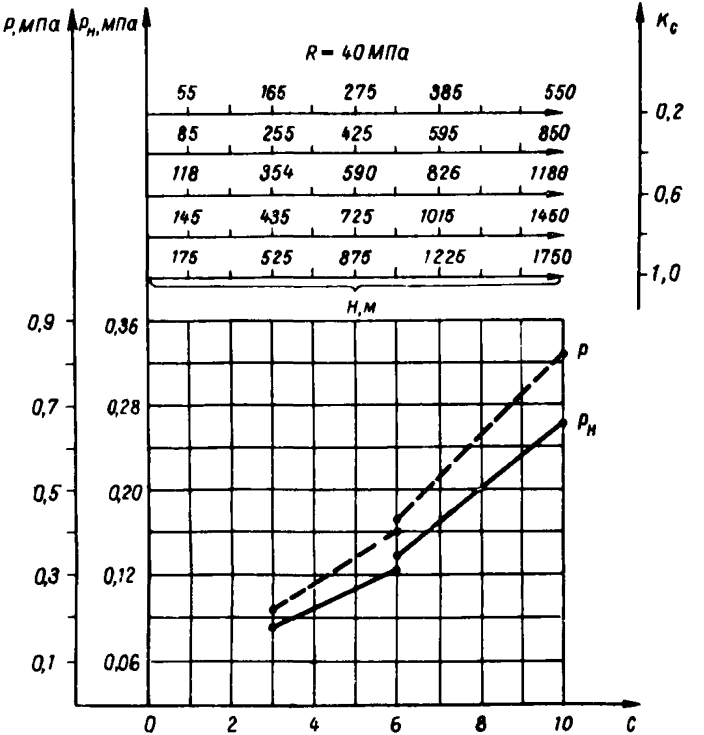


Рис. 19. График определения области применения бетонной крепи в породах II и III категорий устойчивости, R = 40 МПа

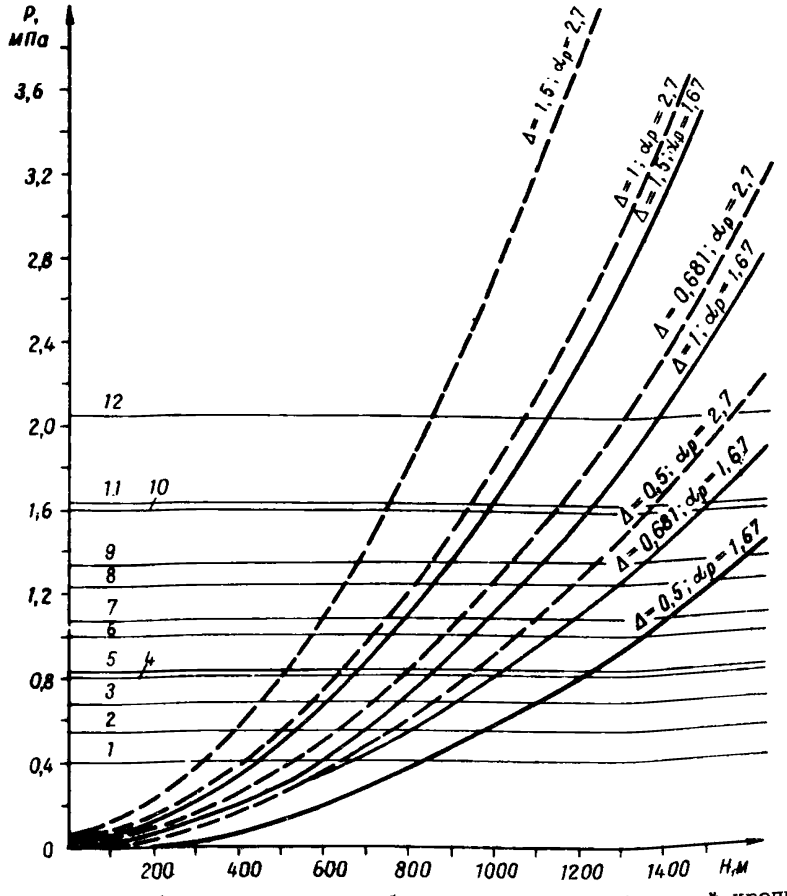


Рис. 21. Графики определения области применения бетонной крепи в породах 1У категории устойчивости:

