Министерство угольной промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ВЫБОРУ РАМНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

ИНГР

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

Согласовано
с Госгортехнадзором СССР
09.07.86 г.

Утверждено
Министерством угольной
промышленности СССР
01.07.86 г

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ВЫБОРУ РАМНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Ленинград
1986

УДК 622.281.5:624.046

Инструкция по выбору рамной металлической податливой крепи горных выработок. — Л.: 1986. — 50 с. (М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела).

Регламентирован порядок расчета и выбора рамной металлической податливой крепи горных выработок угольных шахт, находящихся вне и в зоне влияния очистных работ при разработке одиночных и сближенных пологих, наклонных, крутонаклонных и крутых пластов на различной глубине залегания.

Применение инструкции обязательно на всех угольных шахтах страны.

Ил. 17, табл. 17.

© Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела ВНИМИ. 1986.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей инструкции регламентирован порядок выбора несущей способности, плотности и податливости рамной металлической крепи горных выработок при проектировании, строительстве и эксплуатации шахт Минуглепрома СССР.

Инструкция составлена ВНИМИ с участием ИГД им. А. А. Скочинского, Минуглепрома СССР и Госгортехнадзора СССР на основании СНиП II—94—80 «Подземные горные выработки» (М.: Стройиздат, 1982); «Руководства по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи» (М.: Стройиздат, 1983); «Указаний по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР» (Л.: ВНИМИ, 1985) и «Прогрессивных паспортов крепления, охраны и поддержания подготовительных выработок при бесцеликовой технологии отработки угольных пластов» (Л.: ВНИМИ, 1985).

При пользовании инструкцией необходимо соблюдать требования по технологии возведения крепи выработок, изложенные в «Отраслевой инструкции по применению рамных и анкерных крепей в подготовительных выработках угольных и сланцевых шахт» (М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1985).

I. ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Инструкция распространяется на все горизонтальные и наклонные выработки шириной в свету не более 6 м и сечением до 20 м^2 с любым расположением относительно залегания пород при обычных способах проходки и крепления выработок; на глубинах до 1500 м; при различных способах охраны выработок.

Примечание. Инструкция не распространяется на выработки в многолетнемерзлых породах с заполненными льдом трещинами.

Если условия проведения выработок отличаются от указанных, то выбор металлической податливой крепи должен быть основан на действующих для этих условий нормативно-методических документах, а при их отсутствии — на рекомендациях специализированных и технологических НИИ Минуглепрома СССР.

2. При определении сечения всех выработок в проходке следует учитывать определяемые по данной Инструкции величины смещений пород по контуру за весь срок службы выработки (как вне влияния, так и в зоне влияния очистных работ).

3. Порядок выбора размеров сечений и расчета параметров рамной податливой крепи для конкретной горной выработки следующий:

1) выбирают размеры поперечного сечения выработки в свету с учетом необходимых требований по условиям транспорта, вентиляции, водоотлива и общих компоновочных решений;

2) приближенно определяют размеры поперечного сечения выработки в проходке с учетом толщины и податливости крепи, забутовочного материала. Для этого увеличивают принятые размеры поперечного сечения выработки в свету по ширине на 0,6 м, по высоте — на 0,5 м;

3) рассчитывают ожидаемые смещения пород дифференцированно в кровле, боках и почве выработки с учетом влияния геологических и горно-технических факторов. Методика расчета изложена далее;

4) по величине максимальных смещений пород на контуре выработки определяют нормативную и расчетную нагрузки на крепь, выбирают ее тип, конструкцию и с учетом несущей способности одной рамы крепи рассчитывают плотность установки;

5) на основе расчета смещения пород почвы определяют, следует ли применять крепь с обратным сводом. Если смещения пород почвы более 500 мм, то необходимо устанавливать крепи с обратным сводом или применять другие мероприятия по уменьшению смещений почвы (анкерование, упрочнение пород, разгрузка массива и т. п.);

6) с учетом ожидаемых смещений и плотности крепи, а также дополнительных мероприятий по уменьшению смещений пород определяют расчетную податливость Δ крепи и окончательно устанавливают необходимые размеры сечения выработки в проходке путем увеличения размеров в свету на величину Δ;

7) по действующим в настоящее время типовым проектам выработок с учетом требуемых размеров в свету и в проходке выбирают наиболее близкое типовое сечение выработки.

4. Расчетную глубину расположения выработки $H_р$ от поверхности принимают равной проектному значению H, а в условиях месторождений Грузии, Прокопьевско-Киселевского района, Приморья и других — для участков выработок, проводимых в замках складок радиусом меньше 100 м и под склонами гор с крутизной свыше 45°.

$$H_р = 1{,}5H. \qquad (1)$$

5. Расчетное сопротивление слоев пород в массиве $R_{с.i}$ определяется с учетом нарушенности массива по формуле:

$$R_{с.i} = R_i K_с, \qquad (2)$$

где R_i — среднее значение сопротивления слоев пород в образце одноосному сжатию, устанавливаемое по результатам испытаний (при определении прочности пород с помощью коэффициента крепости по М. М. Протодьяконову f необходимый пересчет в МПа производят по формуле $R_i = 10f$); $K_с$ — коэффициент, учитывающий дополнительную нарушенность массива пород поверхностями без сцепления, либо с малой связностью (зеркала скольжения, трещины, глинистые прослои и т. п.).

Для горных выработок значения $K_с$ определяют в зависимости от тектонической нарушенности места их расположения, в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

Характеристика тектонической нарушенности места расположения выработки	$K_с$
Пликативные нарушения с радиусом более 300 м; или дизъюнктивные нарушения на расстоянии свыше $4N$ (N — нормальная амплитуда нарушений, м), т. е. вне зоны влияния нарушений	0,9
Пликативные нарушения с радиусом от 300 до 100 м или зона влияния дизъюнктивного нарушения на расстояниях от него от $4N$ до $1N$	0,6
Непосредственно в дизъюнктивных нарушениях на расстояниях от них менее $1N$	0,3

6. При определении $R_с$ для выработок, расположенных в пластичных глинистых породах, величину $K_с$ следует принимать равной 1.

7. В случае обводненности выработок (капеж, затопление, перепуск воды и т. п.) снижение сопротивления пород в образце за счет воздействия влаги учитывают путем уменьшения прочности R песчаников на 20%, алевролитов на 40% и аргиллитов на 50%.

8. Расчетное сопротивление пород сжатию $R_с$ по контуру поперечного сечения выработки определяют с учетом всех вмещающих выработку слоев (пластов) мощностью более 0,5 м, залегающих на расстояниях от контура сечения выработки в кровле $1{,}5b$, в почве $1b$, где b — ширина выработки, м, а в боках при пологом и наклонном падении по высоте выработки, при крутонаклонном и крутом — на расстоянии $1b$ (рис 1).

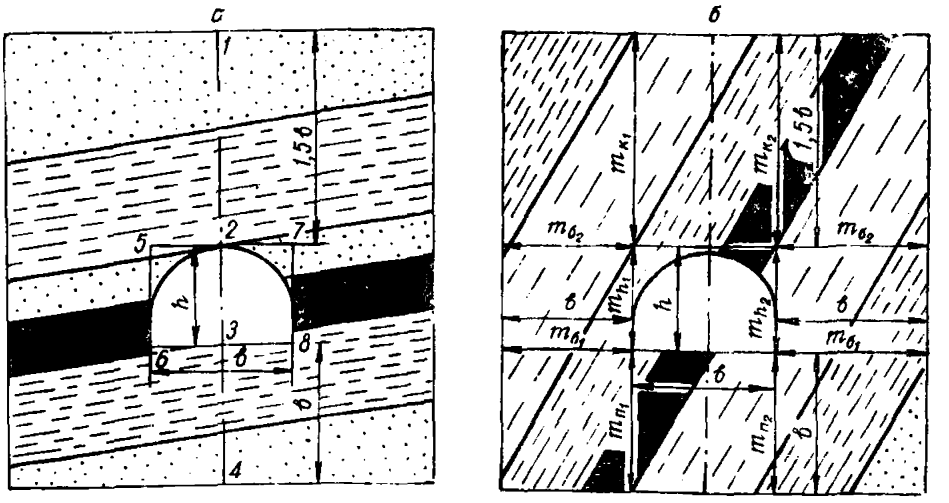

Рис. 1. Схемы к определению расчетного сопротивления пород сжатию:

а — пологое падение; *б* — наклонное и крутое

Для смежных слоев, залегающих по контуру поперечного сечения выработки, с изменчивостью R_{ci} в пределах до 30% принимают единое для всей выработки усредненное значение расчетного сопротивления пород сжатию, определяемое по формуле:

$$R_c = \frac{R_{c.1}m_1 + R_{c2}m_2 + \ldots + R_{c,n}m_n}{m_1 + m_2 + \ldots + m_n}, \qquad (3)$$

где R_c, ... $R_{c,n}$ — расчетное сопротивление слоев пород сжатию, МПа; m_1, ..., m_n — мощность слоев пород, м

При изменчивости расчетного сопротивления пород сжатию в кровле, боках или почве выработки свыше 30% значение R_c определяют по формуле (3) отдельно по элементам выработки (кровле, бокам и почве). Расчетное сопротивление пород в кровле и почве определяют с учетом прочности пород, залегающих в боках по высоте выработки.

Для выработок, пройденных по простиранию в условиях пологих и наклонных пластов и вкрест простирания при любом залегании, усредненную прочность пород по формуле (3) для кровли определяют с охватом пород по вертикальной линии 1—2—3, для почвы — по линии 2—3—4, для боков — с усреднением по линиям 5—6 и 7—8 (см. рис. 1, *а*).

Для выработок, пройденных по простиранию в условиях крутонаклонного и крутого падения пластов, усредненное значение прочности определяют также по формуле (3) с охватом пород для кровли по линиям m_{k_1}—m_{h_1} и m_{k_2}—m_{h_2}, для почвы m_{n_1} — m_{h_1}, и m_{n_2} — m_{h_2}, для боков по линиям $m_{б.1}$ — $m_{б.2}$ для каждой стороны сечения в отдельности (см. рис. 1, *б*).

Расчетное сопротивление пород сжатию для примыкающих к очистному пространству выработок $R_{ср}$ (см. разд. III и IV) принимается как среднеарифметическое из вычисленных значений R_c для: почвы и кровли.

II. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ В ВЫРАБОТКАХ ВНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

1. Средства поддержания выработок выбирают согласно величине ожидаемых максимальных смещений пород на контуре поперечного сечения за весь срок службы, которые определяются дифференцированно в кровле, почве и боках выработки при креплении ее податливой крепью.

Определение смещений пород на контуре выработки

2. Смещения пород кровли, почвы или боков U в горизонтальных и наклонных протяженных выработках, поддерживаемых вне влияния очистных работ, рассчитывают по формуле:

$$U = k_a k_\theta k'_S k_B k_t U_T, \qquad (4)$$

где U_T — смещение пород, принятое за типовое и определяемое по графикам рис. 2 в зависимости от расчетного сопротивления пород сжатию R_c и расчетной глубины расположения выработки H_p

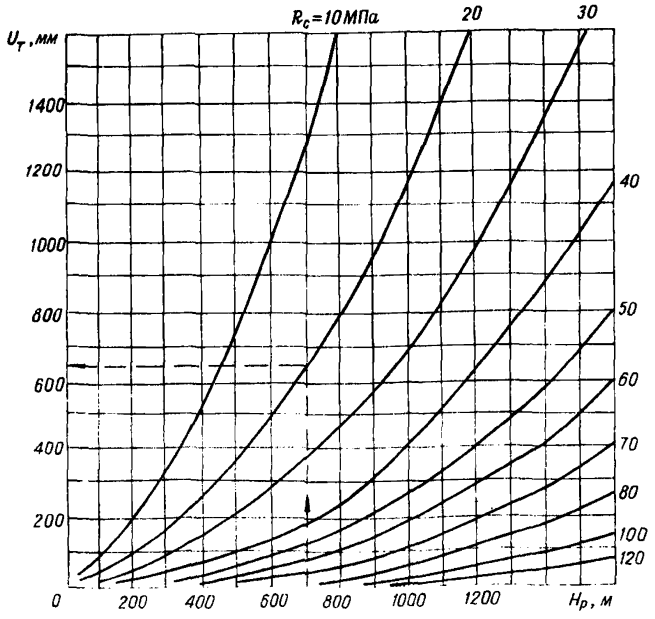

Рис. 2. Графики для определения типового смещения пород

Типовыми приняты следующие условия: расположение вне зоны влияния смежных и сопрягающихся выработок, податливая крепь, падение слоев пород до 20°, ширина и высота выработки в проходке соответственно 6 и 3,5 м; k_α — коэффициент влияния угла залегания пород и направления проходки выработки относительно простирания пород, определяемый по табл. 2; k_θ — коэффициент направления смещения пород; при определении смещений со стороны кровли или почвы (в вертикальном направлении) он равен 1; при определении боковых смещений пород k_θ принимают по табл. 2.

