Министерство угольной промышленности СССР
Союзшахтострой

Научно-исследовательский институт строительства
угольных и горнорудных предприятий

Кузниишахтострой

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КРЕПЕЙ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ УСЛОВИЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ КУЗБАССА

Кемерово — 1978

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР
Союзшахтострой
Научно-исследовательский институт строительства
угольных и горнорудных предприятий
Кузниишахтострой

СОГЛАСОВАНО
Начальник Всесоюзного объединения Союзшахтострой
Е.ВОСТРЕЛЬЦОВ
2.06.1978 г.

Начальник Всесоюзного объединения Союзшахтопроект
В.Ф. КРЫЛОВ
2.06.1978 г.

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель Министра угольной промышленности СССР
В.В. БЕЛЫЙ
02.06.1978 г.

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КРЕПЕЙ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ УСЛОВИЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ КУЗБАССА

Кемерово – 1978

А Н Н О Т А Ц И Я

Инструкция является результатом выполнения работ по головной отраслевой теме 1504 "Разработать и внедрить новые прогрессивные решения в области крепления капитальных горных выработок, обеспечивающие комплексную механизацию горнопроходческих работ". (Руководитель темы канд. техн. наук Стрельцов Е.В.).

В инструкции на основе экспериментальных и аналитических исследований в области механики подземных сооружений в систематизированном виде изложены основные положения по выбору типа крепи капитальных горных выработок и даны конкретные примеры для различных горно-геологических условий.

Инструкция предназначена для работников угольных, шахтостроительных, проектных и научно-исследовательских организаций, студентов и преподавателей горных вузов и техникумов.

Автором работы является кандидат технических наук Ерофеев Л.М.

Отзывы и замечания направлять по адресу:

650002, г. Кемерово-2, ул. Институтская, 1, Кузниишахтострой.

© Кузниишахтострой, 1978 г.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая инструкция разработана на основе экспериментально-теоретических исследований проявлений горного давления, выполненных институтом "Кузниишахтострой" на шахтах Кузбасса с учетом работ ВНИМИ, ЛГИ, МГИ, ИГД им. А.А. Скочинского, Центрогипрошахта, Южгипрошахта, ДонУГИ, НИИОГРа, ДПИ и др.

Процесс проектирования крепи горных выработок состоит из следующих основных этапов:

1. Определение характера проявлений горного давления.
2. Выбор типа крепи и технологии ее установки.
3. Прогноз смещений и нагрузок.
4. Выбор принципиальной конструктивной схемы крепи.
5. Расчет крепи.

Инструкция регламентирует выполнение первых четырех этапов проектирования крепей для полевых штреков, квершлагов и выработок околоствольных дворов при буровзрывном способе проходки. Расчет крепи достаточно полно разработан в трудах ЛГИ, МГИ, ИГД им. А.А.Скочинского, Южгипрошахта.

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ИНСТРУКЦИИ

r_o – приведенный радиус внутренней поверхности крепи в свету, м;

$S_{св}$ – площадь сечения выработки в свету, м^2;

H – глубина заложения выработки, м;

L – наибольший размер поперечного сечения выработки вчерне, м;

C – средний размер элементарных блоков, на которые массив разбит трещинами или слабыми прослойками, м;

l – заданное отставание постоянной крепи от забоя, м ;

r – расстояние между центрами двух близко расположенных выработок, м;

r_L – радиус зоны неупругих деформаций вокруг выработки, м;

m – мощность слоя пород, м;

y – расстояние от середины слоя до центра выработки по нормали к напластованию, м;

v – скорость подвигания забоя, м/мес;

$u_{уп}$ – смещение породного контура за счет упруго-пластических деформаций, см;

$u_р$ – смещение породного контура за счет разрыхления массива в зоне неупругих деформаций, см;

u – общие смещения породного контура за счет упруго – пластических деформаций и разрыхления массива в зоне неупругих деформаций, см;

$u_в, u_г$ – общие вертикальные и горизонтальные смещения см;

$U_{кв}$ – конструктивная податливость крепи и забутовки, см;

$U_{tв}$ – смещения породного контура за время поддержания выработки временной крепью, см;

$t_в$ – время поддержания выработки на временной крепи, сут;

t – срок службы крепи, сут;

n – коэффициент устойчивости;

n', n'' – коэффициенты устойчивости по нормали и по простиранию слоистости;

k_1 – коэффициент концентрации напряжений, зависящий от формы выработки;

$k_{в_1}$ – дополнительный коэффициент концентрации, учитывающий взаимное влияние выработок;

$k'_{в_2}$ – промежуточный коэффициент концентрации с учетом расположения выработки относительно очистного забоя по простиранию пласта;

$k_{в_2}$ – дополнительный коэффициент концентрации, учитывающий влияние очистных работ;

ζ – коэффициент структурного ослабления;

ξ – коэффициент длительной прочности;

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности за счет обводненности пород;

f – коэффициент крепости по шкале М.М.Протодьяконова;

λ – коэффициент бокового распора;

i – число слоев, принимаемых в расчет;

ψ – угол падения пластов относительно горизонтальной оси симметрии выработки, град;

φ – угол внутреннего трения породы, град;

γ – средний объемный вес горных пород, тс/м^3;

ρ – нагрузка на крепь, тс/м^2;

P_{min} – минимальная нагрузка на крепь для третьего и четвертого классов условий работы, тс/м^2;

P_t – нагрузка на крепь при сроке службы крепи $t < 5$ лет, тс/м^2;

$P_в, P_{п1}, P_п$ – значения вертикальной, горизонтальной нагрузок и нагрузок со стороны почвы для замкнутых крепей при сроке службы более 5 лет, тс/м^2;

P_1, P_2 – нагрузки на крепь по нормали к напластованиям со стороны кровли и почвы выработки, тс/м^2;

$P_з$ – нагрузка на крепь по простиранию слоев, тс/м^2;

$P_{г1}, P_{г2}$ – горизонтальные нагрузки со стороны висячего и лежачего боков пластов, тс/м^2;

$R_{сф}$ – средневзвешенный предел прочности горных пород в массиве на сжатие, тс/м^2;

R – прочность пород на сжатие в образце, тс/м^2;

$R'_{сф}$ – средневзвешенный предел прочности пород, окружающих выработку, по нормали к напластованиям, тс/м^2;

$R'_{сфк}, R'_{сфп}$ – средневзвешенные прочности пород по нормали к напластованиям в кровле и почве выработки, тс/м^2;

$R''_{сф}$ – средневзвешенный предел прочности пересекаемых выработкой пород по простиранию, тс/м^2.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРЕПИ

Назначение выработки, сечение в свету и вчерне, срок службы крепи, протяженность выработки и угол наклона к горизонту, глубина расположения от поверхности, наличие и взаимное расположение соседних выработок, технология проведения, прочность, объемный вес и трещиноватость горных пород, водоприток.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ ОКРУЖАЮЩЕГО ВЫРАБОТКУ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

2.1. Коэффициент устойчивости определяется из выражения

$$n = \frac{R_{cp}}{\gamma H k_1 k_{B1} k_{B2}}, \qquad (1)$$

где R_{cp} – средневзвешенный предел прочности горных пород в массиве на сжатие, тс/м^2;

γ – средний объемный вес горных пород, тс/м^3;

H – глубина заложения выработок, м;

k_1 – коэффициент концентрации напряжений, зависящий от формы выработки;

k_{B1} – коэффициент концентрации напряжений, учитывающий взаимное влияние выработок;

k_{B2} – дополнительный коэффициент концентрации, учитывающий влияние очистных работ.

Величины приведенных коэффициентов определяются следующим образом.

2.2. Средневзвешенный предел прочности пород, окружающих горную выработку (рис. 1 а,б,в) по нормали к напластованиям, определяется по формуле

$$R'_{\varphi} = \frac{\sum_{1}^{i} R_i \, b_i \, \xi_i \, k_{2i} \left(\frac{m_i}{y_i}\right)}{\sum_{1}^{i} \left(\frac{m_i}{y_i}\right)}, \qquad (2)$$

где R_i – прочность пород на сжатие в образце для i –ого слоя;

b_i – коэффициент структурного ослабления;

ξ_i – коэффициент длительной прочности;

k_{2i} – коэффициент, учитывающий снижение прочности за счет обводненности пород;

m_i – мощность i –ого слоя;

y_i – расстояние от середины i –ого слоя до центра выработки по нормали к напластованию.