1 - d = 0,5; М200; сопряжен.; 2 - d = 0,3 м; М200; 3 - d = = 0,4 м; М200; 4 - d = 0,3 м; М300; 5 - d = 0,5 м; М200; 6 - d = 0,4 м; М300; d = 0,5 м; М400; 7 - d = 0,7 м; М200; d = 0,5 м; М200; K_h = 0,753; h = 2 м; 8 - d = 0,5 м; М300 9 - d = 0,4 м; М400; 10 - d = 0,5 м; М300; 11 - d = 0,5 м; М200; K_h = 0,503; h = 1 м; 12 - d = 0,7 м; М400

формации породы к обобщенной деформации крепи $\Delta = \frac{\tilde{\varepsilon}_п}{\tilde{\varepsilon}_{к.о}}$, и по оси абсцисс найти наибольшую глубину применимости крепи.

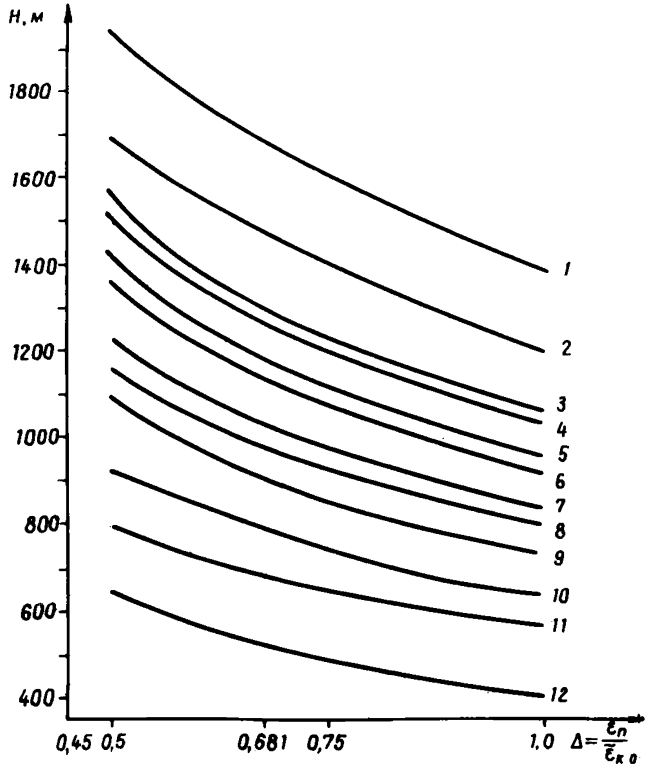


Рис. 22. Графики определения области применения бетонной крепи в породах 1У категории устойчивости (дополнение к рис. 21):

1 – d = 0,7; М400; α_ρ = 1,67; 2 – d = 0,5; М400; α_ρ = 1,67; d = 0,7; М300; α_ρ = 1,67; 3 – d = 0,7; М400; α_ρ = 2,7; 4 – d = 0,5; М300; α_ρ = 1,67; 5 – d = 0,7; М200; α_ρ = 1,67; 6 – d = 0,5; М400; α_ρ = 2,7; d = 0,7; М300; α_ρ = 2,7; 7 – d = 0,5; М200; α_ρ = 1,67; 8 – d = 0,5; М300; α_ρ = 2,7; 9 – d = 0,7; М200; α_ρ = 2,7; 10 – d = 0,5; М200; α_ρ = 2,7; 11 – d = 0,5; М200; α_ρ = 1,67; сопряжен.; 12 – d = 0,5; М200; α_ρ = 2,7; сопряжен.

Область применения бетонной крепи для горных пород с сопротивлением одноосному сжатию R, не указанным на графиках, находится при помощи линейной интерполяции.

Б. Расчет крепи сопряжений и камер

1. Расчет усилий в крепи горизонтальной части сопряжений (зона 1У) выполняется в соответствии с методикой ТулПИ по нагрузкам, принимаемым в соответствии с настоящим документом. Расчет проводится с помощью программы для ЭВМ "Минск-32".

2. Для расчета усилий в крепи выработок различной конфигурации, включая поперечное сечение ствола совместно с камерой загрузки, бункера прямоугольной формы, рекомендуется программа "Экспресс". Расчет усилий в крепях камер допускается производить методами строительной механики.