Таблица 2

Направление проходки выработки	Коэффициенты k_α и k_θ в зависимости от углов падения пород α, градус									
	до 20		21—30		31—40		41—50		более 50	
	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ
По простиранию	1,0	0,35	0,95	0,55	0,8	0,8	0,65	1,2	0,6	1,5
Вкрест простирания	0,7	0,55	0,6	0,8	0,45	0,95	0,25	0,95	0,2	0,8
Под углом к простиранию	0,85	0,45	0,8	0,65	0,65	0,9	0,45	1,05	0,35	1,1

k'_s — коэффициент влияния размеров выработки, определяемый для кровли и почвы по формуле (5), а для боков — по формуле (6):

$$k'_s = 0{,}2(b-1), \tag{5}$$

$$k'_s = 0{,}2(h-1), \tag{6}$$

где b, h — соответственно ширина и высота выработки в проходке (в метрах); $k_в$ — коэффициент воздействия других выработок, принимаемый для одиночных выработок равным 1; для сопряжений с односторонним примыканием выработки — 1,4; для сложных сопряжений с примыканием выработок в виде двустороннего заезда или пересекающихся выработок — 1,6; для параллельных выработок по формуле:

$$k_в = \frac{b_1 + b_2}{L} k_L, \tag{7}$$

где L — расстояние между выработками, м; $b_1 + b_2$ — суммарная ширина взаимовлияющих выработок в проходке, м; k_L — коэффициент, определяемый по табл. 3. Расстояние между параллельными выработками $L_д$, исключающее их взаимное влияние (при $k_в = 1$) рассчитывают по формуле:

$$L_д \geqslant (b_1 + b_2)k_L. \tag{8}$$

k_t — коэффициент влияния времени на смещения пород.

Для выработок, срок службы которых менее 15 лет, коэффициент k_t, зависящий от соотношения $H_р / R_с$ и определяется по графикам рис. 3.

Таблица 3

Расчетная глубина расположения выработки $H_р$, м	Коэффициент k_L в зависимости от расчетного сопротивления $R_с$, МПа							
	до 30	60	90	более 120	до 30	60	90	более 120
	по простиранию				вкрест простирания			
До 300	3,5/2	1,8/1,6	1,5/1,3	1,2/1	1,8	1,5	1,2	1
301—600	4/2,5	2/1,8	1,7/1,5	1,4/1,2	2,2	1,8	1,5	1,2
601—900	4,5/3	2,5/2,1	2/1,7	1,6/1,4	2,6	2,1	1,7	1,4
901—1200	5/3,5	3,5/3	2,5/2	1,8/1,6	3	2,5	2	1,5
Более 1201	5,5/4	4/3,5	3/2,3	2/1,8	3,4	2,9	2,4	1,7

Примечание. В числителе k_L для выработок с α до 35°, а в знаменателе при α свыше 35°. Для выработок, расположенных под углом к простиранию, k_L принимают как среднее между значениями по простиранию и вкрест простирания; при промежуточных значениях прочности эту величину получают путем интерполяции

Для наклонных выработок k_L принимают как для горизонтальных, пройденных по простиранию.

Для выработок, срок службы которых более 15 лет, $k_t = 1$.

3. По формуле (4) находят величины смещений пород отдельно со стороны кровли, почвы и боков выработки. Нормативную нагрузку на замкнутую крепь с обратным сводом определяют по максимальной из этих величин, а на незамкнутую крепь — по максимальным смещениям кровли или боков.

Определение расчетной нагрузки на рамную податливую крепь

4. Расчетная нагрузка P на 1 м выработки со стороны кровли и почвы определяется по формуле:

$$P = k_п k_н k_{пр} b P^н , \qquad (9)$$

где b — ширина выработки в проходке, м; $k_п$ — коэффициент перегрузки (по табл. 4); $k_н$ — коэффициент надежности, принимаемый для главных околоствольных выработок равным 1,1, а для остальных выработок 1; $k_{пр}$ — коэффициент условий проведения выработок, при комбайновом способе принимается по табл. 5, а при буровзрывном способе и проведении выработки по обрушенным породам любым способом равным 1; $P^н$ — нормативная нагрузка, определяемая по

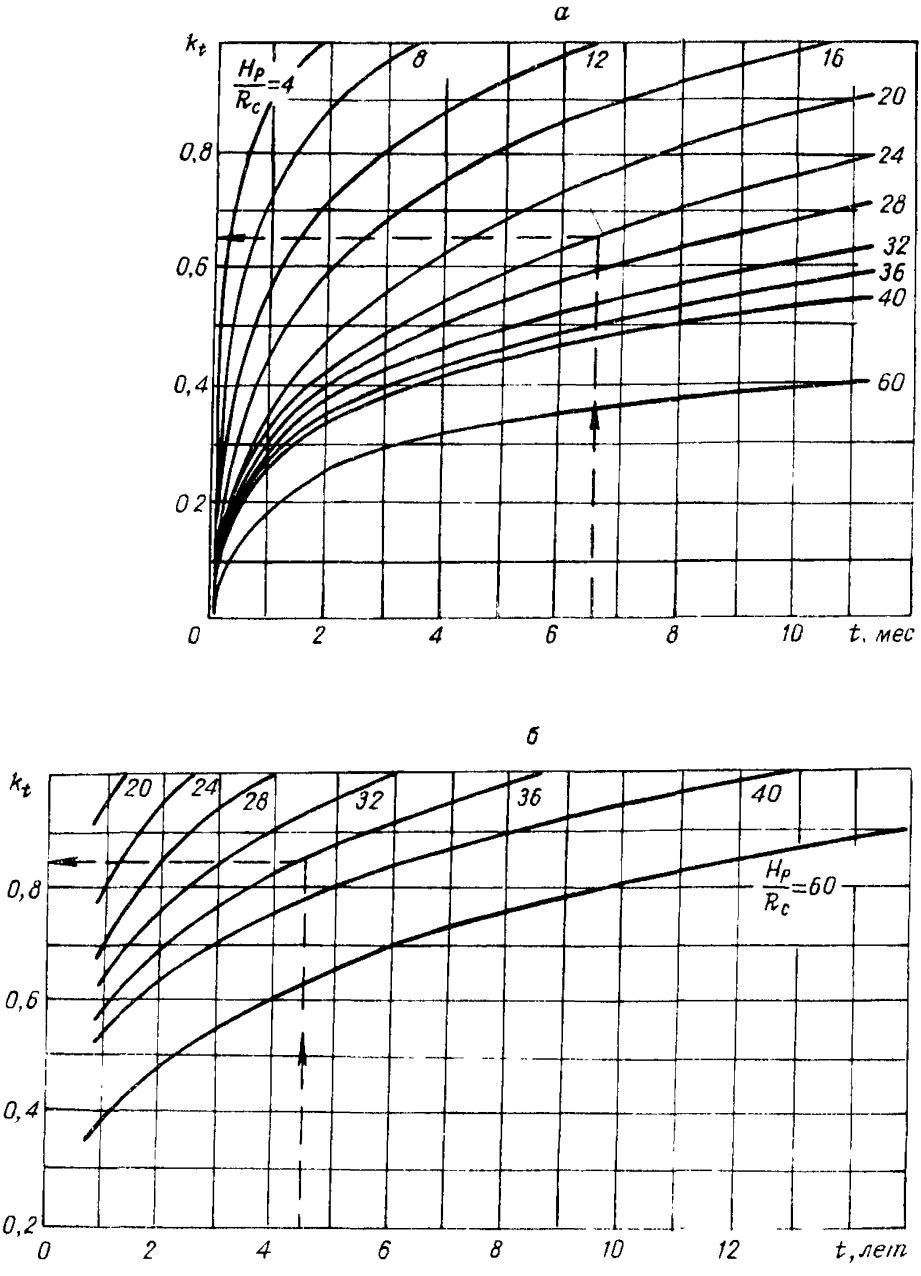

Рис. 3. Графики для определения коэффициента k_t:

а — при сроке службы выработок менее года; *б* — то же от 1 года до 15 лет

графикам рис. 4 в зависимости от смещений пород U (см. разд. II, п. 2) и ширины выработки в проходке. При ширине выработки менее 4 м и более 6 м нормативную нагрузку необходимо принимать как для выработок с шириной соответственно 4 и 6 м.

Таблица 4

U, мм	$k_п$ для выработок	
	вскрывающих	подготавливающих
До 50	1,25	1,1
Более 50, до 200	1,1	1,05
Более 200, до 500	1,05	1
Более 500	1	1

Таблица 5

$H_р/R_с$	До 16	Более 16, до 20	Более 20, до 25	Более 25
$k_{пр}$	0,6	0,8	1,0	1,1

5. Расчетная нагрузка P на 1 м выработки со стороны боков определяется по формуле:

$$P = k_п k_н k_{пр} h P^н , \qquad (10)$$

где h — высота выработки, м.

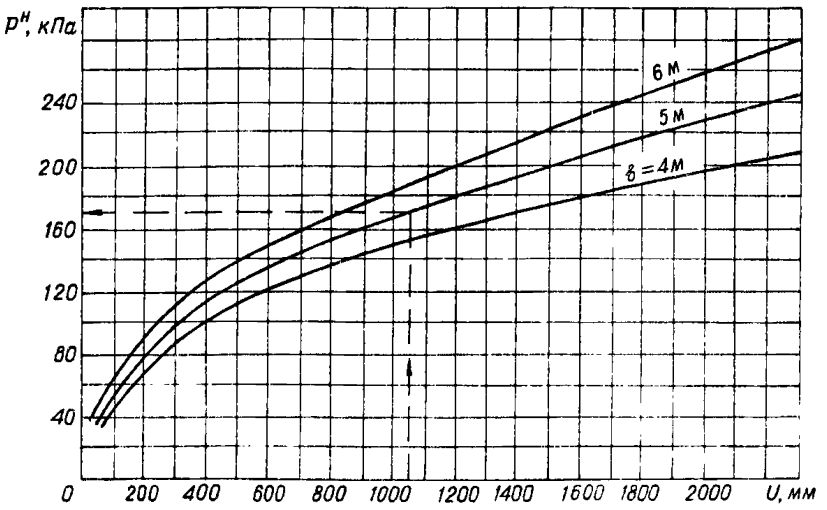

Рис. 4. Графики для определения нормативной нагрузки на податливую крепь

Выбор типа крепи и ее несущей способности

6. Тип крепи и ее несущую способность выбирают по прил. 1 на основании ширины выработки или площади ее поперечного сечения. Для принятой крепи находят величину несущей способности N_S.

Выбор плотности установки крепи

7. Плотность n установки рам металлической податливой крепи из спецпрофиля на 1 м длины выработки находят путем деления расчетной нагрузки P (см. разд.II, п. 4 и 5) на несущую способность одной рамы крепи:

$$n \geqslant P/N_S. \qquad (11)$$

Паспортную плотность установки крепи принимают по большему ближайшему значению n в соответствии с табл. 6.