При необходимости выражение (2) может быть использовано для определения средневзвешенной прочности пород в кровле $R'_{\varphi к}$ и почве $R_{\varphi п}$ (см. пример 1 раздела 4).

В расчет принимаются свойства массива на расстоянии двух диаметров от центра выработки.

Для выработки типа квершлаг расчет средневзвешенного предела прочности массива производится по вертикальным сечениям (рис. 1 а,б, сечение 1–1). Для полевых штреков схема расчета R_{φ} приведена на рис. 1 а.

Средневзвешенная прочность пересекаемых выработкой пород по простиранию определяется из выражения

$$R''_{\varphi} = \frac{\sum_{1}^{i} R_i \, b_i \, \xi_i \, k_{2i} \, m_i}{\sum_{1}^{i} m_i}. \qquad (3)$$

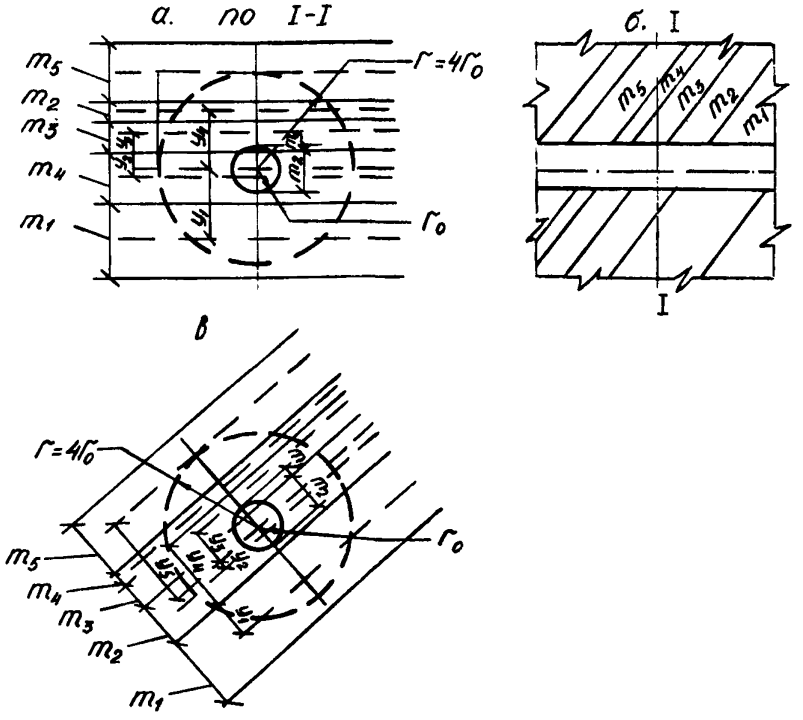

Рис. 1. Схемы расположения выработки относительно слоев горных пород:

а, б – для квершлага;

в – для полевого штрека

В расчет принимаются только породы, непосредственно пересекаемые выработкой. Если какой-либо слой пород пересекается выработкой частично, то вместо числа, определяющего мощность данного слоя m_i, в формулу (3) входит часть мощности пласта, пересекаемого выработкой (m'_2, m'_3 на рис. 1). Если выработка имеет арочную, трапециевидную или квадратную формы, то она условно приводится к

круглой [1] с радиусом

$$r_0 = 0{,}63\sqrt{S_{св}}, \qquad (4)$$

где r_0 – приведенный радиус внутренней поверхности крепи в свету, м.

Предел прочности горных пород на сжатие определяется путем испытания образцов правильной формы (призмы, цилиндры). В тех случаях, когда образцы правильной формы получить невозможно, допускается производить испытания на образцах неправильной формы. Испытания должны производиться по стандартным методикам [2].

Прочностные показатели пород, как правило, должны определяться геологическими партиями в процессе разведочного бурения и впоследствии выполняться геологами шахт при проведении горных выработок.

Если сведения о прочностных показателях отсутствуют, то ориентировочно прочность на сжатие можно определить по формуле

$$R = f \cdot 100\ кг/см^2, \qquad (5)$$

где f – коэффициент крепости по шкале М.М.Протодьяконова.

2.3. Коэффициент структурного ослабления на основании работ [1, 3, 4, 5] предлагается определять по графику, изображенному на рис. 2.

Когда значение C заранее неизвестно, рекомендуется принимать следующие значения коэффициента структурного ослабления:

- для монолитных слаботрещиноватых пород ζ =0,8;
- для пород средней трещиноватости ζ = 0,5;
- для пород сильнотрещиноватых ζ = 0,4–0,3;
- в зонах дробления, геологических нарушений ζ =0,2–0,1.

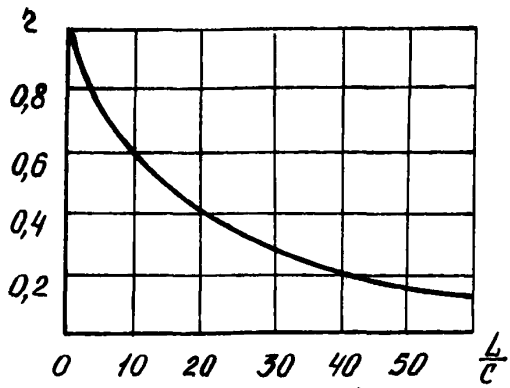

Рис. 2. График для определения коэффициента структурного ослабления (L – наибольший размер поперечного сечения выработки вчерне, м; C – средний размер элементарных блоков, на которые массив разбит трещинами или слабыми прослойками)

2.4. Коэффициент концентрации напряжений k_1 на основании работы [6] рекомендуется определять в зависимости от формы выработки по табл. 1. При определении коэффициента устойчивости почвы для замкнутых сечений $k_1 = 3$.

Таблица 1

Форма сечения выработки	Отношение ширины выработки к высоте	k_1
Круглая	–	2,0
Сводчатая	1:1	2,5
	3:2	3,0
Прямоугольная и трапециевидная	1:1	2,8
	2:1	3,2

2.5. Коэффициент длительной прочности на основании работы [7] принимается для песчаников 1–0,8; аргиллитов 0,9–0,8; алевролитов 0,8–0,7.

2.6. Коэффициент снижения прочности за счет повышенной влажности принимается по работе [7] для песчаников 0,8; аргиллитов – 0,75; алевролитов – 0,7.

2.7. Дополнительный коэффициент концентрации за счет влияния соседних выработок k_{B1} принимается по графику на рис. 3.

Вычисления проводятся в следующей последовательности:

– определяется коэффициент устойчивости n без учета влияния выработки;

– вычисляется отношение расстояния между центрами двух близко расположенных выработок к радиусу выработки r/r_0 и из соответствующей точки на оси абцисс восстанавливается перпендикуляр до его пересечения с кривой для ранее вычисленного значения n;

– из точки пересечения опускается перпендикуляр на ось ординат и находится искомое значение k_{B_1}.

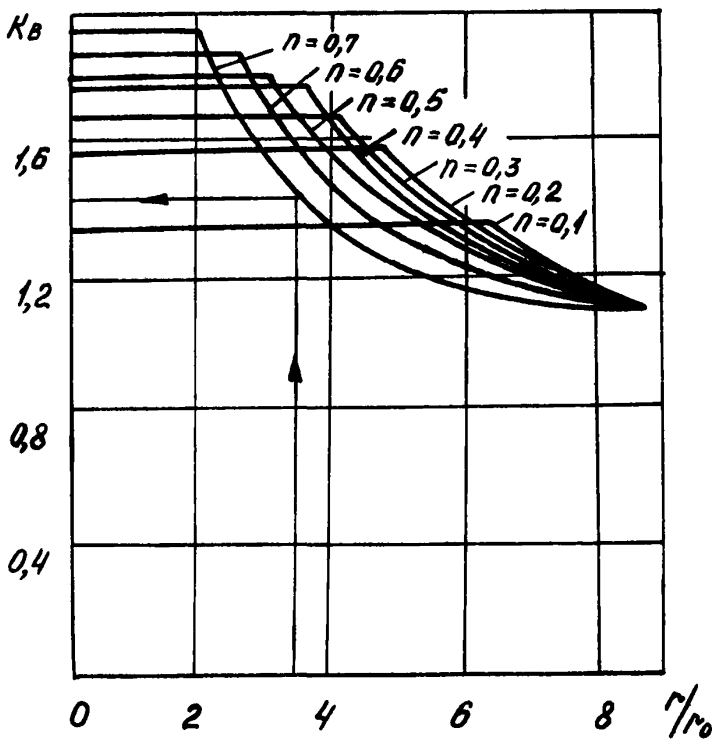

Рис.3. Графики для определения дополнительного коэффициента концентрации k_{B_1} при взаимном влиянии двух выработок (n – коэффициент устойчивости, определенный по формуле (1) без учета влияния соседней выработки)

2.8. Определение коэффициента дополнительной концентрации за счет влияния очистных работ производится по графикам, изображенным на рис.4, 5 с учетом расположения выработки относительно пласта и забоя лавы.