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ И РАСЧЕТА КРЕПИ

А. Протяженный участок ствола

Исходные данные

Горнотехнические условия участка: диаметр ствола в свету $2r_0 = 6$ м, глубина рассматриваемого сечения ствола от поверхности $H = 980$ м, высота опалубки для возведения бетонной крепи $l_0 = 3$ м. Участок находится вне зон тектонических нарушений и влияния очистных работ. Материал крепи – бетон марки М200.

Характеристика геологического разреза: ствол рассматриваемого участка пересекает слой глинистого сланца мощностью (по нормали) $2h = 1$ м, расположенный между мощными слоями песчаников; угол падения пород $\alpha = 65^0$; расстояние (среднее) между трещинами в слое менее 0,1 м.

Физико-механические свойства пород по данным лабораторных испытаний: прочность образцов глинистого сланца на одноосное сжатие $R = 40$ МПа; модуль упругости $E_0 = 0{,}13 \cdot 10^5$ МПа; коэффициент Пуассона $\nu = 0{,}3$; коэффициент бокового распора $\lambda_0 = 0{,}25$.

Решение

1. В соответствии с п. 2. 7 определяем расчетную глубину H_p расположения рассматриваемого сечения. Так как $K = 1$, то $H_p = 980$ м.

2. В соответствии с п. 2. 3 участок ствола находится в горно-геологических условиях II типа.

3. Чтобы установить категорию устойчивости пород, воспользуемся формулой (8) для определения критерия устойчивости пород C и данными табл. 4, в которой приведены значения коэффициента структурного ослабления пород K_c.

Определим значения коэффициентов, входящих в формулу (8). В соответствии с заданными условиями примера, $K_{сб} = 1$; $K_ц = 1$; $K_t = 1$.

$$K_\alpha = \frac{1}{1 + 0{,}5 \sin\alpha} = \frac{1}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}42} = 0{,}83.$$

Так как расстояние между трещинами менее 0,1 м, то величина коэффициента структурного ослабления $K_c = 0{,}2$.

Тогда величину C определим из выражения:

$$C = \frac{K_{сб} \cdot K_ц \cdot K_t \cdot H_p}{26{,}3 + K_\alpha K_c \cdot R\,(5{,}25 + 0{,}0056 \cdot K_\alpha \cdot K_c \cdot R)} =$$

$$= \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 980}{26{,}3 + 0{,}83 \cdot 0{,}2 \cdot 40\ (5{,}25 + 0{,}0056 \cdot 0{,}83 \cdot 0{,}2 \cdot 40)} = \sim 16$$

Следовательно, в соответствии с данными табл. 6, глинистый сланец на рассматриваемой глубине относится к категории весьма неустойчивых пород.

4. Определение расчетной нагрузки на крепь в весьма неустойчивых породах производится по формуле (9), а нормативной – по формуле (12).

Прежде всего определим значение нормативной нагрузки.

Для этого сначала находим величины параметров, входящих в формулу (12).

а. Величина обобщенного критерия подобия R_S в соответствии с п. 4. 12 равна $R_S = 0{,}028$.

б. Величина обобщенного реологического показателя глинистого сланца $\varkappa/\beta$ по табл. 1 равна $\varkappa/\beta = 0{,}28$.

Параметр $\alpha_p = \frac{1}{1 - \varkappa/\beta} = \frac{1}{1 - 0{,}28} = 1{,}4$.

в. Величину предельной деформации пород $\tilde{\varepsilon}_п$ находим по формуле (4).

Входящий в формулу (4) коэффициент пластичности П определяем по п. 2. 15: П = 2,3,

тогда $\tilde{\varepsilon}_п = \frac{П \cdot R}{E_o} = \frac{2{,}3 \cdot 40}{0{,}13 \cdot 10^5} = 7{,}1 \cdot 10^{-3}$.

г. Величину радиального смещения пород без учета влияния забоя U_o определяем по формуле (15).

Прежде всего находим значения параметра $\alpha_з$ и коэффициента бокового распора λ .