Таблица 6

Основная рамная крепь		Анкерная крепь		Крепь усиления	
Плотность установки n, рам/м	k_{oc}	Плотность установки анкеров, анк/м^2	$k_{анк}$	Плотность установки стоек, n_1, ст/м	$k_{ус}$
1 или менее	1,0	—	1,0	—	1,0
1,25	0,9	0,8	0,9	0,5	0,9
1,5	0,85	1,0	0,8	0,8	0,8
1,75	0,78	1,25	0,7	1,0	0,7
2,0	0,7	1,35	0,65	1,25	0,65
2,25	0,65	1,5	0,6	1,5	0,62
2,5	0,6	1,75	0,55	1,75	0,61
2,75	0,55	2,0	0,5	2,0	0,6
3,0	0,5	—	—	2,5	0,55
—	—	—	—	3,0	0,5

Если на шахте отсутствует нужный спецпрофиль, то допустимо заменить его более тяжелым (см. прил. 1).

В этом случае в расчет плотности следует вводить и соответствующую этому профилю несущую способность N_S.

Выбор податливости крепи

8. Податливость крепи выработок пологих и наклонных пластов выбирают на основании максимальных ожидаемых смещений пород кровли:

— при плотности установки крепи (принятой по п. 7 разд. II), равной или меньшей 1 рамы/м, податливость крепи принимают из условия $\Delta \geqslant U_{кр}$, где Δ — конструктивная податливость крепи, мм (см. прил. 1); $U_{кр}$ — ожидаемые расчетные смещения пород кровли, мм (см. II, п. 2);

— если плотность установки крепи, принятая по п. 7 разд. II, превышает 1 раму/м, а также в случае применения дополнительной анкерной крепи или крепи усиления (стоек усиления) податливость крепи может приниматься менее ожидаемых смещений пород кровли из условия $\Delta \geqslant k_{ос} k_{анк} k_{ус} U_{кр}$, где $k_{ос}$, $k_{анк}$, $k_{ус}$ — коэффициенты (см. табл. 6) в зависимости от плотности установки рамной, анкерной крепи или крепи усиления (стоек усиления).

Примечание. В качестве крепи усиления рекомендуются металлические стойки (гидравлические ГС и трения типа Т). Деревянные стойки в связи с их ограниченной податливостью допускаются только в исключительных случаях.

При максимальных ожидаемых смещениях пород почвы (если установлена замкнутая крепь) или боков податливость крепи выбирают аналогичным образом. Расчет податливости крепи выработок крутонаклонных и крутых пластов изложен в разд. IV.

9. При проведении выработки в обрушенных породах выработанного пространства расчет ведется по величинам смещений пород кровли (см. п. 2, разд. II), увеличенным в 1,5 раза. Расчетную нагрузку на крепь выработки определяют по п. 4 разд. II. Тип крепи и плотность установки рам выбирают согласно п. 6,7 разд. II. Выбор крепи по податливости производят в соответствии с п. 8 разд. II.

III. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ ВЫРАБОТОК, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА ПОЛОГИХ И НАКЛОННЫХ ПЛАСТАХ

1. Расчет крепи в подготовительных выработках, погашаемых за очистным забоем, основан на смещениях пород кровли выработок, определяемых по следующим формулам:

а) для выработок одиночной лавы

$$U_{кр} = U + k_{кр}k_s k_к U_1, \qquad (12)$$

б) для выработок спаренных лав с отставанием второй лавы от первой не более 20 м

$$U_{кр} = U + 1{,}3k_{кр}k_s k_к U_1, \qquad (13)$$

где U — смещения пород кровли выработки (мм) в период ее службы вне влияния очистных работ, определяемые по формуле (4); $k_{кр}$ — коэффициент влияния класса кровли по обрушаемости, указанный в табл. 7;

Таблица 7

$k_{кр}$ при кровле		
легкообрушающейся	среднеобрушающейся	труднообрушающейся
0,8	1,0	1,2

k_s — коэффициент, учитывающий влияние площади сечения выработки в свету, определяемый по табл. 8; $k_к$ — коэффициент, характе-

Таблица 8

S, м^2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
k_s	0,65	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,25	1,35	1,45

ризующий долю смещений пород кровли в общих смещениях пород в выработках, определяемый по графикам рис. 5; U_1 — смещения пород (мм) в зоне временного опорного давления очистного забоя, определяемые по графику рис. 6.

Расчетная нагрузка на основную крепь выработки определяется по п. 4 разд. II по величине U. Несущая способность крепи и плотность установки рам основной крепи определяется по п. 6 и 7 разд. II.

Суммарная нагрузка за весь срок службы выработки определяется по п. 4 разд. II, по величине $U_{кр}$. Количество стоек крепи усиления на 1 м выработки n_1 определяется из выражения:

$$n_1 \geqslant (P - nN_s) / N_{с1}. \qquad (14)$$

где R — суммарная нагрузка на крепь, кН/м; n и N_s — соответственно плотность и несущая способность основной крепи; N_{s_1} — несущая способность средств усиления (для деревянной стойки 200 кН, гидравлической стойки типа ГС — 300 кН, для металлической стойки трения Т — 250 кН).

Крепь усиления в погашаемых выработках устанавливают перед очистным забоем, на расстоянии, указанном в табл. 9.

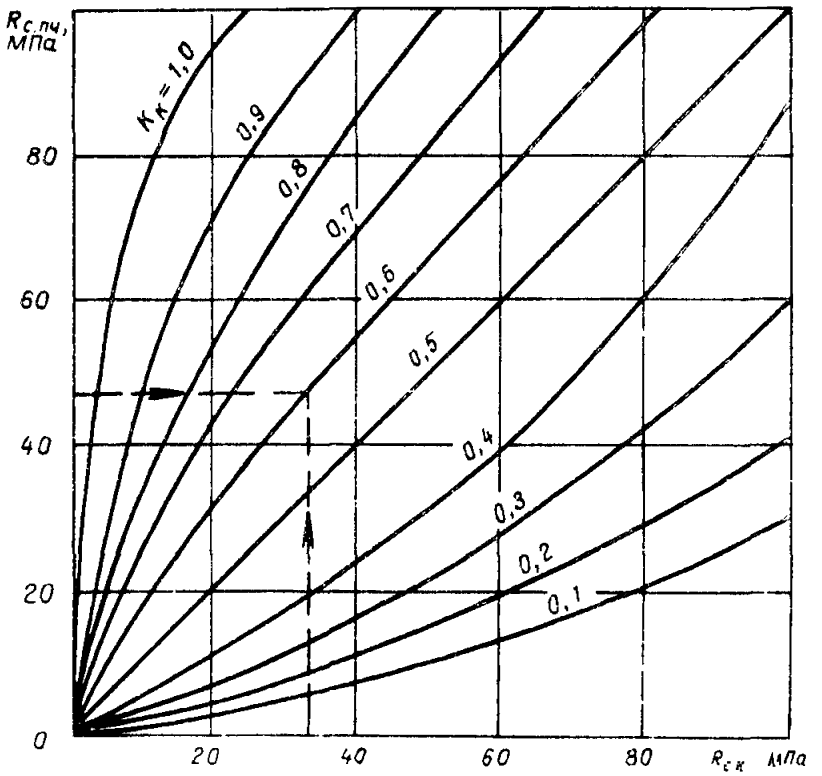

Рис. 5. Графики для определения коэффициента $K_к$

Таблица 9

Глубина, м	Расстояние от очистного забоя, м, при основной кровле	
	легко- и средне-обрушающейся	труднообрушающейся
Менее 300	20	30
301—600	25	35
601—900	30	40
Более 900	35	45

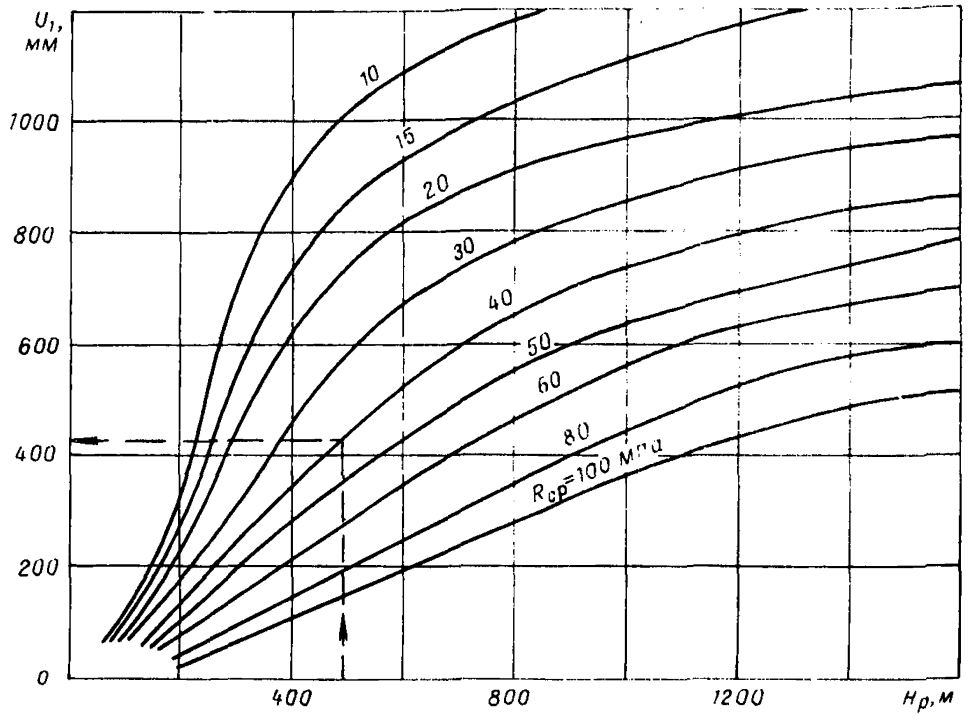

Рис. 6. Смещения пород в зоне временного опорного давления очистного забоя

Выбор типа крепи по податливости определяется в соответствии с п. 8 разд. II.

2. Порядок расчета крепи в подготовительных выработках, проводимых вприсечку к выработанному пространству, следующий.

а. Для выбора основной крепи присечной выработки, устанавливаемой при ее проведении, расчет основывается на смещениях пород кровли, определяемых по формуле:

$$U_{кр} = (U'_{пр} + V'_0 t_0) k' k_с k_к, \qquad (15)$$

где $U'_{пр}$ — смещения пород (мм) при проведении выработок вприсечку к выработанному пространству в типовых условиях (рис. 7); V'_0 — средняя скорость смещения пород (мм/мес) в присечной выработке за период t_0 (рис. 8); t_0 — время (мес) поддержания присечной выработки до начала отработки очистного забоя; k' — коэффициент, учитывающий влияние места расположения присечной выработки относительно границы выработанного пространства, принимаемый равным 1 для полной присечки и 0,7 для случая оставления между этой выработкой и обрушаемыми породами полосы угля шириной 2—4 м.

б. Расчетная нагрузка на основную крепь выработки определяется в соответствии с п. 4 разд. II по величине смещений $U_{кр}$.

в. Тип крепи и плотность установки рам выбирают по п. 6 и 7 разд. II.

Таблица 10

Глубина, м	Расстояние от очистного забоя, м, при основной кровле	
	легко- и средне-обрушающейся	труднообрушающейся
До 300	25	35
301—600	30	40
601—900	35	45
Более 900	40	50

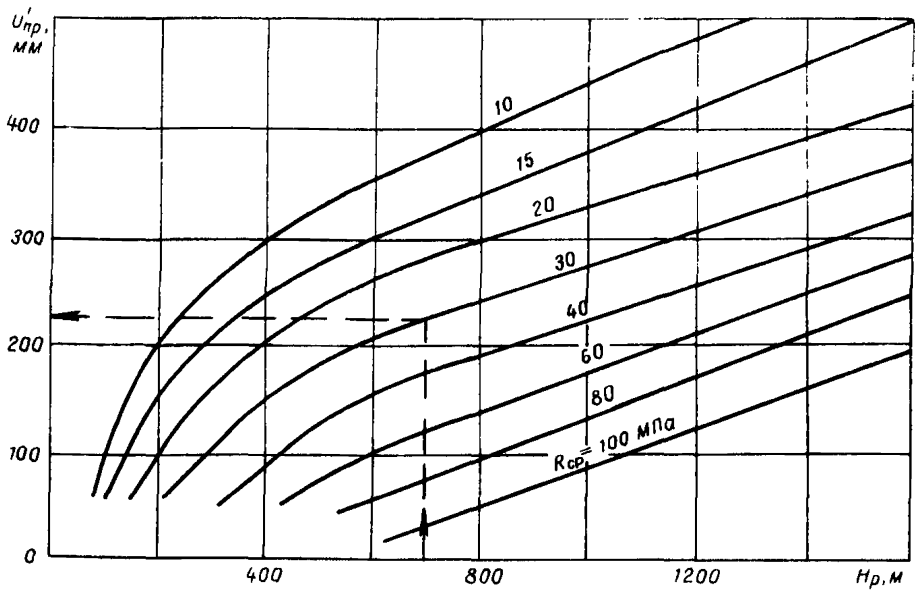

Рис. 7. Смещения пород вне зоны влияния очистных работ в выработках, пройденных вприсечку к выработанному пространству

г. Суммарная нагрузка на крепь за весь срок эксплуатации выработки определяется по п. 4 разд. II, по величине общих смещений кровли $U'_{кр}$:

$$U'_{кр} = U_{кр} + U'_1 k_{кр} k_s k_к k', \qquad (16)$$

где U'_1 — смещение пород (мм) в присечной выработке в зоне влияния временного опорного давления очистного забоя (рис. 9).