Сначала по графику на рис.4 определяется промежуточный коэффициент концентрации с учетом расположения выработки относительно очистного забоя по простиранию пласта k'_{B_2}, затем для соответствующего k'_{B_2} по графику на рис. 5 определяется значение k_{B_2} с учетом расположения выработки по нормали к пласту.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КРЕПИ

3.1. Основой для выбора расчетной схемы при прогнозировании горного давления и принципов проектирования крепей является классификация условий работы, представленная в табл.2.

3.2. При $n \geqslant 1$ имеет место первый класс условий работы, т.е. крепь не имеет регулярной нагрузки и играет роль конструкции, ограждающей от случайных вывалов и предохраняющей породу от выветривания.

В качестве крепи рекомендуется набрызгбетонная крепь толщиной 5–8 см или монолитная бетонная крепь толщиной 10 см с возведением ее при помощи механизированной металлической опалубки типа ОМП конструкции института "Кузниишахтострой".

Одним из условий применения набрызгбетонной крепи является обеспечение хорошего оконтуривания выработки (отклонения от проектного контура не должны превышать ± 10 см).

Допускается также применение металлической арочной крепи из СВП-17 с расстоянием между арками 1,0–1,2 м.

3.3. При $0,7 < n \leq 1$ [8] имеет место второй класс условий работы, т.е. образуется новый контур выработки или свод устойчивых равновесий. Крепь испытывает нагрузку от веса пород, находящихся в объеме свода, и работает в режиме заданных нагрузок. В этом случае, как известно, нагрузка на крепь не зависит от величины ее податливости.

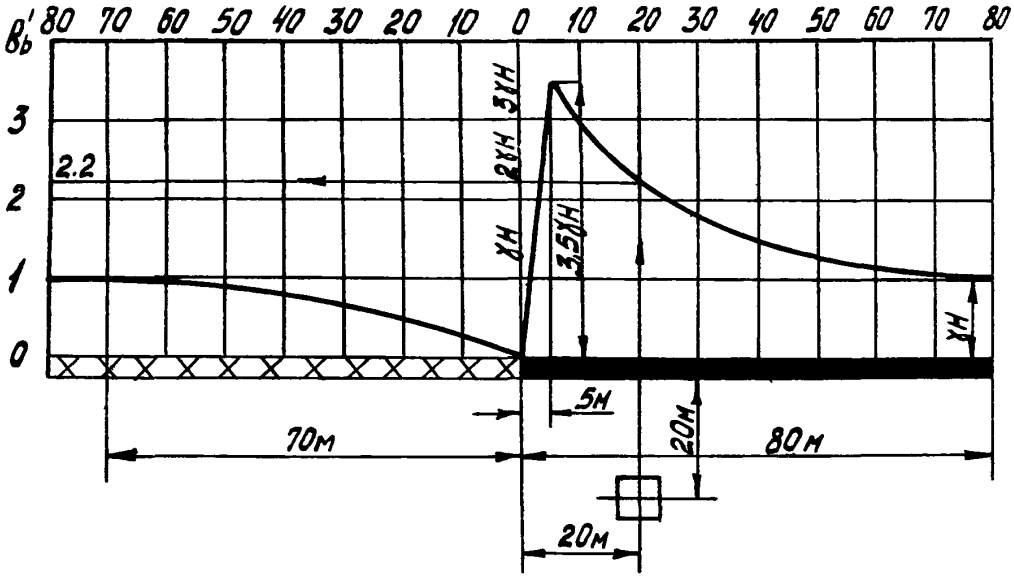

Рис.4. График для определения промежуточного коэффициента концентрации k'_{B_2} за счет влияния очистных работ по простиранию пласта

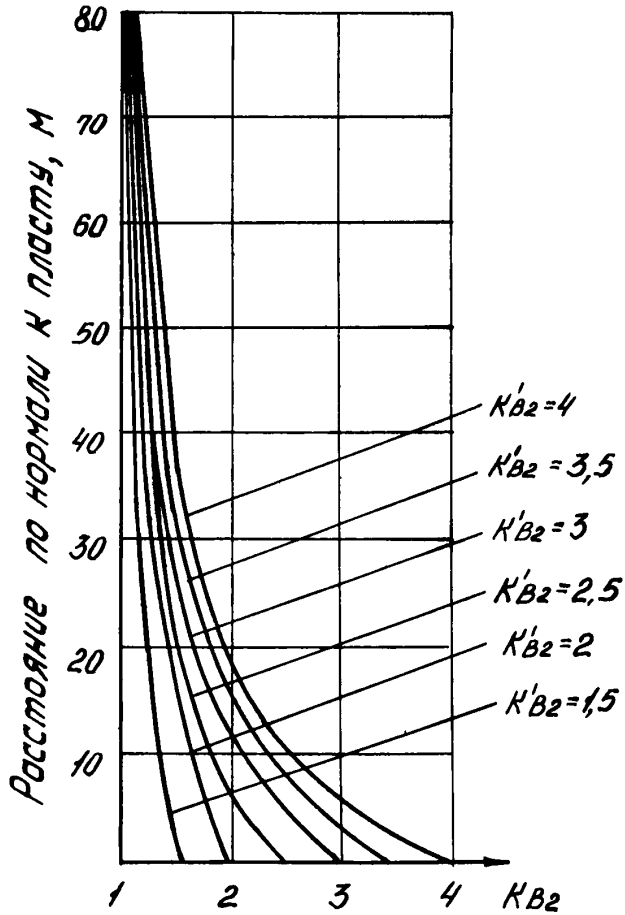

Рис.5. Графики для определения дополнительного коэффициента концентрации k_{B_2}

Таблица 2

Классификация условий работы крепей

Отличительные признаки	1 класс	II класс	III класс	1У класс	У класс	У1 класс
Формы проявлений горного давления	Контур выработки устойчив	Первоначальный контур выработки разрушается, переходя в новый, устойчивый для данных условий контур-свод естественного равновесия	Первоначальный контур выработки разрушается и восстановление равновесия в массиве возможно только при участии реакции крепи	Первоначальный контур выработки деформируется и вокруг выработки образуется устойчивая область предельных равновесий. Связь между элементами массива не нарушается	Восстановление равновесия массива после проходки выработки возможно только при участии реакции крепи. Связь между элементами массива отсутствует	Восстановление равновесия массива возможно только при участии реакции крепи. Деформации окружающего выработку породного массива носят характер вязкого течения
Характеристика окружающего выработку массива	Упругий, сплошной.	Упругий, сплошной. В разрушенной области – сыпучая среда	Упругий, сплошной. В разрушенной зоне – квазипластичная или сыпучая среда	Упругопластичный, сплошной	Сыпучая среда	Упруговязкопластичный, сплошной
Коэффициент устойчивости контура	$П \geq 1$	$1 > П > 0,7$	$0,7 > П > 0,2$	$0,7 > П > 0,20$	Отсутствует	$П < 0,20$
Смещения массива и конструктивная податливость системы крепь-забутовка	$U_{кз} \geq U_{уп}$	$U_{кз} > U_{уп} + U_р$	$U_{кз} \leq U_{уп} + U_р$	$U_{кз} < U_{уп}$	$U_{кз} < U_{уп} + U_р$	$U_{кз} < U_{уп}$
Режим работы крепи	Нагрузка отсутствует	Режим заданной нагрузки	Режим совместной системы крепь–порода	Режим совместной работы системы крепь–порода	Режим совместной работы	Режим совместной работы