Параметр $\alpha_з$ находим по формуле (16).

$$\alpha_з = \frac{354}{R/10^5 - 80} \cdot 10^{-5} = 1{,}1 \cdot 10^{-15}$$

Коэффициент бокового распора аргиллита на глубине H = 980 м и $H_п$ = 2000 м определяем по формуле (5):

$$\lambda = \lambda_0 + \left(\frac{H}{H_п}\right)^2 \cdot \left(3 - 2\frac{H}{H_п}\right)(1 - \lambda_0) =$$

$$= 0{,}25 + \left(\frac{980}{2000}\right)^2 \cdot \left(3 - 2\,\frac{980}{2000}\right)(1 - 0{,}25) = 0{,}5.$$

Тогда $U_0 = r_0 \frac{(1+\nu)\lambda g \gamma_п H_p \sqrt{2}}{E_o} \left[\left(1 + \frac{\varkappa/\beta}{1 - \varkappa/\beta}\right) + \frac{27\alpha_з (g\gamma H_0)^2}{80}\left(1 + \frac{\varkappa/\beta}{1 - \varkappa/\beta}\right)\right] =$

$$= 3\,\frac{(1+0{,}3)\,0{,}6\cdot 9{,}8\cdot 2600\cdot 980\cdot\sqrt{2}}{0{,}13\cdot 10^{5}\cdot 10^{6}}\left[\left(1+\frac{0{,}28}{1-0{,}28}\right)+\right.$$

$$\left.+\frac{27\cdot 1{,}1\cdot 10^{-15}\,(9{,}8\cdot 2600\cdot 980)^{2}}{80}\left(1+\frac{0{,}28}{1-0{,}28}\right)\right]=1{,}1\ \text{см}.$$

д. Величину радиального смещения пород с учетом влияния забоя находим по формуле (14).

Для этого необходимо по графику рис. 7 определить значение корректирующей функции f_3 в зависимости от расстояния рассматриваемого сечения ствола до забоя. Указанное расстояние в соответствии с п. 2. 12 равно расчетной высоте заходки, определяемой из выражения:

$$l = l_0 + 0{,}5\,l_0 = 3{,}0 + 0{,}5\cdot 3{,}0 = 4{,}5\ \text{м}.$$

Относительная величина расстояния

$$\frac{l}{r_0} = \frac{4{,}5}{3{,}0} = 1{,}5,$$

а величина корректирующей функции $f_3 = 0{,}93$.

Тогда величина радиального смещения с учетом влияния забоя

$$U^{*} = U_0 \cdot f_3 = 1{,}1\cdot 0{,}93 = 1\ \text{см}.$$

е. По формуле (13) определяем обобщенную предельную деформацию крепи. В соответствии с п. 2. 23 для бетонной крепи $\tilde{\varepsilon}_к = 6\cdot 10^{-3}$, тогда

$$\tilde{\varepsilon}_{к0} = \frac{U_0^{*}}{r_0} + \tilde{\varepsilon}_к = \frac{1}{300} + 6\cdot 10^{-3} = 9\cdot 10^{-3}.$$

С учетом вычисленных параметров величина нормативной нагрузки на крепь

$$P_н = R_s\cdot\alpha_p(1+\nu)\cdot(q\gamma_п\cdot H_p)\,\lambda\frac{\tilde{\varepsilon}_п}{\tilde{\varepsilon}_{к0}} =$$

$$= 0{,}028\cdot 1{,}4\ (1+0{,}3)\ 0{,}6\cdot 9{,}8\cdot 2600\cdot 980\,\frac{7{,}1\cdot 10^{-3}}{9{,}0\cdot 10^{-3}} = 0{,}65\ \text{МПа}.$$

5. Величина расчетной нагрузки на крепь

$$P = n\cdot m_у\cdot n_и\cdot P_н\left[1+0{,}1\ (r_0 - 3)\right] =$$

$$= 1{,}3\cdot 0{,}8\cdot 1\cdot 6{,}5\cdot 10^{5}\left[1+0{,}1\ (3-3)\right] = 6{,}8\cdot 10^{5}\ \text{Н/м}^2 =$$

$$= 0{,}68\ \text{МПа}.$$

6. Расчет необходимой толщины крепи из бетона марки М200 ($R_{пр}$ = 9 МПа) выполняем по номограмме рис. 15.