д. Плотность крепи усиления впереди лавы n_1 определяют по формуле (14).

е. Крепь усиления устанавливают впереди очистного забоя на расстоянии, указанном в табл. 10.

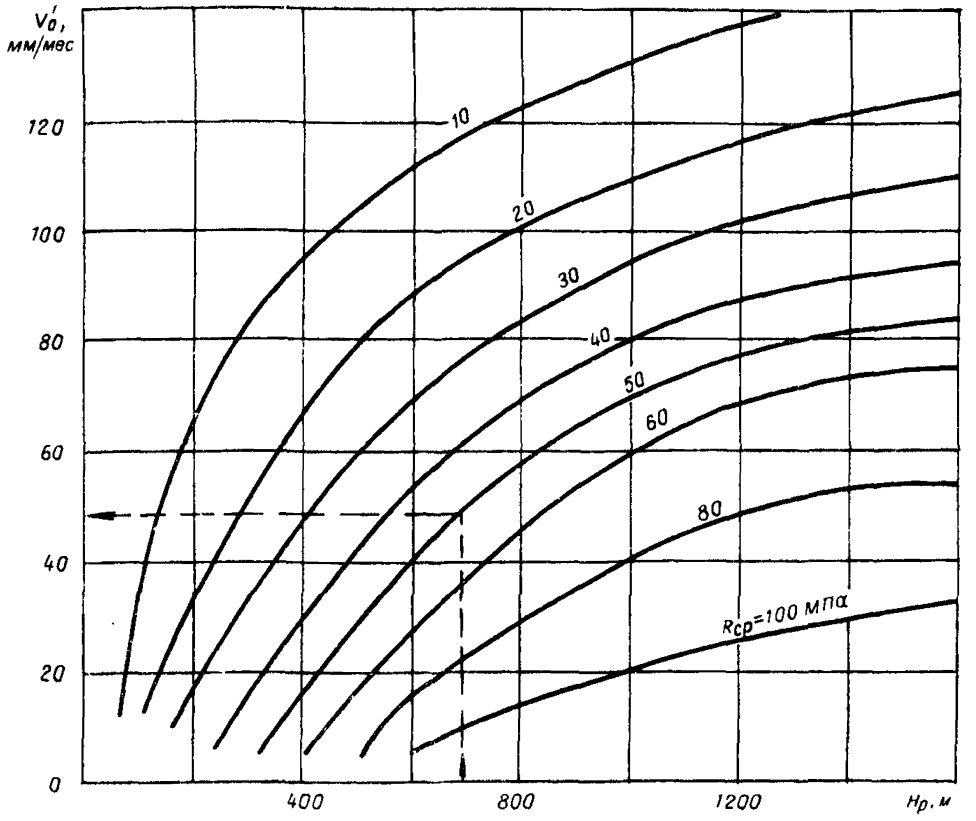

Рис. 8. Скорость смещения пород вне зоны влияния очистных работ в выработках, проведенных вприсечку к выработанному пространству

ж. Выбор крепи по податливости производят в соответствии с п. 8 разд. II по общим смещениям $U'_{кр}$.

3. расчет крепи в подготовительных выработках, сохраняемых для повторного использования, заключается в следующем.

а. Для выбора основной крепи, устанавливаемой при проведении выработки, впоследствии повторно используемой, расчет основан на смещениях пород кровли $U_{кр}$, определяемых по формуле (12).

б. Расчетная нагрузка на основную крепь выработки определяется по п. 4 разд. II и величине $U_{кр}$ (12). Несущую способность крепи и плотность установки рам основной крепи выбирают по п. 6 и 7 разд. II.

в. Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы выработки находят согласно п. 4 разд. II по величине общих смещений кровли $U'_{кр}$.

$$U'_{кр} = U_{кр} + (U_1 k_к + m k_{охр}) k_s k_{кр}, \qquad (17)$$

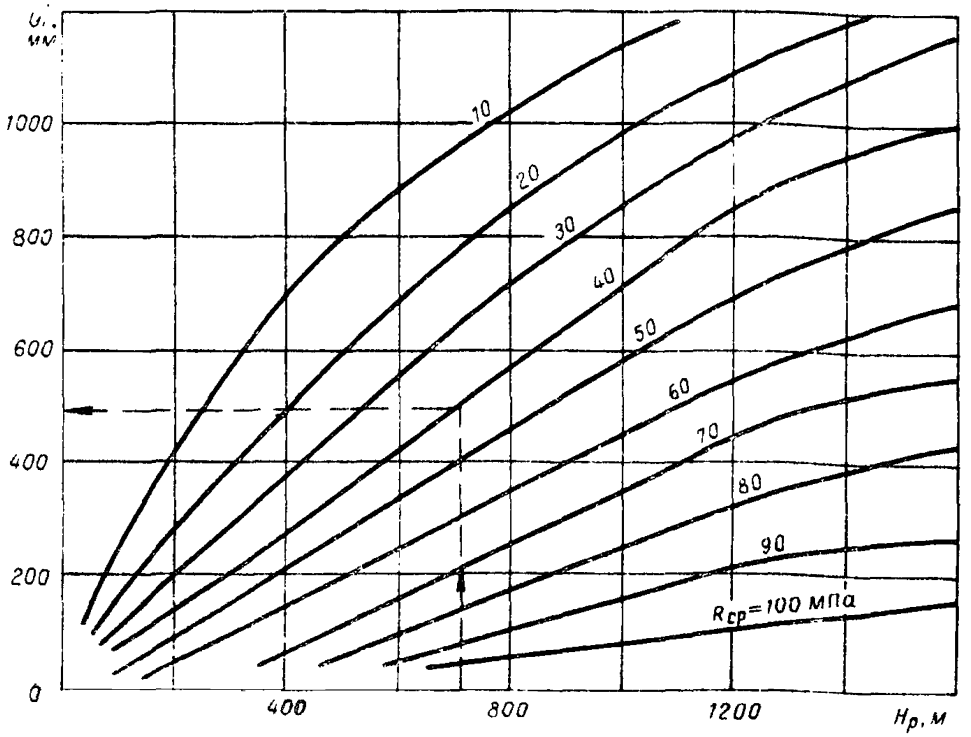

Рис. 9. Смещения пород в зоне влияния очистного забоя в выработках, проведенных вприсечку к выработанному пространству

где m — вынимаемая мощность пласта, мм; $k_{охр}$ — коэффициент, учитывающий влияние податливости искусственных ограждений на опускание кровли, принимаемый по табл. 11.

Таблица 11

Органная крепь	Железобетонные тумбы	Литые полосы из твердых материалов	Породные полосы из твердых материалов	Бутокостры	Костры из круглого леса
0,2	0,15	0,10	0,4	0,3	0,6

г. Плотность крепи усиления n_1 находят из выражения (14).

д. Протяженность установки крепи усиления принимают по табл. 12, где l_1 — участок крепи усиления впереди первого забоя, l_2 — позади него, l_3 — впереди второго очистного забоя.

е. Выбор типа крепи по податливости производится в соответствии с п. 8 разд. II по общим смещениям $U'_{кр}$.

4. Для расчета крепи в подготовительной спаренной выработке, погашаемой с одновременным извлечением целика угля, необходимо следующее.

Таблица 12

Глубина, м	Расстояние от очистного забоя, м, при основной кровле					
	легко- и средне-обрушающейся			труднообрушающейся		
	l_1	l_2	l_3	l_1	l_2	l_3
До 300	20	60	30	30	100	50
301—600	25	65	35	35	110	55
601—900	25	65	35	40	120	60
Более 900	30	70	40	45	130	65

а. Основную крепь, устанавливаемую при проведении выработки, выбирают на основании расчета по смещениям пород кровли $U_{кр}$, определяемым по формуле:

$$U_{кр} = U + (U_1^{ц} + \Delta U_1^{ц}) k_{кр} k_s k_к, \qquad (18)$$

где U — смещения пород кровли выработки (мм) в период поддержания ее вне влияния очистных работ (по разд. II); $U_1^{ц}$ — смещения пород (мм) в выработке за период влияния временного опорного давления первой лавы, устанавливаемые по номограмме (рис. 10) в соответствии с шириной целика (табл. 13); $\Delta U_1^{ц}$ — смещения пород (мм) позади забоя первой лавы, определяемые по номограмме (рис. 11

Таблица 13

Сопротивление угля сжатию, МПа	Ширина, м, временных целиков угля на глубине, м		
	менее 300	300—600	600—900
Менее 20	20	30	40
20 и более	15	25	35

б. Расчетную нагрузку на основную крепь выработки находят по п. 4 разд. II с помощью $U_{кр}$. Плотность установки рам основной крепи определяют по п. 6 и 7 разд. II.

в. Суммарную нагрузку на основную крепь выработки (п. 4, разд. II) рассчитывают по общим смещениям кровли $U'_{кр}$.

$$U'_{кр} = U_{кр} + U_1^{ц} k_{ц} k_{кр} k_s k_к, \qquad (19)$$

где $k_{ц}$ — коэффициент влияния второго очистного забоя, определяемый в зависимости от ширины целика угля по табл. 14.