Примечание: $U_{уп}$ – смещения породного контура за счет упругопластических деформаций;

$U_р$ – смещения породного контура за счет разрыхления массива в зоне неупругих деформаций;

$U = U_{уп} + U_р$ – общие смещения породного контура, определяемые по графикам на рис.6 и 7;

$U_{кз}$ – конструктивная податливость крепи и забутовки (определяется по табл.3)

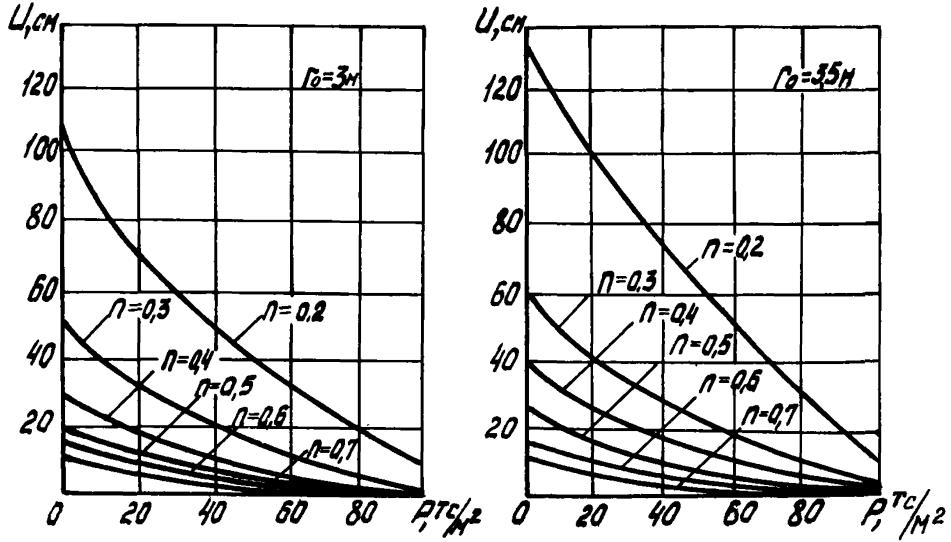

Рис. 6. Графики для определения смещений массива U и нагрузки P на крепь в зависимости от коэффициента устойчивости и величины конструктивной податливости крепи и забутовки $U_{кз}$ при r_0 = 3; 3,5 м

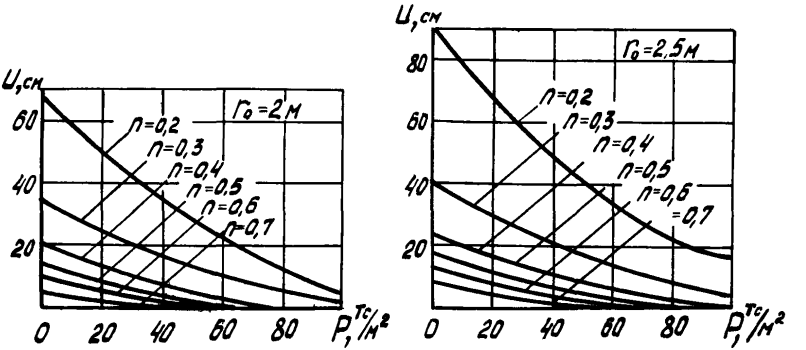

Рис. 7. Графики для определения смещений массива U и нагрузки P на крепь в зависимости от коэффициента устойчивости и величины конструктивной податливости крепи и забутовки $U_{кз}$ при r_o = 2,5; 2,0 м

Таблица 3

Вид крепи	Сечение в свету, $м^2$	Конструктивная податливость крепи и забутовки $U_{кз}$, см
Монолитная бетонная коробовая		ручная укладка / с помощью бетононагнетателей
кровля	< 10	6/4
стены	-"-	4
кровля	10–20	8/4
стены	-"-	4
Сборная железобетонная тюбинговая с забутовкой из породы	< 13	12
	13–20	15
Металлическая арочная из спецпрофиля	-	вертикальная 30 / боковая 20

Вертикальная нагрузка может быть определена по формуле

$$P_в = 0{,}288\sqrt{S_{св}}\left(\frac{2\gamma H}{R'_{фк} - \gamma H(1-\lambda)} - 1\right)\ln\frac{t}{0{,}88}, \quad (6)$$

где $R'_{фк}$ – средневзвешенная прочность пород в кровле выработки, $т/м^2$;

$S_{св}$ – площадь сечения выработки в свету, $м^2$;

λ – коэффициент бокового распора;

t – срок службы крепи, сутки.

Горизонтальная нагрузка $P_г \approx 0{,}3\ P_в$

Для условий Кузбасса $\lambda = 0{,}5–0{,}7$.

В качестве крепи для второго класса можно рекомендовать:

– анкер-набрызгбетонную крепь в сочетании с контур-

ным взрыванием. Анкера для выработки с большим сроком службы должны иметь замоноличенные замки, еще лучше, если анкер будет замоноличен по всей длине. К анкерам должна укрепляться металлическая сетка из арматурной стали диаметром 6 мм с ячейкой 80х80 мм. С отставанием от забоя на 10–20 м сетка должна замоноличиваться торкрет- или набрызгбетоном толщиной 6–8 см;

– сборную железобетонную гладкостенную тюбинговую крепь при $S_{св} \geqslant 8$ м^2 [9]. Крепь должна устанавливаться вслед за подвиганием забоя, а закрепное пространство – забучиваться мелкой породой;

– монолитную бетонную крепь по типовым проектам Центрогипрошахта [10]. Крепь, как правило, должна возводиться вслед за подвиганием забоя при помощи механизированной металлической опалубки ОМП и бетононагнетателей или бетононасосов;

– металлическую арочную крепь по типовому проекту Центрогипрошахта [11] из спецпрофиля, если применение других видов крепей по каким-либо причинам невозможно;

– сборную железобетонную гладкостенную плитную крепь типа УТЭ ВНИИОМШСа при $S_{св} \leqslant 8$ м^2. Крепь следует устанавливать вслед за подвиганием забоя, а закрепное пространство заполнять мелкой породой.

3.4. При $0{,}2 \leqslant n \leqslant 0{,}7$ [12] (третий и четвертый классы условий работы) вокруг пройденной выработки образуется область неупругих деформаций.

Крепь работает в условиях взаимодействия с окружающим массивом, т.е. нагрузка на крепь зависит от ее податливости.

Нагрузку на крепь в случае применения ее вслед за подвиганием забоя при сроке службы свыше 5 лет предлагается определять по графикам, приведенным на рис. 6 и 7.

Графики для прогнозирования нагрузок и смещений получены из решения упругопластической задачи с учетом результатов натурных исследований проявлений горного давления.

При определении расчетной нагрузки P численное значение конструктивной податливости крепи и забутовки $U_{кз}$ берется из табл. 3 и откладывается на оси ординат U графиков, изображенных на рис. 6 и 7.

Если выработка располагается в однородном массиве, крепь будет нагружена равномерной нагрузкой P. В слоистом массиве определяются значения коэффициентов устойчивости по нормали n' и по простиранию n'' слоистости, затем по графикам на рис. 6, 7 определяются соответствующие значения нагрузок.

При этом в зависимости от угла падения пластов ψ относительно горизонтальной оси симметрии выработки могут встретиться различные варианты построения эпюры активных нагрузок, представленные на рис. 8.

Эпюры условно показаны для выработки с эквивалентным радиусом r_0. Для незамкнутых крепей эпюру нагрузок со стороны почвы показывать не следует.

1. При $\psi = 0–45^\circ$ построение эпюры нагрузок по нормали к пластам со стороны кровли P_1, почвы P_2 и по простиранию слоев P_3 показано на рис. 8а.

Нагрузки P_1 и P_2 определяются в зависимости от средневзвешенной прочности пород в кровле $R'_{сж}$ и почве $R'_{сж\,п}$ выработки по нормали к напластованиям по соответствующим коэффициентам устойчивости $n'_к$ и $n'_п$.

Нагрузка P_3 по напластованию определяется в зависимости от средневзвешенной прочности пород по простиранию $R''_{сж}$ и соответствующего коэффициента устойчивости n''.

2. При $\psi = 0^\circ$ имеет место частный случай (рис. 8б), когда $P_1 = P_в$, $P_3 = P_г$ ($P_{в,г}$ – вертикальная и горизонтальная нагрузки на крепь).