Для этого прежде всего определим величину параметра

$$\xi = \frac{h \cdot m_y \cdot n \cdot P}{r_0 \cdot m_{б_1} \cdot m_{б_3} \cdot m_{б_7} \cdot R_{пр}} = \frac{0{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}3 \cdot 6{,}8 \cdot 10^5}{3 \cdot 0{,}85 \cdot 1 \cdot 0{,}85 \cdot 9 \cdot 10^6} = 0{,}018,$$

Далее находим значение $tg\alpha = tg\,65^\circ = 2{,}1$.

Для определения необходимой толщины крепи соединяем прямой линией точки ξ = 0,018 и $tg\alpha$ = 2,1 на соответствующих шкалах номограммы. Пересечение этой прямой со шкалой дает искомую относительную толщину крепи δ^* = 0,09.

Толщина крепи $\delta_к = \delta^* \cdot r_0$ = 0,09 · 3 = 0,27 м.

Б. Сопряжение ствола с горизонтальной выработкой

Исходные данные

Определим нагрузки на крепь 1У зоны сопряжения (левая ветвь) в сечении 1-1, удаленном от ствола на расстояние L_c = 5 м (рис. 23).

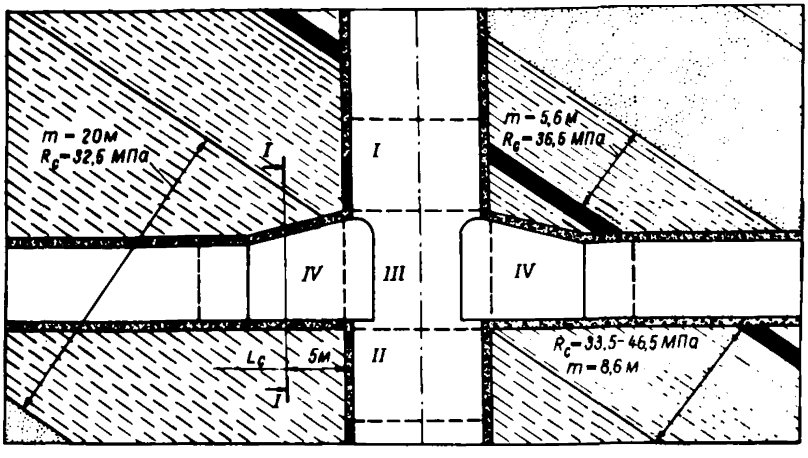


Рис. 23. Схема к расчету нагрузок на крепь сопряжения в зоне 1У

Горнотехнические условия участка: глубина расположения головки рельса от поверхности H = 710 м; ширина горизонтальной выработки вчерне b = 8 м; постоянная крепь возводится через 30 суток после проходки.

Характеристика геологического разреза: горизонтальная выработка пересекает слой глинистого сланца мощностью m = 20 м; выработка пройдена вкрест простирания; угол падения пород $\alpha = 35^{\circ}$.

Прочностные свойства пород: сопротивление глинистого сланца одноосному сжатию R = 32,5 МПа.

Р е ш е н и е

1. Определяем по формуле (23) расчетное сопротивление пород со стороны боков, почвы и кровли. В виду того, что выработка расположена в однородном мощном слое пород, расчетное сопротивление пород для боков, почвы и кровли будет одинаковым.

Коэффициенты $f_в$ и f_t в соответствии с табл. 10 и п. 4. 22 принимаются равными $f_в$ = 0,4 и $f_т$ = 0,9.

$$R_{сж} = 32,5 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 11,7 \text{ МПа}.$$

2. Определяем смещение со стороны боков по формуле (20). Прежде находим значения параметров и коэффициентов, входящих в формулу (20):

а) типовое смещение $U'_т$ по номограмме (рис. 9):

$$U_т = 300 \text{ мм};$$

б) значения коэффициентов по табл. 8:

$$k_\alpha = 0,6; \quad k_\theta = 0,8;$$

в) значение коэффициента по формуле (21):

$$k_S = 0,2(8 - 1) = 1,4;$$

г) в соответствии с п. 4. 21 и табл. 9 находим значение коэффициента $k_в$. Для этого по табл. 9 определяем протяженность зоны влияния ствола $L \sim$ = 25 м и графически, по методике, изложенной в п. 4. 21, находим коэффициент

$$k_в = 1,7.$$

После подстановки в формулу (20) значений соответствующих коэффициентов определяем величину смещений со стороны боков:

$$U = 0,8 \cdot 300 \cdot 0,6 \cdot 1,4 \cdot 1,7 = 343 \text{ мм}.$$

3. Определим величины смещений со стороны почвы и кровли по формуле (20). Заметим, что указанные величины будут одинаковыми.