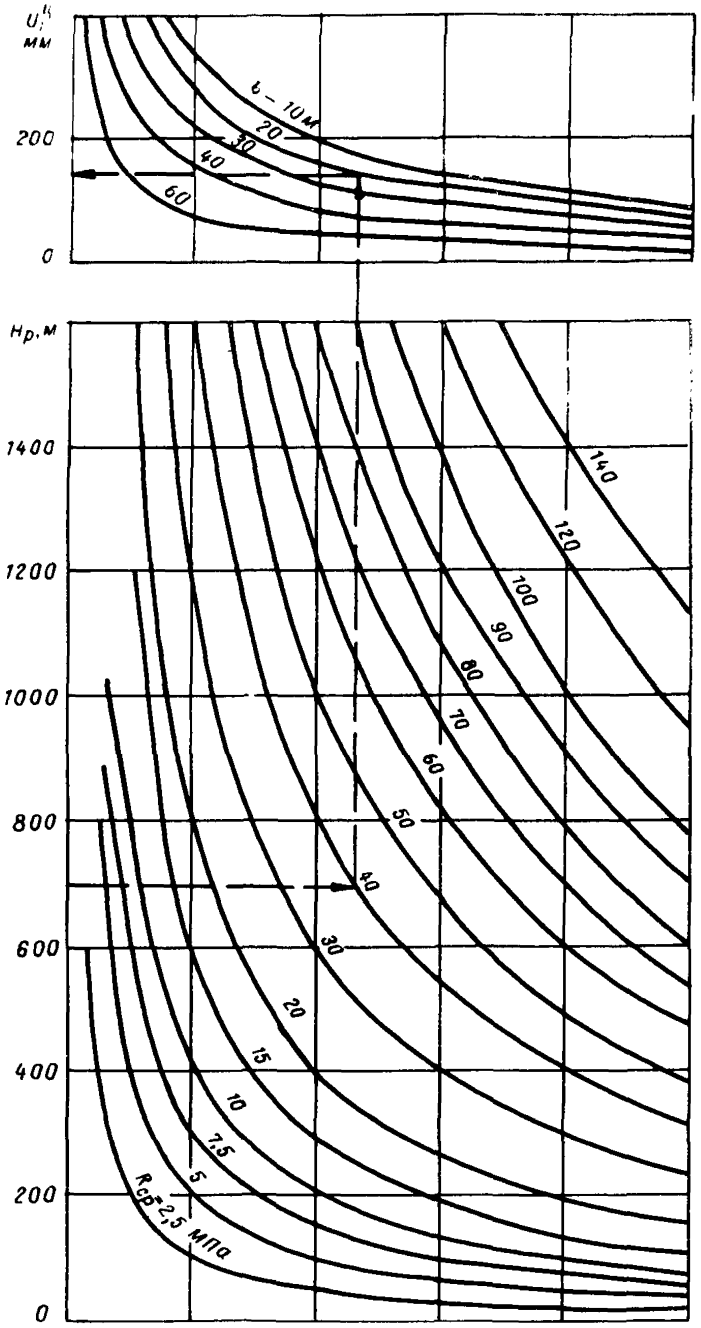

Рис. 10. Номограмма для определения смещений $U_1^{ц}$

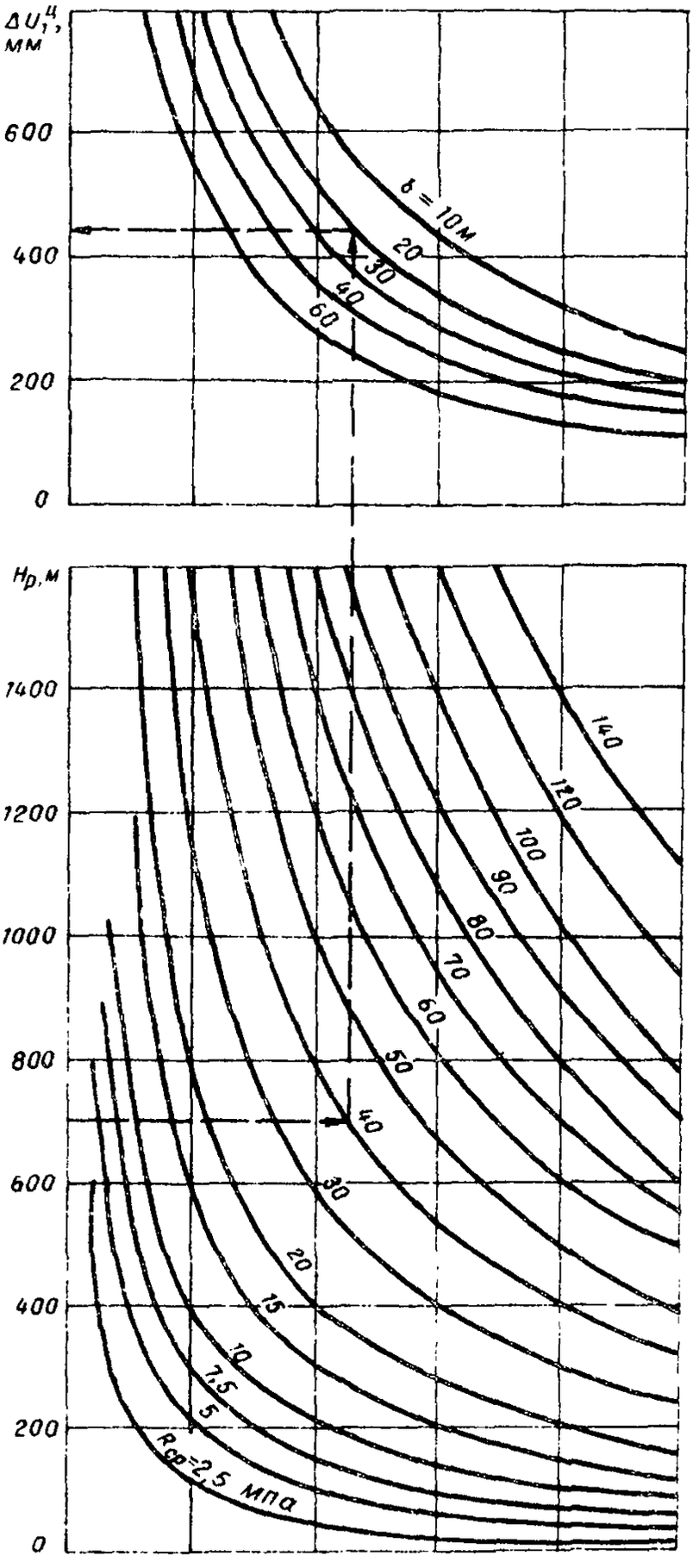

Рис. 11. Номограмма для определения смещений $\Delta U_1^{п}$

Таблица 14

Ширина целика, м	0	10	20	30	40
$k_ц$	1,45	1,37	1,30	1,22	1,15

г. Плотность крепи усиления n_1 определяют по выражению (14).

д. Крепь усиления в спаренных выработках, охраняемых временными целиками угля, необходимо устанавливать впереди очистного забоя на расстояниях согласно табл. 15.

Таблица 15

Глубина, м	Расстояние от очистного забоя при основной кровле, м	
	легко- и средне-обрушающейся	труднообрушающейся
300—600	15	20
601—900	25	35
Более 900		

е. Выбор типа крепи по податливости производится в соответствии с п. 8 разд. II по общим смещениям $U'_{кр}$.

5. Расчет крепи в подготовительной спаренной выработке, используемой при отработке второй лавы и охраняемой односторонней породной полосой, возводимой во время проведения, включает следующее.

а. Для выбора основной крепи, устанавливаемой при проведении выработки, расчет ведется на основании смещений пород кровли $U_{кр}$, определяемых по формуле:

$$U_{кр} = 0{,}8(U + k_{кр}k_s k_к U_1), \qquad (20)$$

б. Расчетную нагрузку на основную крепь выработки определяют по п. 4 разд. II по величине $U_{кр}$. Плотность установки рам основной крепи находят по п. 6 и 7 разд. II.

в. Суммарная нагрузка на крепь за весь срок службы выработки определяется по п. 4 разд. II по величине смещений кровли $U'_{кр}$:

$$U'_{кр} = U_{кр} + (U_1 k_к + 0{,}8 k_{охр} m) k_s k_{кр}. \quad (21)$$

г. Плотность крепи усиления n_1 определяют из выражения (14). Крепь усиления необходимо устанавливать впереди очистного забоя (см. табл. 15).

д. Тип крепи выбирают по податливости в соответствии с п. 8 разд. II по общим смещениям $U'_{кр}$.

6. Расчет крепи в подготовительных выработках, оформляемых за очистным забоем в выработанном пространстве на границе с ранее отработанным смежным выемочным столбом.

а. Для выбора рамной крепи, устанавливаемой при проведении (оформлении) выработок, расчет производится на основании смещений пород кровли $U_{кр}$, определяемых по формуле:

$$U_{кр} = 1{,}5U + m k_{охр} \cdot k_s k_{кр}. \quad (22)$$

б. Расчетную нагрузку на крепь определяют, как указано в п. 4 разд. II по величине $U_{кр}$. Плотность установки рам находят по п. 6 и 7 разд. II. Для таких выработок следует применять трапециевидные прямоугольные крепи КМП-Т(П) по прил. 1. Арочные крепи КМП-А3 и КМП-А5 допускаются только в исключительных случаях.

в. Выбор крепи по податливости соответствует п. 8 разд. II и основан на величине $U_{кр}$.

г. Для поддержания выработки за лавой со стороны отрабатываемой лавы выкладывается бутовая (породная) полоса шириной 10 м или два ряда бутокостров.

IV. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ В ВЫРАБОТКАХ НА КРУТОНАКЛОННЫХ И КРУТЫХ ПЛАСТАХ

1. Основные исходные данные, расчетные значения глубины $H_р$ и сопротивления пород $R_{ср}$ по контуру выработки определяют в соответствии с разд. I.

2. Параметры крепи выработок, не подверженных влиянию очистных работ, рассчитывают в соответствии с разд. II. При этом необходимую податливость крепи λ выбирают по формуле:

$$\lambda \geqslant 0{,}7 k_{ос} k_{анк} k_{ус} U_{общ}, \tag{23}$$

где коэффициенты $k_{ос}$, $k_{анк}$ $k_{ус}$ выбирают по табл. 6, а $U_{общ} = U_{кр} + U_{пч}$ — общие смещения кровли и почвы, рассчитываемые по формуле (4).

3. Параметры крепи выработок, подвергающихся влиянию очистного забоя собственного пласта и погашаемых за ним вычисляют на основании расчетных смещений пород кровли и почвы за весь срок существования выработки, определяемых по формулам:

$$U_{кр} = U + U_1 k_{кр} k_s k'_\alpha k_к, \tag{24}$$

$$U_{пч} = U + U_1 k_{кр} k_s k'_\alpha (1 - k_к), \tag{25}$$

где U определяют по формуле (4); $k_{кр}$, k_s, $k_к$ находят в соответствии с табл. 7, 8 и рис. 5; k'_α — коэффициент влияния угла падения, принимают равным 1 при $\alpha \geqslant 55°$ и 1,2 при $\alpha < 55°$; U_1 — смещения за период влияния временного опорного давления очистного забоя, определяемые по рис. 12 в зависимости от $H_р$ и средней расчетной прочности пород кровли и почвы $R_{ср}$ (см. разд. I).

Расчетную нагрузку на основную крепь выработки определяют по п. 4 разд. II по величине U. Несущую способность и плотность установки рам основной крепи определяют по п. 6 и 7 разд. II.

Параметры крепи усиления устанавливают следующим образом. Определяют расчетную нагрузку P на крепь за весь срок службы по формуле (9), в которой нормативную нагрузку $P^н$ находят по рис. 4, исходя из $U_{кр}$, вычисленной по формуле (24). Плотность крепи усиления n_1 определяют по формуле:

$$n_1 = \frac{P - nN_s}{N_{s1}}, \tag{26}$$

где n и N_s — выбранные параметры основной крепи; N_{s1} — паспортная несущая способность крепи усиления (см. п. 1,*а* разд. III). Крепь усиления в погашаемых выработках устанавливается впереди очистного забоя на расстоянии, принятом по табл. 9.

Выбор податливости основной крепи производится по формуле (23), в которой $U_{общ}$ определяется суммой смещений, рассчитываемых по формулам (24) и (25).

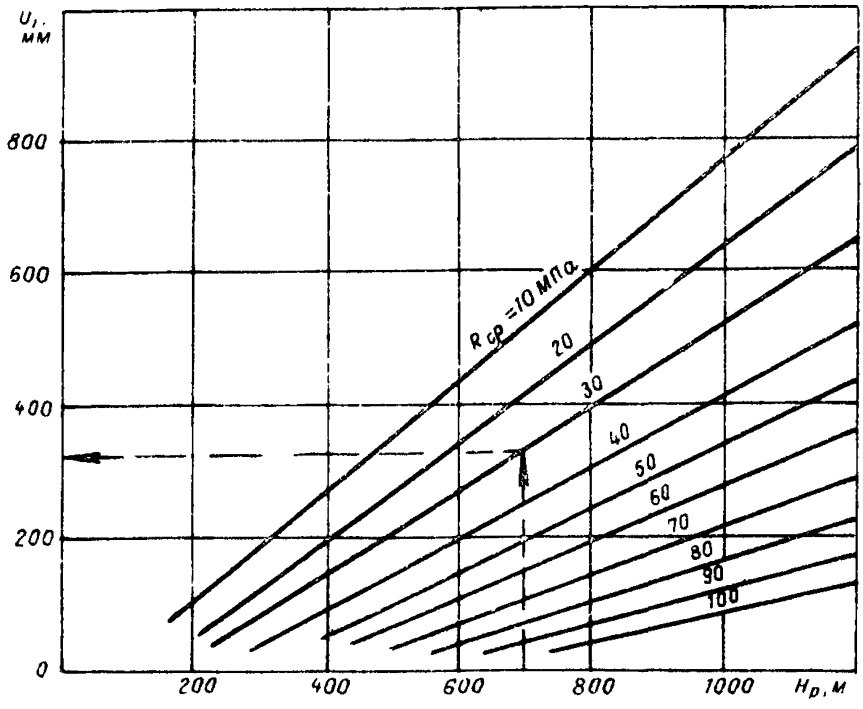

Рис. 12. Смещения U_1 пород за период влияния временного опорного давления очистного забоя

4. Параметры крепи выработок, сохраняемых для повторного использования, находят на основании расчетных смещений кровли и почвы за весь срок существования выработки, определяемых по следующим формулам:

— для выработок, проводимых в массиве угля впереди забоя

$$U_{кр} = U + [(U_1 + U_2)k_к + k'_{охр}m]k_{кр}k_s k'_\alpha; \quad (27)$$

$$U_{пч} = U + [(U_1 + U_2)(1 - k_к) + V_1^{ост}t_1]k_{кр}k_s k'_\alpha; \quad (28)$$

— для выработок, проводимых одновременно с очистным забоем

$$U_{кр} = U + (U_2 k_к + k'_{охр}m)k_{кр}k_s k'_\alpha; \quad (29)$$

$$U_{пч} = U + [U_2(1 - k_к) + V_1^{ост}t_1]k_{кр}k_s k'_\alpha, \quad (30)$$

где $U_1 = U_2$ и k'_α определяют в соответствии с п. 3 разд. IV; $k'_{охр}$ принимают по табл. 16; $V_1^{ост}$ — скорость смещения пород в зоне остаточного опорного давления первой лавы, определяемая по рис. 13, исходя из $H_р$ и $R_{ср}$; t_1 — время поддержания выработки за забоем первой лавы до погашения, мес.