3. При $\psi = 45–90^\circ$ (рис. 8в) нагрузка на кровлю будет формироваться в основном за счет давления пород со стороны простирания пластов P_3 и, наоборот, горизонтальная нагрузка – за счет давления по нормали к пластам P_1 и P_2. Аналогично со стороны почвы нагрузка формируется за счет давления по простиранию пластов P_3.

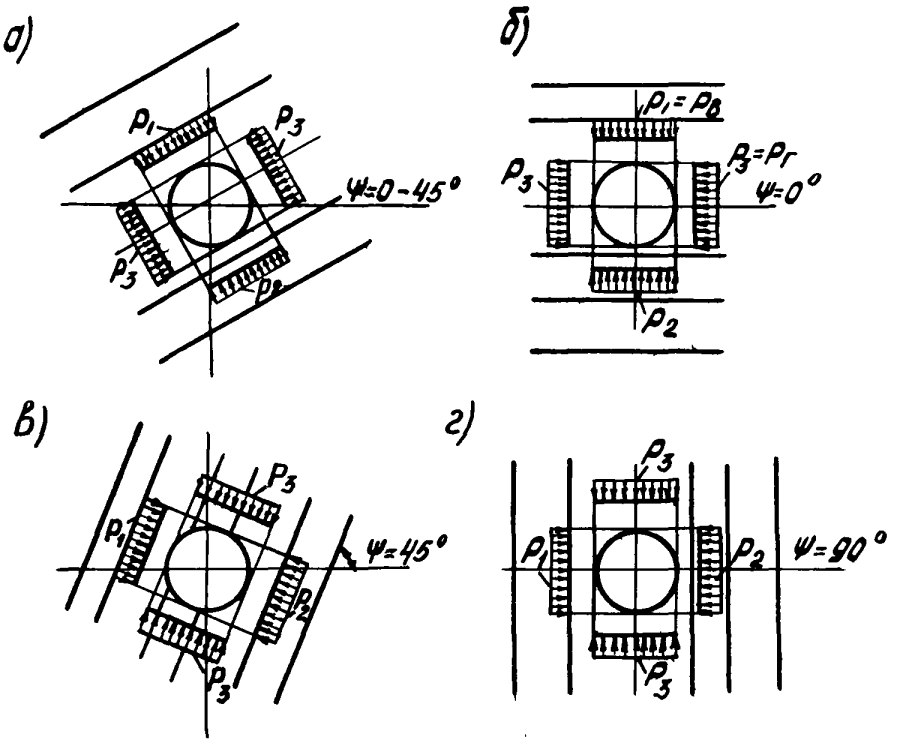

Рис. 8. Варианты построения эпюры нагрузок третьего и четвертого классов

4. При $\Psi = 90^{\circ}$ (рис. 8г) имеет место частный случай, когда $P_3 = P_в$, $P_1 = P_{г1}$, $P_2 = P_{г2}$ (рис. 8г).

В том случае, когда технологией крепления предусматривается установка временной крепи, нагрузка на постоянную крепь определяется с учетом фактора времени.

Смещения породного контура до момента установки постоянной крепи определяются по формуле

$$t_в = \frac{0{,}3\ U_{tв}^5}{U - U_{tв}}, \qquad (7)$$

где U – общие смещения породного контура за счет упругопластических деформаций и разрыхления массива в зоне неупругих деформаций, определяются по графикам на рис. 6,7 при $P = 0$ и соответствующего n;

$U_{tв}$ – смещения породного контура за время поддержания выработки временной крепью, см;

$t_в$ – время поддержания выработки на временной крепи, сут;

Время поддержания участка выработки на временной крепи при заданных темпах V м/мес определяется из выражения

$$t_в = \frac{\ell\ 30}{V}, \qquad (8)$$

где ℓ – заданное отставание постоянной крепи от забоя.

При определении нагрузки на постоянную крепь по графикам на рис. 6 и 7 следует брать величину смещений

$$U = U_{tв} + U_{кз}$$

Если предполагаемый срок службы крепи меньше 5 лет, то нагрузку на крепь следует определять по формуле

$$t = \frac{1{,}25\ P_t^5}{P - P_t}, \qquad (9)$$

где P_t – нагрузка на крепь при сроке службы $t < 5$ лет, тс/м^2.

В том случае, если смещение U, определенное по графикам на рис. 6 и 7, даже для $P = 0$ меньше, чем $U_{кз}$ для выбранного типа крепи, минимальная нагрузка определяется по формуле

$$P_{B\,min} = \gamma (r_L - r_0), \qquad (10)$$

где r_L – величина радиуса зоны неупругих деформаций, определяемая по графикам на рис. 9, м.

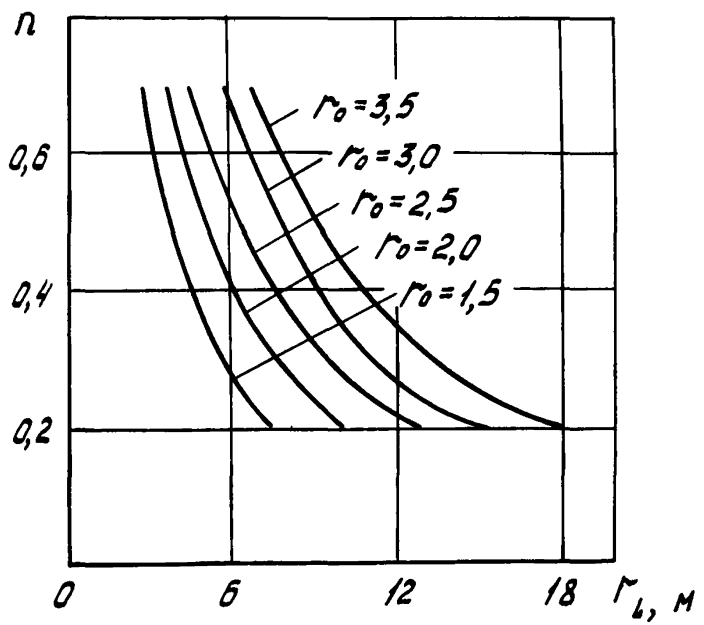

Рис. 9. График для определения расчетной величины зоны неупругих деформаций

Минимальная горизонтальная нагрузка

$$P_{\Gamma min} = \gamma r_L tg^2 (45^\circ - \frac{\varphi}{2}), \qquad (11)$$

где φ – угол внутреннего трения породы, град.

Для зоны неупругих деформаций $\varphi = 30^\circ$.

Для того, чтобы выработки не влияли друг на друга, расстояние между ними в условиях третьего и четвертого классов должно быть определено из выражения

$$r = r_{L1} + r_{L2} + 4 r_0, \qquad (12)$$

где r_{L1}, r_{L2} – радиусы зон неупругих деформаций влияющих выработок, м.

Для третьего и четвертого классов условий принципы выбора основных технических решений при проектировании крепей основаны на управлении проявлениями горного давления с помощью временной крепи, изменении несущей способности и податливости постоянной крепи, а также прочностных показателей окружающих выработку пород за счет применения железобетонных анкеров и упрочнения цементационными и химическими растворами.

В этих условиях к применению рекомендуются:

– монолитная бетонная крепь по типовым проектам Центрогипрошахта [10] ($0,7 > n > 0,50$). При $n > 0,6$ крепь может возводиться вслед за подвиганием забоя без последующего тампонажа, а при $n \leq 0,6$ – с отставанием на 60–80 м. Если в процессе производства работ наблюдаются пустоты в кровле выработки, они должны заполняться породой и тампонироваться. Тампонаж создает достаточно прочный контакт с окружающим массивом, что повышает несущую способность крепи за счет более равномерного распределения нагрузок и включения в работу касательных сил по контакту крепи с породой.

Крепь должна возводиться при помощи механизированной опалубки типа ОМП Кузниишахтостроя или инвентарно-

–щитовых опалубок. В качестве временной крепи могут применяться анкера со спаренными подхватами и стальной сеткой, а также металлическая арочная крепь.

Подача бетона за опалубку должна быть механизирована при помощи бетононагнетателей или бетононасосов.