Значения коэффициентов k_α, k_S и $k_в$ – те же, что и при определении смещений со стороны боков:

$$k_\alpha = 0,6; \quad k_S = 1,4; \quad k_в = 1,7.$$

В соответствии с п. 4. 21 $k_\theta = 1$.

Тогда

$$U = 300 \cdot 0,6 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 428 \text{ мм}.$$

4. В соответствии с п. 4. 24 определяем нормативную нагрузку на крепь.

а. По формуле (26) находим величину смещения со стороны боков (до установки постоянной крепи): $U_t = U \cdot k_t$

Величина коэффициента k_t определяется по графикам (см. рис. 11) в зависимости от отношения H/R = 21,5 и принимаемого разрыва во времени между проходкой и возведением крепи t = 30 сут.

$$k_t = 0,35,$$

тогда

$$U_t = 343 \cdot 0,35 = 120 \text{ мм}.$$

б. Определяем величину смещений со стороны кровли и почвы до установки крепи.

Значение коэффициента k_t для отношения H/R = 21,5:

$$k_t = 0,35,$$

тогда

$$U_t = 428 \cdot 0,35 = 150 \text{ мм}.$$

в. Принимаем величину смещения боковых пород за счет сжатия забутовки равной 15% от толщины слоя забутовки ($\delta_з$ = 500 мм).

$$U_з = 0,15 \cdot 500 = 75 \text{ мм}.$$

Величина забутовки со стороны кровли и боков принимается одинаковой.

г. Величины нормативных нагрузок: со стороны боков $P_н$ = 0,5 МПа; со стороны кровли $P_н$ = 0,6 МПа; со стороны почвы $P_н$ = 0,75 МПа.

5. По формуле (25) определяем величины расчетных нагрузок при коэффициентах $k_п$ = 1 и $k_н$ = 1,1:

со стороны боков

$$P = P_н \cdot k_п \cdot k_н = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 0,55 \text{ МПа};$$

со стороны кровли

$$P = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 0,66 \text{ МПа};$$

со стороны почвы

$$P = 0,75 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,83 \text{ МПа}.$$

6. Статический расчет крепи сопряжения производится на ЭВМ по программе "Крепь", по методике, изложенной в Указаниях . . . ВНИМИ (Л., 1978).

В. Камера загрузки скипов

Определим нагрузки на крепь камеры загрузки скипов, схема которой приведена на рис. 24.

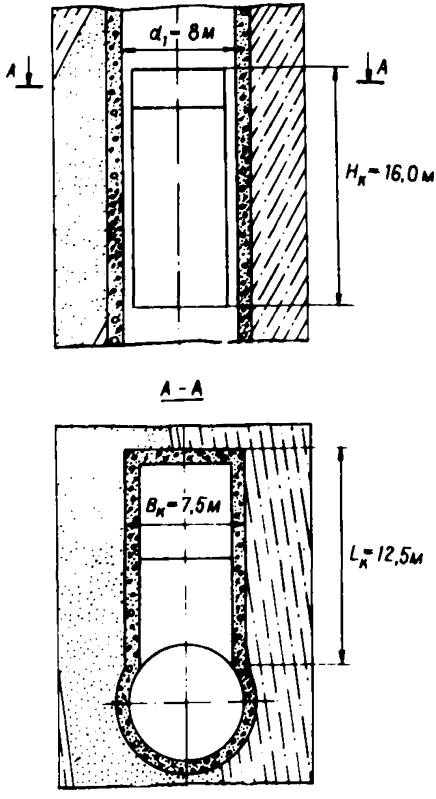


Рис. 24. Схема камеры:

песчаник; песчано-глинистый сланец

Исходные данные

Горнотехнические условия: диаметр ствола в свету d_1 = = 8 м; глубина расположения камеры (по подошве) – 880 м; размеры камеры: высота $H_к$ = = 16 м, длина $L_к$ = 12,5 м, ширина $B_к$ = 7,5 м.

Камера находится вне зон тектонических нарушений и влияния очистных работ.