Последовательность дальнейшего расчета параметров основной крепи и крепи усиления указана в п. 3 разд. IV. Протяженность установки крепи усиления принимают по табл. 12.

Таблица 16

Органная крепь	Железобетонные тумбы из твердых материалов	Закладка	Породная бутовая полоса	Костры из шпального бруса
0,12	0,06	0,08	0,10	0,15

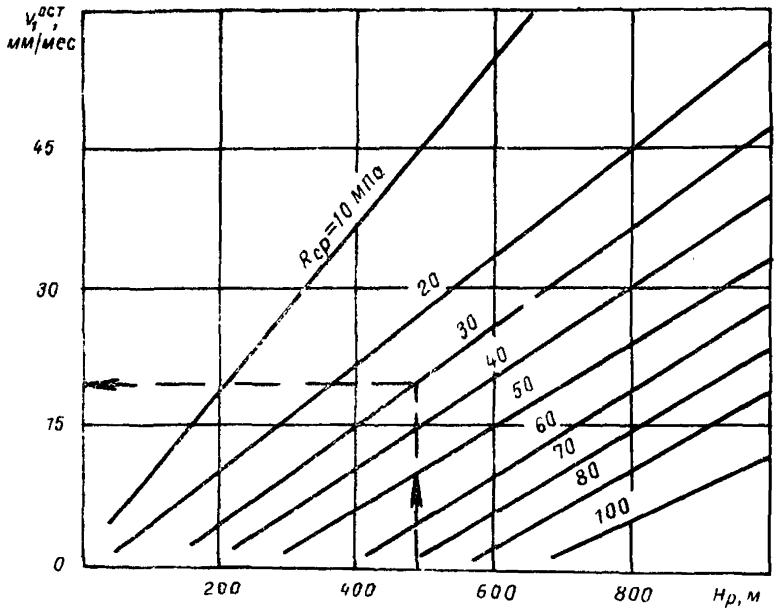

Рис. 13. Скорости $V_1^{ост}$ смещений пород под влиянием стационарного опорного давления от краевой части пласта

Для выбора податливости основной крепи служит формула:

$$\Delta \geqslant k_{ос} \cdot k_{анк} k_{ус} \cdot U_{общ}, \qquad (31)$$

где $k_{ос}$, $k_{анк}$, $k_{ус}$ назначают по табл. 6, а $U_{общ}$ — определяется суммой смещений, рассчитываемых по формулам (27) и (28) или (29) и (30).

5. Параметры крепи выработок, проводимых и поддерживаемых вприсечку к выработанному пространству на расстоянии более 100—120 м за забоем первой лавы, находят на основании расчетных смещений кровли и почвы, определяемых по формулам.

$$U_{кр} = (U'_{пр} k_{пр} + U_2) k_к k_{кр} k_s k'_u; \qquad (32)$$

$$U_п = [(U'_{пр} k_{пр} + U_2)(1 - k_к) + V_1^{ост} t] \cdot k_{кр} k_s k'_u, \qquad (33)$$

где $U'_{пр}$ — определяют по рис. 14, исходя из $H_р$ и $R_{ср}$; $k_{пр}$ — по табл. 5; $k'_а$ — по п. 3 разд. IV; $U_2 = U_1$, где U_1 принимают по рис. 12; $k_к$, $k_{кр}$; k_s определяют в соответствии с табл. 7, 8 и рис. 5; $V_1^{ост}$ находят по рис. 13; t — срок службы выработки, мес.

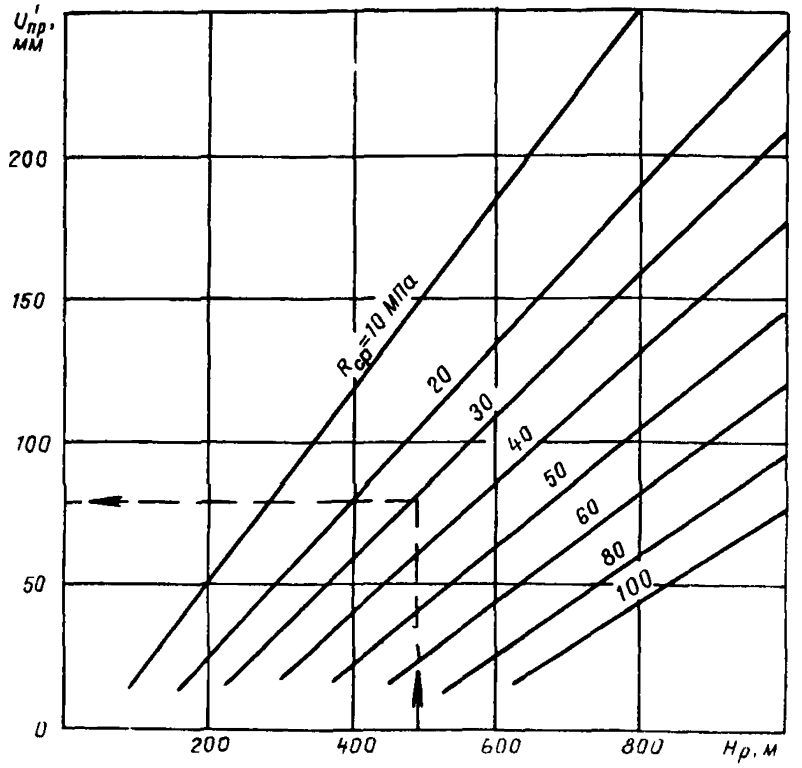

Рис. 14. Смещения $U'_{пр}$ пород за период влияния проходческого забоя в зоне остаточного опорного давления

Расчетную нагрузку на основную крепь выработки определяют по п. 4 разд. II с помощью $U_{кр}$, вычисленной по формуле (32).

Тип крепи и плотность установки рам выбирают по п. 6 и 7 разд. II.

Податливость основной крепи выбирают, используя формулу (23), в которой $U_{общ}$ составляет сумму смещений, рассчитываемых из выражений (32) и (33).

6. В вентиляционных штреках, проводимых за забоем и поддерживаемых в выработанном пространстве бутовыми полосами или кострами, параметры крепи находят на основании общих расчетных смещений пород, определяемых по формуле:

$$U_{общ} = (0{,}2m + V_0 t)k_{кр}k_s k'_а, \qquad (34)$$

где $k_{кр}$, k_s выбирают по табл. 7 и 8; $k'_а$ — по п. 3 разд. IV; V_0 определяют по рис. 15 в зависимости от $H_р$ и $R_{ср}$. Расчетную нагрузку на крепь выработки устанавливают по п. 4 разд. II с помощью $U_{общ}$.

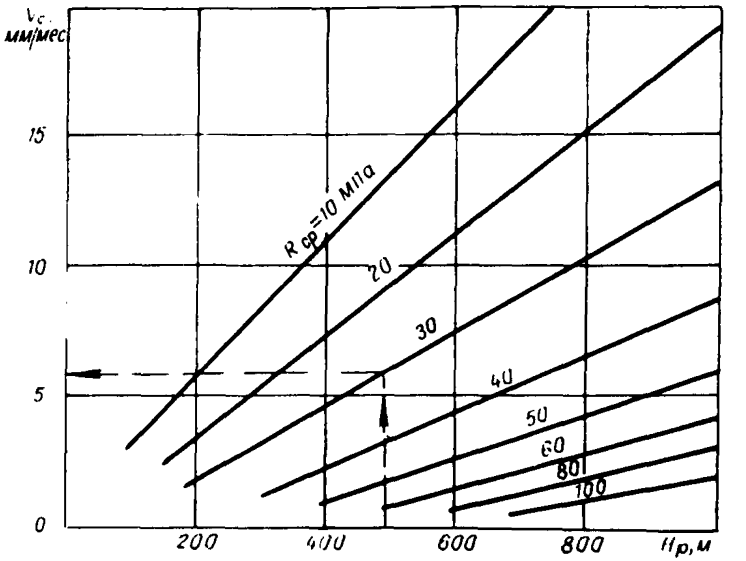

Рис. 15. Скорости V_0 смещений пород вне зоны влияния временного опорного давления

Тип и плотность крепи выбирают по п. 6 и 7 разд. II.

Для выбора податливости основной крепи служит формула (31).

7. Во всех перечисленных в п. 2—6 разд. IV случаях в качестве основной рекомендуется крепь, обладающая податливостью в вертикальном и горизонтальном направлениях. Этому требованию в наибольшей степени отвечают четырехзвенные крепи типа КМП-А4 (прил. 1).

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЕЙ

1. Перечень

Крепь	Обозначения		Разработчики
	новое	старое	
Металлическая податливая арочная трехзвенная	КМП-А3	АП, АП-3 МПК-А3, М, АП-3П	— ДонУГИ, ИГД им. А. А. Скочинского, НИИОГР, Печорниипроект
Металлическая податливая арочная четырехзвенная	КМП-А4	МПК-А4, МВ, М3	ИГД им. А. А. Скочинского, НИИОГР
Металлическая податливая арочная пятизвенная	КМП-А5	АП-5, ИАК	ДонУГИ КузНИУИ
Металлическая податливая кольцевая четырехзвенная (шестизвенная)	КМП-К4 КМП-К6	КП КПК КПК-ПЛ МК	— Центрогипрошахт Тульский ПИ НИИОГР
Металлическая податливая трапециевидная (прямоугольная)	КМП-Т(П)	МПК-Т(П) МИК-4С КПС КВВ ТИК ИПК МТПШ	ИГД им. А. А. Скочинского ДонУГИ КНИУИ ПНИУИ КузНИУИ Печорниипроект

2. Параметры

Сечение выработки в проходке до осадки, м²	Ширина выработки в проходке, м	Тип спецпрофиля	Сопротивление крепи в податливом режиме N_3, кН в зависимости от вида соединительных узлов		Максимальная податливость Δ, мм	
			прямые планки и скобы с резьбой	фигурные планки ЗПК и скобы с резьбой	вертикальная	горизонтальная
Арочная крепь КМП-А3						
До 10	3,2—3,8	СВП-17	100	180	300/360	—
10—15	4,1—4,7	СВП-22	120	200	300/400	—
15—20	5,3—5,9	СВП-27	140	215	300/400	—
Арочная крепь КМП-А4						
14—17	4,7—5,3	СВП-22	—	200	—/400	—/300
17—20	5,3—5,9	СВП-27	—	215	—/400	—/300
Арочная крепь КМП-А5						
10—11	3,8—4,0	СВП-19	100	190	600, 800, 1000	—
11—14	4,0—4,7	СВП-22	120	200	600, 800, 1000	—
14—16	4,7—5,0	СВП-27	140	215	600, 800, 1000	—
16—21	5,0—6,2	СВП-33	160	230	600, 800, 1000	—
Кольцевая крепь КМП-К4						
6—10	2,8—3,8	СВП-17	100	180	300/300	300/300
10—12	3,8—4,1	СВП-22	120	200	300/350	300/350
Трапециевидная прямоугольная крепь КМП-Т(П)						
До 8	До 3	СВП-17	—	200	—/600	—
8—10	3,0—3,8	СВП-22	—	200	—/700	—
КМП-Т(П) со средней стойкой						
10—12	3,8—4,1	СВП-22	—	300	—/700	—
10—12	3,8—4,1	СВП-27	—	400	—/800	
12—15	4,1—4,7	СВП-22	—	300	—/700	—
12—15	4,1—4,7	СВП-27	—	400	—/800	

Примечания: 1. Податливость крепи в числителе со старыми узлами (с прямой планкой), в знаменателе — с замками ЗПК. 2. Сопротивление крепи с узлами ЗСД принимается на 25—30% ниже относительно крепи с узлами ЗПК. 3. Для крепей КМП-А5 первое, второе и третье значения податливости относятся к пятизвенным крепям с дополнительной ножкой соответственно 700, 900 и 1200 мм. 4 Данные по сопротивлению крепи в податливом режиме представлены институтом ИГД им А. А. Скочинского.