В том случае, если при снятии временной крепи будут происходить обрушения кровли высотой более 1 м, временную крепь следует оставлять в бетоне и обязательно выполнять последующий тампонаж закрепного пространства;

– монолитная железобетонная крепь с жесткой арматурой при $n < 0{,}50$. В качестве жесткой арматуры должна применяться временная крепь из двутавра или спецпрофиля. В случае применения в качестве арматуры спецпрофиля перед бетонированием должна быть установлена дополнительная гибкая рабочая арматура. При $n < 0{,}35$ крепь должна быть замкнутой. Пустоты за крепью должны быть затампонированы;

– сборная железобетонная гладкостенная тюбинговая крепь Кузниишахтостроя [9]. Крепь должна устанавливаться вслед за подвиганием забоя. Тампонаж закрепного пространства следует производить в том случае, когда $n \leq 0{,}45$. Тампонаж производится на расстоянии 20–25 м от забоя. При $n < 0{,}35$ крепь должна быть замкнутой;

– железобетонная арочная шарнирно–податливая крепь КАПЖ ИГД им. А.А.Скочинского [13, 14]. При $n \leq 0{,}35$ крепь должна быть замкнутой. При значительных пустотах за крепью рекомендуется тампонаж;

– металлическая арочная крепь из СВП [11] по альбому типовых сечений Центрогипрошахта. Крепь устанавливается вслед за подвиганием забоя. Тампонаж закрепного пространства рекомендуется при $0{,}35 < n < 0{,}45$;

– анкер–металлическая крепь (сочетание анкерной крепи с металлической рамной крепью) рекомендуется к применению в том случае, когда ожидаемая нагрузка на крепь будет больше, чем 10–15 т/м^2, т.е. при $n \leq 0{,}50$. Для капитальных выработок анкера должны иметь замоноличенные замки, а в трещиноватых породах анкер должен быть замоноличен по всей длине;

– упрочнительную цементацию следует применять при $\mathit{n} \leq 0{,}35$ с таким расчетом, чтобы нагрузка на крепь после упрочнения не превышала 10 т/м^2;

– применение незамкнутой крепи при $\mathit{n} < 0{,}35$ допускается в случае предварительного или последующего упрочнения массива.

3.5. При проведении выработок в зонах дробления, сопровождающих крупные тектонические нарушения, или в ранее надработанном раздробленном на мелкие блоки недостаточно уплотненом массиве (пятый класс условий работы) необходимо применять предварительное упрочнение горных пород.

В том случае, если по каким–либо причинам предварительное упрочнение применять нельзя, проходку горных выработок в этих условиях следует вести с применением опережающей каркасной крепи и последующим упрочнением окружающих пород.

Прогнозирование нагрузок на крепь при условии предварительного упрочнения пород находится в стадии разработки. На основе опытных данных можно считать, что при правильно выполненных работах по упрочнению нагрузки на крепь будут находиться в пределах 6–10 т/м^2 (второй класс).

В том случае, если выработка будет проходиться без упрочнения пород, впредь до разработки для данных условий более точных методов можно рекомендовать метод прогнозирования, изложенный в п. 3.4 настоящей инструкции.

В качестве крепей рекомендуются:

– при условии применения предварительного упрочнения все варианты, предусмотренные в п. 3.3 настоящей инструкции,и дополнительно тампонаж закрепного пространства;

– при последующем упрочнении проходка должна выполняться укороченными заходками 1–1,5 м с применением каркасной крепи для предотвращения развития куполов. В качестве крепи в этом случае рекомендуется сборная железобетонная, монолитная железобетонная и металлическая арочная крепи из СВП–27 [11].

Во всех случаях крепление должно выполняться с последующим тампонажом закрепного пространства.

При проходке без предварительного и последующего упрочнения могут быть применены сборная железобетонная тюбинговая крепь, арочная КАПЖ, монолитная железобетонная и арочная металлическая крепи высокой несущей способности. При $n < 0{,}35$ все указанные крепи должны быть в замкнутом исполнении с последующим тампонажом закрепного пространства.

3.6. В условиях вязкого течения горных пород $n < 0{,}2$ (шестой класс) рекомендуется применять сборную железобетонную тюбинговую замкнутую крепь, а также монолитную железобетонную крепь с последующим тампонажом закрепного пространства.

Для условий вязкого течения достаточно обоснованного и проверенного практикой метода прогнозирования еще не создано.

Ориентировочно нагрузку можно определять по графикам на рис. 7.

3.7. Коэффициенты устойчивости и соответствующие нагрузки по нормали к напластованию для третьего, четвертого и пятого классов условий в кровле или почве выработки определяются при подстановке в формулу (1) R'_{φ}, а по простиранию пересекаемых выработкой пород – при подстановке R''_{φ}.

Для шестого класса определяется только коэффициент устойчивости по нормали к напластованию, а нагрузка принимается всесторонней и равномерно-распределенной.

3.8. Расчет монолитной бетонной и железобетонной крепей рекомендуется выполнять по методикам, изложенным в работах [3, 15, 22, 24]. Расчет сборной железобетонной тюбинговой крепи – по методике, изложенной в работах [3, 22, 16]. Расчет сборной железобетонной трапециевидной крепи – по методике, изложенной в работах [13, 17]. Расчет металлической арочной – по методике, изложенной в работах [18, 19]. Расчет анкерной крепи для второго класса условий следует выполнять по гипотезе "свода", изложенной в работе [20], а анкер-набрызгбетонной крепи – по методике, изложенной в работах [21, 23].

Расчеты анкерной, анкер–набрызгбетонной и анкер–металлической крепей для условий образования значительной области неупругих деформаций (Ш, 1У, У, У1 классы) находятся в стадии разработки, поэтому вопрос расчета таких крепей должен решаться в каждом случае индивидуально с учетом существующего практического опыта.

3.9. Расчет зон упрочнения массива находится в стадии разработки и должен выполняться научно–исследовательскими институтами на основе экспериментальных исследований.

3.10. Окончательный выбор типа крепи, способа крепления и целесообразности применения упрочнения и тампонажа должен производиться с учетом указанных рекомендаций и последующего технико–экономического анализа.

К производству работ должен быть принят вариант, обладающий наименьшей стоимостью и трудоемкостью.

4. ПРИМЕРЫ

Пример 1

Квершлаг, срок службы 10 лет, $S_{св}$ = 15,74 м^2. Форма выработки арочная, протяженность 1000 м, выработка горизонтальная одиночная, H = 360 м. Прочность вмещающих пород, мощность слоев и их расположение относительно выработки указаны на рис. 1 и в табл. 4, γ = 2,5 т/м^3, водоприток незначительный.

Эквивалентный радиус выработки в свету

$$r_0 = 0{,}63\sqrt{S} = 0{,}63\sqrt{15{,}74} = 2{,}5 \text{ м}.$$

Средневзвешенная прочность пород на сжатие в кровле выработки по нормали к напластованиям

$$R'_{\varphi к} = \frac{\frac{120\cdot 3}{1} + \frac{48\cdot 3}{2{,}5} + \frac{80\cdot 2}{5} + \frac{48\cdot 4}{8}}{\frac{3}{1} + \frac{3}{2{,}5} + \frac{2}{5} + \frac{4}{8}} = \frac{473{,}6}{5{,}1} =$$

$$= 92{,}86 \text{ кгс/см}^2 = 928 \text{ тс/м}^2$$

Коэффициент устойчивости в кровле выработки

$$n_1' = \frac{928}{2{,}3 \cdot 360 \cdot 2{,}3 \cdot 1 \cdot 1} = \frac{928}{2250} = 0{,}41.$$

Средневзвешенная прочность пород на сжатие в почве выработки по нормали к напластованию

$$R_{\varphi n}' = \frac{\frac{180 \cdot 10}{8} + \frac{120 \cdot 4}{1} + \frac{48 \cdot 1}{2{,}5}}{\frac{10}{8} + \frac{4}{1} + \frac{1}{2{,}3}} = \frac{724{,}2}{5{,}65} =$$

$$= 128 \text{ кгс/см}^2 = 1280 \text{ тс/м}^2;$$

$$n_2' = \frac{1280}{2{,}3 \cdot 360 \cdot 3{,}0 \cdot 1 \cdot 1} = \frac{1280}{2700} = 0{,}47$$