Характеристика геологического разреза: ориентация оси камеры – по простиранию; угол падения пород α = 65°; камера со стороны восстания контактирует с песчано-глинистыми сланцами, а со стороны падения – с песчаником: в кровле камеры залегает песчаник, в почве – песчано-глинистый сланец.

Прочностные свойства пород: сопротивление одноосному сжатию песчаника R = 60 МПа, песчано-глинистого сланца R = = 30 МПа.

Решение

1. Определяем по формуле (23) расчетное сопротивление пород со стороны боков, почвы и кровли:

а) со стороны восстания

$$R_{сж} = R \cdot f_в \cdot f_т;$$

коэффициенты $f_в$ и $f_т$ в соответствии с п. 4. 22 и табл. 10 принимаем равными $f_в$ = 0,4 и $f_т$ = 0,9.

$$R_{сж} = 30 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 10,8 \text{ МПа};$$

б) при определении R со стороны падения принимаем коэффициенты $f_в$ = 0,6 и $f_т$ = 0,9.

$$R_{сж} = 60 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 32,4 \text{ МПа};$$

в) со стороны кровли сопротивление пород одноосному сжатию то же, что со стороны падения:

$$R_{сж} = 32,4 \text{ МПа};$$

г) со стороны почвы сопротивление пород одноосному сжатию то же, что со стороны восстания:

$$R_{сж} = 10,8 \text{ МПа}.$$

2. Определяем по формуле (28) радиальное смещение боковых пород:

$$U = 0,85 U_т \cdot k_S \cdot k_\lambda \cdot k_в \cdot k_к;$$

а) по номограмме (см. рис. 9) определяем $U_т$ со стороны восстания $U_т = 570$ мм, со стороны падения $U_т = 150$ мм, со стороны кровли $U_т = 150$ мм и со стороны почвы $U_т = 570$ мм;

б) находим значения входящих в формулу (28) коэффициентов:

$$k_S = 0,2(b - 1),$$

где $b = d_1 + L_к = 8 + 12,5 = 20,5$ м;

$$k_S = 0,2 \cdot 19,5 = 3,9.$$

Определяем по графикам (см. рис. 12) значение коэффициента k_λ со стороны восстания:

$$k_\lambda = 0,55;$$

со стороны падения

$$k_\lambda = 0,45.$$

Находим в соответствии с п. 4. 28 значение коэффициента

$$k_в = 1,4.$$

Определяем значение коэффициента $k_к$ по п. 4. 28 в соответствии с графиками (см. рис. 13).

В виду того, что при соотношении $B^k/l_к < 1$ влиянием забоя можно пренебречь, принимаем $k_к = 1$.

После подстановки в формулу (28) значений соответствующих коэффициентов, определяем величины смещений:

а) со стороны восстания

$$U = 0,85 \cdot 570 \cdot 3,9 \cdot 0,55 \cdot 1,4 \cdot 1 = 1455 \text{ мм};$$

б) со стороны падения

$$U = 0,85 \cdot 150 \cdot 3,9 \cdot 0,45 \cdot 1,4 \cdot 1 = 313 \text{ мм}.$$

3. Рассчитываем величины смещений со стороны почвы и кровли по формуле (30):

$$U = U_т \cdot k_\alpha \cdot k_S \cdot k_в \cdot k_к.$$

Для этого находим по табл. 8 значение коэффициента $k_\alpha = 0,6$. Тогда величина смещения пород со стороны кровли составит:

$$U = 150 \cdot 0,6 \cdot 3,9 \cdot 1 \cdot 1,4 = 491 \text{ мм};$$

со стороны почвы

$$U = 570 \cdot 0,6 \cdot 3,9 \cdot 1,0 \cdot 1,4 = 1867 \text{ мм}.$$

4. В соответствии с п. 4. 24 определяем нормативную нагрузку на крепь со стороны восстания по графикам (см. рис. 10).