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ТИПА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПЕЙ В ВЫРАБОТКАХ

1. Выработка, проводимая вне влияния очистных работ в условиях пологого падения

У с л о в и я . Выработка проводится по простиранию на глубине 800 м. Угол падения пород 15°. Вмещающие породы показаны на рис. 16. Характеристика слоев пород: 1 — песчаник, $R_1 = 91$ МПа,

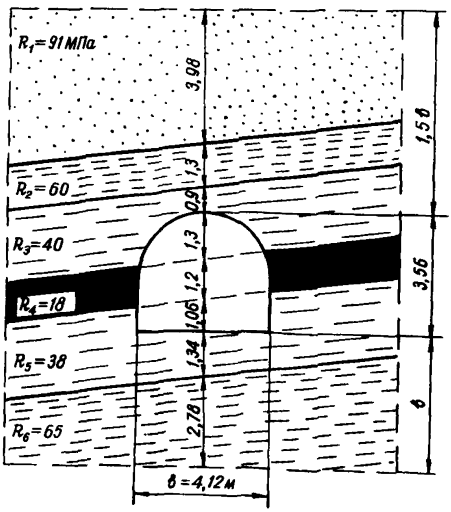

Рис. 16. Расчетная схема к примеру 1

$m_1 = 4{,}8$ м; 2 — алевролит, $R_2 = 60$ МПа, $m_2 = 1{,}3$ м; 3 — аргиллит, $R_3 = 40$ МПа, $m_3 = 2{,}2$ м; 4 — уголь, $R_4 = 18$ МПа, $m_4 = 1{,}2$ м; 5 — аргиллит, $R_5 = 38$ МПа, $m_5 = 2{,}4$ м; 6 — алевролит, $R_6 = 65$ МПа, $m_6 = 4{,}0$ м. Расстояние от свода арки до пласта по вертикали 1,3 м. Выработка пройдена комбайновым способом, сечение в свету до осадки $S = 10{,}3$ м^2. Ширина в проходке 4,12 м, высота 3,56 м. Срок службы выработки 10 лет. Выработка сухая, находится вне тектонических нарушений. Крепь — металлическая арочная податливая.

Р е ш е н и е

1. Определяют расчетную прочность пород. Для всех пород принимают $k_c = 0{,}9$ (см. табл. 1). Тогда $R_{c1} = 91 \cdot 0{,}9 \approx 82$ МПа; $R_{c2} = 60 \cdot 0{,}9 = 54$ МПа; $R_{c3} = 40 \cdot 0{,}9 = 36$ МПа, $R_{c4} = 18 \cdot 0{,}9 = 16{,}2$ МПа.

$R_{с5} = 38 \cdot 0{,}9 = 34{,}2$ МПа, $R_{с6} = 65 \cdot 0{,}9 = 58{,}5$ МПа. Выработка сухая, поэтому прочность не снижается от воздействия влаги (см п. 7 разд. I). Согласно п. 8 разд. I усредненное значение $R_с$ пород кровли определяют на высоту $1{,}5b$, равную $4{,}12 \cdot 1{,}5 = 6{,}18$ м, пород почвы — на глубину 4,12 м. В обоих случаях учитывают породы по высоте выработки.

Расчетная прочность пород кровли $R_{с,кр}$ по формуле (3) равна:

$$R_{с,кр} = \frac{82 \cdot 3{,}98 + 54 \cdot 1{,}3 + 36 \cdot 2{,}2 + 16{,}2 \cdot 1{,}2 + 34{,}2 \cdot 1{,}06}{3{,}98 + 1{,}3 + 2{,}2 + 1{,}2 + 1{,}06} = 54{,}5 \text{ МПа}.$$

Аналогично для пород почвы

$$R_{с,пч} = \frac{36 \cdot 1{,}3 + 16{,}2 \cdot 1{,}2 + 34{,}2 \cdot 2{,}4 + 58{,}5 \cdot 2{,}78}{1{,}3 + 1{,}2 + 2{,}4 + 2{,}78} = 40{,}5 \text{ МПа}.$$

Расчетная прочность пород в боках выработки составит

$$R_{с,б} = \frac{36 \cdot 1{,}3 + 16{,}2 \cdot 1{,}2 + 34{,}2 \cdot 1{,}06}{1{,}3 + 1{,}2 + 1{,}06} = 28{,}8 \text{ МПа}.$$

2. Смещения пород определяют по формуле (4):

$$U = k_и k_\theta k_s k_в k_t U_T,$$

где $k_и = 1$ (см. табл. 2, при $\alpha \leqslant 20°$); $k_\theta = 1$ при определении смещений со стороны кровли и почвы и $k_\theta = 0{,}35$ при определении боковых смещений; $k_s = 0{,}2(4{,}12 - 1) = 0{,}62$, по формуле (5) для почвы и кровли и $k_s = 0{,}2(3{,}56 - 1) = 0{,}51$, по формуле (6) для боковых смещений; $k_в = 1$ (см. п. 2 разд. II для одиночной выработки); $k_t = 1$ для всех определяемых смещений (см. п. 2 разд. II и рис. 3 при $H_р = 800$ м, $t = 10$ лет и соответствующей прочности пород кровли, почвы и боков); $U_T = 150$ мм, $U_{T,пч} = 240$ мм, $U_{T,б} = 500$ мм — с каждой стороны выработки (см. рис. 2 при $H_р = 800$ м и полученных значениях прочности пород кровли, почвы и боков).

$$U_{кр} = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 150 = 93 \text{ мм}.$$
$$U_{пч} = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 240 = 150 \text{ мм}.$$
$$U_б = 1 \cdot 0{,}35 \cdot 0{,}51 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 500 = 89 \text{ мм}.$$

В дальнейшем нагрузки на крепь следует рассчитывать по смещениям кровли, которые превышают смещения боков выработки. Смещения почвы (150 мм) не требуют мероприятий по их снижению.

3. Нагрузки на 1 м выработки рассчитывают по формуле (9):

$$P = k_п k_и k_{пр} b P^н,$$

где $k_п = 1{,}05$ (по табл. 4 для магистральной выработки при $U = 93$ мм); $k_и = 1$ (см. п. 4 разд. II); $k_{пр} = 0{,}8$ (по табл. 5 при $H_р / R_{ср} = 800/47{,}5 = 16{,}8$, где $R_{ср}$ — среднеарифметическая прочность пород кровли и почвы.

$$R_{ср} = \frac{R_{с.кр} + R_{с.пч}}{2} = \frac{54{,}5 + 40{,}5}{2} = 47{,}5 \text{ МПа};$$

$b = 4{,}12$ м (по условию); $P^н = 45$ кПа (по рис. 4, при $U = 93$ мм и $b = 4{,}12$ м).

$$P = 1{,}05 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 45 = 156 \text{ кН/м}.$$

4. Крепь выбирают согласно п. 6 разд. II по прил. 1, исходя из ширины выработки. При $b = 4{,}12$ м принимают арочную крепь из СВП-22 с фигурной планкой ЗПК с несущей способностью в податливом режиме $N_s = 200$ кН.

5. Для выбора плотности такой крепи служат п. 7 разд. II, формула (11); $n = P/N_s = 156/200 = 0{,}78$ рам/м. Принимаем $n = 0{,}8$ рам/м.

6. Податливость крепи при $n = 0{,}8$ рам/м выбирают по п. 8 разд. II из условия: $\Delta \geqslant k_{\text{ос}} k_{\text{анк}} k_{\text{ус}} U_{\text{кр}}$. По табл. 6 $k_{\text{ос}} = 1{,}0$; $k_{\text{анк}} = 1$; $k_{\text{ус}} = 1$ (анкерной крепи и крепи усиления нет); $U = 93$ мм.

$$\Delta = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 93 = 93 \text{ мм}.$$

Следовательно, трехзвенная арочная металлическая крепь КМП-А3 из СВП-22 с податливостью до 400 мм (см. прил. 1) плотностью 0,8 рам/м обеспечит нормальную эксплуатацию рассматриваемой выработки.

Примечание. Если в данном примере использовать крепь с обычными узлами податливости (с прямой планкой), имеющей несущую способность $N_s = 120$ кН (см. прил. 1), то плотность такой крепи должна быть $n = 156/120 = 1{,}3$ рам/м. Относительно крепи с новыми замками ЗПК это приводит к увеличению плотности и соответственно расходу металлокрепи в $1{,}3/0{,}8 = 1{,}6$ раза.

2. Выработка, проводимая по обрушенным породам

Условия аналогичны примеру 1

Решение

1. Определяют смещения пород кровли по п. 2 разд. II. Согласно примеру 1, $U_{\text{кр}} = 93$ мм. Смещения в рассматриваемой выработке согласно п. 9 разд. II составляют $1{,}5\ U_{\text{кр}} = 1{,}5 \cdot 93 = 140$ мм.

2. Расчетную нагрузку на крепь определяют по формуле (9):

$$P = k_{\text{п}} k_{\text{н}} k_{\text{пр}} b P^{\text{н}},$$

где $k_{\text{п}} = 1{,}05$; $k_{\text{н}} = 1$; $b = 4{,}12$ м (см. пример 1); $k_{\text{пр}} = 1{,}0$ (см. п. 4 разд. II); $P^{\text{н}} = 57$ кПа (см. рис. 4, при $U = 140$ мм).

$$P = 1{,}05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}12 \cdot 57 = 247 \text{ кН/м}.$$

3. Выбор типа и плотности крепи производится по п. 6 и 7 разд. II. Принимаем по ширине выработки 4,12 м крепь из СВП 22 с замками ЗПК, несущая способность которой 200 кН. Плотность такой крепи

$$n = \frac{P}{N_s} = \frac{247}{200} = 1{,}23 \text{ рамы/м}$$

(согласно п. 7 разд. II 1,25 рам/м).

4. Согласно п. 8 разд. II податливость крепи принимают не менее 140 мм. Это обеспечивает крепь КМП-А3 с максимальной податливостью 400 мм.

Таким образом, безремонтное поддержание этой выработки обеспечит металлическая арочная крепь КМП-А3 плотностью 1,25 рамы/м.

3. Выработка, погашаемая за очистным забоем одиночной лавы

Условия аналогичны примеру 1, причем $H = 800$ м, $R_{с.кр} = 54{,}5$ МПа; $R_{с\,пч} = 40{,}5$ МПа; $R_{ср} = 47{,}5$ МПа; $S_{св} = 10{,}3$ м^2; основная кровля пласта среднеобрушающаяся.

Решение

1. Определяют смещения пород кровли U по разделу II. Согласно примеру 1 прил. 2, где приведен этот расчет, $U = 93$ мм; находят нагрузку на крепь $P = 156$ кН и плотность крепи $n = 0{,}8$ рамы/м (там же, в примере 1).