Средневзвешенная прочность пород на сжатие в боках выработки

$$R_{\varphi}'' = \frac{120 \cdot 3 + 48 \cdot 1}{3 + 1} = \frac{408}{4} =$$

$$= 102 \text{ кгс/см}^2 = 1020 \text{ тс/м}^2;$$

$$n'' = \frac{1020}{2{,}3 \cdot 360 \cdot 2{,}3 \cdot 1 \cdot 1} = \frac{1020}{2250} = 0{,}45.$$

Таблица 4

№ слоя	Мощность m_i, м	Расстояние от середины слоя до центра выработки y_i, м	Часть мощности слоя, пересекаемого выработкой	Прочность на сжатие в образце R_i, кг/см²	Коэффициент структурного ослабления ℓ_i	Коэффициент длительной прочности β_i	Коэффициент, учитывающий снижение прочности за счет обводненности пород k_{2i}	Прочность породного слоя в массиве $R_{\varphi i}$, кг/см²
1	10	8	–	400	0,5	0,9	1,0	180
2	4	1	–	300	0,5	0,8	1,0	120
3	3	2,5	–	150	0,4	0,8	1,0	48
4	2	5	–	200	0,5	0,8	1,0	80
5	4	8	–	150	0,4	0,8	1,0	48
2	–	–	3 (m_2')	300	0,5	0,8	1,0	120
3	–	–	1 (m_3')	150	0,4	0,8	1,0	48

На основании классификации (табл. 1) при $0,2 < n < 0,7$ имеет место третий класс условий работы, прогнозирование нагрузок и смещений производится по графикам, изображенным на рис. 7.

Для тюбинговой крепи при $S = 15,74$ м^2 по табл.3 найдем $U_{кз} \simeq 14$ см. Вертикальная активная нагрузка на крепь составит $P_в = 25$ т/м^2, горизонтальная нагрузка для $n'' = 0,45$, $P_г = 15$ т/м^2. Смещения со стороны незакрепленной почвы для $n_2' = 0,47$ по тем же графикам при $P = 0$ $U_п \cong 15$–18 см.

При смещениях,не превышающих 30 см, $n \geqslant 0,35$, специальных мероприятий по борьбе с пучением не предусматривается. Так как в типовых альбомах тюбинговая крепь разработана на нагрузки 10–20–30 т/м^2, принимаем незамкнутую тюбинговую крепь с несущей способностью 30 т/м^2. При $n < 0,45$ можно применить также тампонаж закрепного пространства с отставанием от забоя на 40 – 60 м, который позволяет снизить несущую способность крепи на 30%, т.е. в случае применения тампонажа несущая способность крепи может быть задана в пределах 20 т/м^2.

Для металлической арочной крепи $U_{кз} = 30$ см (см. табл. 3) по графикам на рис. 7 для кровли $n_1' = 0,41$, при $P_к = 0$ $U = 25$ см, т.е. меньше, чем $U_{кз} = 30$ см. В этом случае нагрузка на крепь $P_в = P_{в\,min} = \gamma(z_L - z_0)$ По графику на рис. 9 для $n_1' = 0,41$ найдем $z_L = 7$ м. Тогда $P_{в\,min} = 2,5\ (7–2,5) = 11,25$ тс/м^2. Соответствующие смещения по графику на рис. 7 составят 20 см.

Для боков $n'' = 0,45$, $U_{кз} = 20$ см, при $P = 0$ тс/м^2 $U = 20$ см, т.е. $U \simeq U_{кз}$. Определим боковую нагрузку $P_{г\,min}$ по формуле (11)

$$P_{г\,min} = \gamma z_L \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right),$$

где $\varphi = 30°$;

z_L – определяется по графику на рис. 9.

Для $n'' = 0,45$ $z_L = 6,5$ м.

$$P_{r\,min} = 2{,}5 \cdot 6{,}5 \cdot tg^2\left(45° - \frac{30°}{2}\right) = 5{,}14\ тс/м^2.$$

Соответствующие смещения по графику на рис. 7 составят $U = 15$ см.

Выполним в данных условиях прогнозирование нагрузок и смещений для монолитной железобетонной крепи, возводимой с отставанием от забоя на 60 м при темпах 70 м/мес.

Время поддержания выработки на временной крепи по формуле (8) составит

$$t_в = \frac{l \cdot 30}{v} = \frac{60 \cdot 30}{70} = 26\ сутok.$$

Смещения массива $U_{tв}$ за время поддержания выработки временной крепью определяются из выражения (7)

$$t_в = \frac{0{,}3 \cdot U_{tв}^3}{U - U_{tв}}$$

Подставив значения, получим

$$26 = \frac{0{,}3 \cdot U_{tв}^3}{25 - U_{tв}} \qquad (13)$$

Решив уравнение (13), найдем $U_{tв} \simeq 10$ см.

Общие смещения $U = U_{tв} + U_{кз} = 10 + 8 = 18$ см. Этим смещениям для $n_1' = 0{,}41$ соответствует нагрузка $P_в = 17$ тс/м^2.

Боковые смещения $U_г = 10 + 4 = 14$ см, соответствующая боковая нагрузка $P_г = 25$ тс/м^2.

При установке монолитной бетонной крепи вслед за подвиганием забоя $U_в = U_{кз} = 8$ см, нагрузка для $n_1' = 0{,}41$ $P_в = 45$ т/м^2; $U_г = 4$ см; для $n'' = 0{,}45$ $P_г = 50$ т/м^2.

В этих условиях на основании п. 3.4 настоящей инструкции можно применить также анкер-металлическую крепь.

Ориентировочно несущую способность комбинированной анкер–металлической крепи можно определить как сумму несущей способности анкеров и металлических арок. Податливость анкер–металлической крепи также ориентировочно может быть принята $U \cong 10–12$ см.

Окончательный выбор варианта может быть сделан на основе последующих технико–экономических расчетов.

Пример 2

Исходные данные аналогичны примеру 1, но $R'_{сж} = R'_{сп} = R''_{сж} = 1348$ тс/м^2.

Тогда

$$n = \frac{1348}{2,5 \cdot 360 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1} = 0,6$$

По классификации табл. 1 при $n = 0,6$ имеет место третий класс условий работы.

Для сборной железобетонной тюбинговой крепи по табл. 3 для $U_{кз} = 15$ см, по графику на рис. 6 для $P = 0$, $U = 12$ см.

Следовательно, нагрузку нужно считать по формуле

$$P_{min} = 2,5 (5 - 2,5) = 6,25 \text{ тс/м}^2.$$

Соответственно смещения U при такой несущей способности крепи (см. рис. 7) составят 7 см.

Для металлической арочной крепи $U_{кз} = 30$ см, но таких смещений породный контур (табл. 4) иметь не будет даже при $P = 0$. Следовательно, вертикальную нагрузку также определим по формуле

$$P_{min} = 2,5 (5 - 2,5) = 6,25 \text{ тс/м}^2.$$

а боковую – по формуле

$$P_{r\,min} = 2{,}5 \cdot 5 tg^2\left(45° - \frac{30°}{2}\right) = 4{,}12\ тс/м^2$$

Монолитную бетонную крепь при $n \geqslant 0{,}6$ можно устанавливать вслед за подвиганием забоя. При укладке бетона пневмобетононагнетателями $U_{кз} = 4$ см, а соответствующая нагрузка $P = 20$ т/м^2, при ручной укладке $U_{кз} = 8$ см, $P = 8$ тс/м^2.

В случае применения монолитной бетонной крепи с отставанием от забоя на 60 м по аналогии с примером 1 будем иметь

$$t_в = \frac{60 \cdot 30}{70} = 26\ сут.$$

$$26 = \frac{0{,}3 \cdot U_{t_в}^3}{12 - U_{t_в}}, \qquad U_{t_в} = 7{,}4\ см;\ U = 7{,}4 + 4 = 11{,}4\ см$$

и соответствующая нагрузка при механизированной укладке бетона по графику для $n = 0{,}6$ на рис. 7, $P = 2$–3 т/м^2.

Пример 3

Исходные данные взяты из примера 1 за исключением $R'_{фк} = R'_{фп} = R''_{ф} = 164$ кг/см^2 и $\lambda = 0{,}7$ для условий Кузбасса.

Тогда

$$n = \frac{1640}{2{,}5 \cdot 360 \cdot 2{,}5 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0} = 0{,}73\ .$$

По классификации табл. 1 при $n = 0{,}73$ имеет место второй класс условий работы. Нагрузка практически не зависит от податливости крепи.