а. Для этого определяем величину смещения со стороны восстания до установки крепи по формуле (26):

$$U_T = U \cdot k_t.$$

Величина коэффициента k_t определяется по графикам (см. рис. 11) в зависимости от отношения $H/R = 90$ и принимаемого разрыва во времени между проходкой выработки и установкой крепи $t = 30$ сут.

$$k_t = 0,1.$$

Тогда

$$U_t = U \cdot k_t = 1455 \cdot 0,1 = 146 \text{ мм}.$$

б. Определяем величину смещения со стороны падения до установки крепи. Значение коэффициента k_t для отношения

$$\frac{H}{R} = \frac{900}{320} = \sim 3:$$

$$k_t = 0,32.$$

Тогда

$$U_t = U \cdot k_t = 3130 \cdot 0,32 = 63 \text{ мм}.$$

в. Принимаем величину смещения боковых пород за счет сжатия забутовки равной 15% от толщины слоя забутовки ($\varepsilon_3 = 500$ мм):

$$U_3 = 0,15 \cdot 500 = 75 \text{ мм}.$$

г. Определяем величину смещения со стороны кровли до установки крепи при соотношении

$$\frac{H}{R} = 3,0 \text{ и } k_t = 0,32.$$

Тогда $U_t = U \cdot k_t = 491 \cdot 0,32 = 157$ мм.

д. Величина забутовки со стороны кровли принимается такой же, что и для боков.

е. Величины нормативных нагрузок равны:

со стороны восстания

$$P_н = 1,45 \text{ МПа};$$

со стороны падения

$$P_н = 0,75 \text{ МПа};$$

со стороны кровли

$$P_н = 0,7 \text{ МПа}.$$

5. По формуле (25) определяем величины расчетных нагрузок при коэффициентах $k_н = 1$ и $k_п = 1,1$:

со стороны восстания

$$P = P_н \cdot k_н \cdot k_п = 1,45 \cdot 1 \cdot 1,1 = 1,6 \text{ МПа};$$

со стороны падения

$$P = 0,75 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,83 \text{ МПа};$$

со стороны кровли

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,77 \text{ МПа}.$$

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ 3
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
2. КЛАССИФИКАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОДДЕРЖАНИЯ СТВОЛОВ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ . . . 7

Классификация условий поддержания 8
Исходные данные и способы их получения 11

3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ 15
4. РАСЧЕТ СМЕЩЕНИЙ ПОРОД И НАГРУЗОК НА КРЕПЬ 20

Основные положения 20
Расчет нагрузок на крепь ствола и смещений пород на протяженном участке 22
Расчет нагрузок на крепь сопряжения в зонах 1, II и III 26
Расчет нагрузок на крепь сопряжения в зоне 1У . . . 26
Расчет смещений и нагрузок на крепь приствольных камер 32
Расчет нагрузок на крепь на участке взаимного влияния двух выработок 32

5. ВЫБОР ТИПОВ КРЕПИ 34

Вертикальные стволы 35
Сопряжения 39
Приствольные камеры 42

6. РАСЧЕТ КРЕПИ 46

П р и л о ж е н и е 1. Краткая горногеологическая характеристика Центрального и Стаханово-Первомайского районов Донбасса 47

П р и л о ж е н и е 2. Требования к горногеологической изученности районов и организации изучения 51

П р и л о ж е н и е 3. Методика расчета крепи 53
А. Расчет крепи на протяженном участке 53
Б. Расчет крепи сопряжений и камер 61

П р и л о ж е н и е 4. Примеры выбора параметров и расчета крепи 62
А. Протяженный участок ствола 62
Б. Сопряжение ствола с горизонтальной выработкой 65
В. Камера загрузки скипов 67

С о с т а в и т е л и

От ВНИМИ

кандидаты техн. наук А. А. Репко, А. М. Козел, Ю. М. Басинский, д-р техн. наук Н. А. Филатов, канд. техн. наук Е. А. Иванов, инженеры Г. А. Иевлев, А. С. Тютерев, канд. техн. наук Б. В. Матвеев.

От ВНИИОМШСа:

инж. В. А. Прагер, канд. техн. наук В. П. Друцко, инженеры В. Я. Зинченко, Ю. С. Шаповал.

От Днепрогипрошахта:

канд. техн. наук А. В. Безазьян, инженеры В. С. Мочков, М. П. Кашинский, Г. В. Холин, И. М. Ведмедов

Редактор Е. М. Платонова
Художественный редактор Л. И. Торопкова

Подписано к печати 8.10.81 г. М-22578.
Формат бумаги 60х90/16. Объем 4,5 п. л. Тираж 500.
Бесплатно. Печатный цех ВНИМИ. Заказ 92.

gost.e-ecolog.ru