Определим по формуле (6) из п. 3.3 нагрузку P_{60} для срока службы 60 суток и P_{2000} для срока службы крепи 2000 суток.

$$P_в = 0{,}288\sqrt{S}\left(\frac{2\gamma H}{R_{сж} - \gamma H(1-\lambda)} - 1\right)\ln\frac{t}{0{,}88};$$

$$P_{60} = 0{,}288\sqrt{16}\left(\frac{2\cdot 2{,}5\cdot 360}{1640 - 2{,}5\cdot 360(1-0{,}7)} - 1\right)\ln\frac{60}{0{,}88} = 1{,}51\ \frac{тс}{м^2};$$

$$P_{2000} = 0{,}288\sqrt{16}\left(\frac{2\cdot 2{,}5\cdot 360}{1640 - 2{,}5\cdot 360(1-0{,}7)} - 1\right)\ln\frac{2000}{0{,}88} = 2{,}75\ тс/м^2$$

Сборную железобетонную тюбинговую крепь следует взять из альбома типовых сечений на минимальную нагрузку типажного ряда 10 т/м^2. Монолитную бетонную крепь следует рассчитывать на нагрузку 3 т/м^2. Как уже отмечалось, для данных условий могут быть применены и другие крепи, отмеченные в п. 3.5. Особенно эффективной для этих условий может оказаться анкер-набрызгбетонная крепь в сочетании с контурным взрыванием.

Пример 4

Исходные данные такие же, как для примера 3, но выработка находится в зоне влияния очистных работ на рас-

стоянии 25 м от линии очистного забоя в сторону нетронутого пласта и на расстоянии 20 м от пласта по нормали к нему (рис. 4).

По графику на рис. 4 определим сначала $k'_{B2} = 2{,}20$, затем по графику на рис. 5 определим для найденного значения k'_{B2} и расстояния 20 м окончательно значение дополнительного коэффициента концентрации, учитывающего влияние очистных работ $k_{B2} = 1{,}5$.

Тогда

$$n = \frac{1640}{2{,}5 \cdot 360 \cdot 2{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}0} = 0{,}48 .$$

За счет влияния очистных работ условия работы крепей из второго класса перешли в третий, т.е. значительно ухудшились, а смещения увеличатся, например, для тюбинговой крепи с несущей способностью 10 т/м^2 с 5 см, характерных для второго класса, до 18 см, т.е. в 3,6 раза.

Пример 5

Исходные данные такие же, как в примере 3, но на расстоянии 9 м между центрами расположена вторая выработка с такими же параметрами ($r_0 = 2{,}5$ м). Необходимо определить k_{B1} для данного случая и соответствующий коэффициент устойчивости. Без учета влияния соседней выработки, как было показано в примере 3, $n = 0{,}73$.

Для $\frac{r}{r_0} = \frac{9}{2{,}5} = 3{,}6$ по графикам на рис. 3 найдем ориентировочно $k_{B1} = 1{,}45$ (на рис. 3 показано стрелками).

Тогда коэффициент устойчивости с учетом влияния соседней выработки будет равен

$$n = \frac{1640}{2{,}3 \cdot 360 \cdot 2{,}5 \cdot 1{,}45 \cdot 1{,}0} = 0{,}55 .$$

В этом случае второй класс перейдет в третий, что нежелательно, так как значительно ухудшается работа крепи.

Расстояние между выработками, исключающее их взаимное влияние для данного случая, найдем по формуле (12)

$$z = z_{L1} + z_{L2} + 4 z_0$$

При $n = 0{,}73$ зона неупругих деформаций не возникает, следовательно, $z_{L1} = z_{L2}$ тогда

$$z = 2{,}5 + 2{,}5 + 4 \cdot 2{,}5 = 15\ м.$$

Для условий примера 1 $n'' = 0{,}45$, следовательно, по графикам на рис. 9 найдем

$$z_{L1} = z_{L2} = 7\ м \quad и \quad z = 7 + 7 + 4 \cdot 2{,}5 = 24\ м.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработки. М., "Недра", 1976.

2. Требования по нормативам объемов, видов и методов испытаний механических свойств горных пород при строительстве угольных шахт. Л., 1973 (ВНИМИ).

3. Булычев Н.С., Амусин Б.З., Оловянный А.Г. Расчет крепи капитальных горных выработок. "Недра", 1974.

4. Ким Д.Н. Исследование структурного ослабления трещиноватых пород моделированием прочностных свойств в лабораторных условиях. – В кн.: "Вопросы исследования горного давления и сдвижения пород". М., 1963.

5. З о т е е в В.Г. Изучение влияния направленности и интенсивности трещиноватости на прочностные свойства скальных массивов. – Труды Всегингео, вып. 21. М., 1969.

6. К а ц а у р о в И.Н. Горное давление. М., "Наука", 1972.

7. М а т в е е в Б.В. Исследования объемной прочности и деформационных характеристик горных пород при объемных нагрузках. – В кн.: "Исследование физико-механических свойств горных пород применительно к задачам управления горным давлением". М., 1962.

8. Е р о ф е е в Л.М. Прогнозирование проявлений горного давления для горизонтальных горных выработок при условии образования свода устойчивых равновесий. – "Строительство предприятий угольной промышленности", 1977, № 7.

9. Сечение горных выработок со сборной железобетонной гладкостенной тюбинговой крепью. Кемерово, 1972. (Кузниишахтострой).

10. Унифицированные сечения горных выработок с бетонной крепью при откатке в вагонетках емкостью 1,0 – 4,0 м^3. М., 1965. (Центрогипрошахт).

11. Сечения горных выработок, закрепленных металлической арочной крепью из взаимозаменяемого профиля для условий Кузбасса (типовой проект 401-11-53). М., 1975 (Центрогипрошахт).

12. Е р о ф е е в Л.М. Экспериментально-теоретический метод проявлений горного давления. – "Строительство предприятий угольной промышленности", 1977, № 8.

13. Справочник по креплению горных выработок. М., "Недра", 1976.

14. Гелескул М.Н., Гнедышев П.И., Мельников И.И. Отраслевая инструкция по применению металлических, сборных железобетонных и анкерных крепей в подготовительных выработках угольных и сланцевых шахт. М., 1973.

15. Максимов А.П. Горное давление и крепь выработок. М., "Недра", 1973.

16. Методика расчета сборной железобетонной тюбинговой крепи. Кемерово, 1972 (Кузниишахтострой).

17. Гелескул М.Н., Киселев Е.С. Конструирование и расчет железобетонных рамных крепей. М., Госстройиздат, 1961.

18. Джапаридзе Л.А. Расчет металлической крепи горных выработок. М., "Недра", 1975.

19. Киселев Е.С., Лисичкин В.Г. Исследование работы двухшарнирных арочных крепей горных выработок. – "Проектирование и строительство угольных предприятий", 1968, № 1.

20. Тимофеев О.В., Мордухович М.М. Временное руководство по применению штанговой крепи в подготовительных выработках на шахтах Кузбасса. Л., 1971.

21. Временное руководство по креплению выработок набрызгбетоном в Донбассе. Донецк, 1974. (ДонУГИ, ВНИИОМШС). Авт.: Киндур В.П. и др.

22. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л., 1977. (ВНИМИ).

23. Мостков В.М., Воллер И.Л. Применение набрызгбетона при проведении горных выработок. М., "Недра", 1968.

24. Руководство по проектированию конструкций крепи горных выработок с жесткой арматурой. Харьков, 1975. (Южгипрошахт).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРЕПЕЙ 7

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ ОКРУЖАЮЩЕГО ВЫРАБОТКУ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД 7

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КРЕПЕЙ 13

4. ПРИМЕРЫ 30

ЛИТЕРАТУРА 39

ИНСТРУКЦИЯ

по проектированию крепей капитальных горных выработок для условий угольных шахт Кузбасса

Ответственный за выпуск И.Н. ПОПОВ
Корректор Е.А. САВЕНКОВА

Подписано к печати 7.08.1978 г. Формат 60х90 1/16.
Печ. л. 2,68. Тираж 1500 экз. Заказ № 12078

Кемеровский полиграфкомбинат управления издательств, полиграфии и книжной торговли Кемеровского облисполкома

gost.e-ecolog.ru