2. По формуле (12) п. 1, *а* разд. III определяют смещения пород за весь срок эксплуатации выработки:

$$U_{кр} = U + k_{кр}k_{,}k_{к}U_{1},$$

где $U = 93$ мм (см. пример 1); $k_{кр} = 1{,}0$ (см. табл. 7); $k_{,} = 1{,}0$ (по табл. 8); $k_{к} = 0{,}44$ (по рис. 5 при $R_{с,пч} = 40{,}5$ МПа и $R_{с,кр} = 54{,}5$ МПа); $U_{1} = 580$ мм (по рис. 6 при $R_{ср} = 47{,}5$ МПа и $H = 800$ м).

$$U_{кр} = 93 + 1 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}44 \cdot 580 = 348 \text{ мм}.$$

3. Суммарную расчетную нагрузку на крепь выработки за весь срок определяют согласно п. 4 разд. II по величине $U_{кр} = 348$ мм:

$$P = k_{п}k_{н}k_{пр}b \cdot P^{н},$$

где $k_{п} = 1{,}0$ (см. табл. 4 для магистральных и других выработок при $U = 348$ мм); $k_{н} = 1$ (п. 4 разд. II); $k_{пр} = 0{,}8$ (для выработок, пройденных комбайновым способом, см. п. 3 примера 1); $b = 4{,}12$ м (по условию); $P^{н} = 100$ кПа (рис. 4, при $U = 348$ мм).

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 100 = 330 \text{ кН/м}.$$

4. Плотность установки крепи усиления n_{1} определяют из выражения (14), п. 4 разд. III:

$$n_{1} \geqslant \frac{P - nN_{с}}{N_{s1}},$$

где $P = 330$ кН/м; $n = 0{,}8$ рамы/м; $N_{,} = 200$ кН (см. пример 1); $N_{s1} = 250$ кН (для металлической стойки трения, см. п. 3, *а* разд. III).

$$n_{1} \geqslant \frac{330 - 0{,}8 \cdot 200}{250} = 0{,}68 \text{ ст/м}.$$

Окончательно плотность установки крепи усиления по технологическим соображениям выбирают кратной плотности рам основной крепи. В данном случае принимаем $n_1 = 0{,}8$ ст/м, т.е. стойку усиления устанавливаем под каждую раму крепи.

5. Выбираем тип крепи по податливости в соответствии с п. 8 разд. II:

$$\Delta \geqslant k_{\text{ос}} k_{\text{анк}} k_{\text{ус}} \cdot U_{\text{кр}},$$

где $k_{\text{ос}} = 1$ (по табл. 6 при $n = 0{,}8$); $k_{\text{анк}} = 1$ (анкерная крепь не применяется); $k_{\text{ус}} = 0{,}8$ (см. табл. 6 при $n_1 = 0{,}8$); $U_{\text{кр}} = 348$ мм (п. 2).

$$\Delta \geqslant 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 348 = 278 \text{ мм}.$$

Принимаем трехзвенную крепь КМП-А3 из СВП-22 с податливостью 400 мм, плотностью 0,8 рамы/м. Последнюю в зоне влияния очистных работ на расстоянии 30 м впереди лавы (см. п. 15 разд. III) необходимо усилить металлическими стойками трения под каждой рамой.

4. Выработка, проводимая вприсечку без оставления угольной полосы

Условия. Характеристика пород аналогична примеру 1, где $R_{\text{с,кр}} = 54{,}5$ МПа; $R_{\text{с,пч}} = 40{,}5$ МПа; $R_{\text{ср}} = 47{,}5$ МПа; $H = 800$ м; $S_{\text{св}} = 10{,}3$ м^2, выработка существует 1 год.

Решение

1. Определяют смещения $U_{\text{кр}}$ по п. 2, *а* разд. III:

$$U_{\text{кр}} = (U'_{\text{пр}} + V'_0 t_0) k' k_s k_{\text{к}},$$

где $U'_{\text{пр}} = 175$ мм (см. рис. 7 при $H = 800$ м и $R_{\text{ср}} = 47{,}5$ МПа); $V'_0 = 62$ мм/мес (по рис. 8); $t_0 = 12$ мес (по условию); $k_s = 1$ (по табл. 8); $k_{\text{к}} = 0{,}44$ (по рис. 5); $k' = 1$ (полная присечка, см. п. 2 разд. III):

$$U_{\text{кр}} = (175 + 62 \cdot 12) \cdot 1 \cdot 0{,}44 \cdot 1 = 404 \text{ мм}.$$

2. Определяем нагрузку на крепь по п. 4 разд. II:

$$P = k_{\text{п}} k_{\text{н}} k_{\text{пр}} b P^{\text{н}},$$

где $k_{\text{п}} = 1$ (см. табл. 4); $k_{\text{н}} = 1$; $k_{\text{пр}} = 0{,}8$ (при комбайновом способе, см. пример 1); $b = 4{,}12$ м (по условию); $P^{\text{н}} = 105$ кПа (по рис. 4 при $U = 404$ мм).

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 105 = 346 \text{ кН/м}.$$

3. Плотность основной крепи принимают по п. 6 и 7 разд. II:

$$n = P/N_s,$$

где $P = 346$ кН/м; $N_s = 200$ кН (по прил. 1 для крепи СВП-22 с замками ЗПК).

$$n = 346/200 = 1{,}73 \text{ рамы/м}.$$

Принимаем ближайшее большее $n = 1{,}75$ рамы/м (см. табл. 6). Таким образом, в качестве основной крепи, устанавливаемой во время проведения выработки, принимаем арочную металлическую крепь КМП из СВП-22.

4. Суммарная нагрузка на крепь определяется по п. 2, *г* разд. III:

$$U'_{кр} = U_{кр} + U'_1 k_{кр} k_s k_к k_1 ,$$

где $U_{кр} = 404$ мм (см. выше); $U'_1 = 500$ мм (см. рис. 9 при $H = 800$ м и $R_{ср} = 47{,}5$ МПа); $k_{кр} = 1$ (по табл. 7); $k_s = 1$ (по табл. 8); $k_к = 0{,}44$ (см. рис. 5); $k' = 1$ (п. 2, *а* разд. III).

$$U'_{кр} = 404 + 500 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}44 \cdot 1 = 624 \text{ мм}.$$

5. Расчетную нагрузку определяют по п. 4 разд. II.

$$P = k_п k_н k_{пр} b P^н ,$$

где $k_п = 1$; $k_{пр} = 0{,}8$; $k_н = 1$; $b = 4{,}12$ м (см. выше); $P^н = 130$ кПа (по рис. 4 при $U'_{кр} = 624$ мм).

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 130 = 428 \text{ кН/м}.$$

6. Плотность крепи усиления в зоне влияния лавы определяется по выражению (14):

$$n_1 \geqslant \frac{P - n \cdot N_s}{N_{s1}},$$

где $P = 428$ кН/м; $n = 1{,}75$ рамы/м и $N_s = 200$ кН (см. ранее); $N_{s1} = 200$ кН (по п. 1 разд. III при деревянных стойках).

$$n_1 \geqslant \frac{428 - 1{,}75 \cdot 200}{200} = 0{,}4 \text{ ст/м}.$$

Учитывая большие ожидаемые (расчетные) смещения пород кровли $U'_{кр} = 624$ мм, а также технологические соображения (см. пример 3), принимаем плотность установки стоек усиления $n_1 = 0{,}9$ ст/м, т.е. устанавливаем деревянные стойки под каждую вторую раму под сплошной прогон.

7. Крепь выбирают по податливости в соответствии с п. 8 разд. II при $U'_{кр} = 624$ мм.

$$\Delta \geqslant k_{ос} \cdot k_{анк} \cdot k_{ус} \cdot U'_{кр} ,$$

где $k_{ос} = 0{,}78$ (см. табл. 6 при $n = 1{,}75$ рамы/м); $k_{анк} = 1$; $k_{ус} = 0{,}75$ (см. табл. 6 при $n_1 = 0{,}9$ ст/м, где значения определяем интерполяцией).

$$\Delta \geqslant 0{,}7 \cdot 1 \cdot 0{,}75 \cdot 624 = 364 \text{ мм}.$$

Таким образом, принимаем трехзвенную металлическую арочную крепь КМП-А3 с податливостью 400 мм из СВП-22; плотность установки 1,75 рамы/м при дополнительном усилении в зоне влияния

очистного забоя на расстоянии 35 м впереди него (п. 2, *е* разд. III) деревянной стойкой, устанавливаемой под подхват через одну раму.

5. Выработка, сохраняемая для повторного использования

У с л о в и я . Характеристика пород аналогична примеру 1, где $R_{с,кр} = 54{,}5$ МПа, $R_{с,пч} = 40{,}5$ МПа; $R_{ср} = 47{,}5$ МПа, $m = 1{,}2$ м; $H = 800$ м; $S_{св} = 10{,}3$ м^2. Выработка эксплуатируется три года: один до лавы I, второй — на границе с выработанным пространством и третий до погашения лавой II. Выработка за лавой I охраняется органной крепью.

Р е ш е н и е

1. Для выбора основной крепи смещения пород кровли по п. 3, *а* разд. III определяют по формуле (12):

$$U_{кр} = U + k_{кр} \cdot k_s \cdot k_к \cdot U_1 ,$$

где $U_{кр} = 93$ мм (смещения до влияния очистных работ, определяемые по примеру 1); $k_{кр} = 1$ (см. табл. 7 при среднеобрушающейся кровле); $k_s = 1$ (см. табл. 8 при $S_{св} = 10{,}3$ м^2); $k_к = 0{,}44$ (по рис. 5 при $R_{с,пч} = 40{,}5$ МПа и $R_{с,кр} = 54{,}5$ МПа); $U_1 = 570$ мм (по рис. 6 при $R_{ср} = 47{,}5$ МПа и $H_р = 800$ м).

$$U_{кр} = 93 + 1 \cdot 1 \cdot 0{,}44 \cdot 570 = 344 \text{ мм}.$$

2. Расчетную нагрузку на основную крепь определяют в соответствии с п. 3, *б* разд. III по п. 4 разд. II при $U_{кр} = 344$ мм:

$$P = k_п \cdot k_н \cdot k_{пр} \cdot b \cdot P^{н} ,$$

где $k_п = 1$ (см. табл. 4 для магистральных выработок); $k_н = 1$ (п. 4 разд. II); $k_{пр} = 0{,}8$ (табл. 5 при $H_р/R_{ср} = 800/47{,}5 = 16{,}8$); $b = 4{,}12$ м (по условию); $P^{н} = 100$ кПа (см. рис. 4 при $U = 344$ мм).

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 100 = 330 \text{ кН/м}.$$

3. Плотность установки основной крепи определяют в соответствии с п. 3, *б* разд. III по формуле (11):

$$n = P/N_s ,$$

где $P = 330$ кН/м; $N_s = 200$ кН (по прил. 1 для крепи из СВП-22 с замком ЗПК).

$$n = 330/200 = 1{,}65 \text{ рамы/м}.$$

Принимаем большее ближайшее согласно табл. 6 значение $n = 1{,}75$ рамы/м.

4. Суммарная нагрузка на крепь за весь срок существования выработки по общим смещениям кровли составит см. п. 3, *в* разд. III

$$U'_{кр} = U_{кр} + (U_1 \cdot k_к + m \cdot k_{охр}) \cdot k_s \cdot k_{кр} ,$$

где $U_{кр} = 344$ мм (см. ранее); $U_1 = 570$ мм (см. рис. 6 при $R_{ср} = 47{,}5$ МПа и $H_р = 800$ м); $k_к = 0{,}44$; $k_s = 1$; $k_{кр} = 1$ (см. ранее); $m = 1200$ мм (по условию); $k_{охр} = 0{,}2$ (п. 3, *в* разд. III при органной крепи).

$$U'_{кр} = 344 + (570 \cdot 0{,}44 + 1200 \cdot 0{,}2) \cdot 1 \cdot 1 = 835 \text{ мм}.$$

5. Суммарную нагрузку на основную крепь и крепь усиления находят (см. п. 4 разд. II) по формуле (9):

$$P = k_п \cdot k_н \cdot k_{пр} \cdot b \cdot P^н,$$

где $k_п = 1$; $k_н = 1$; $k_{пр} = 0{,}8$; $b = 4{,}12$ м — см. п. 2; $P^н = 145$ кПа (см. рис. 4 вместо U подставляя $U'_{кр} = 835$ мм).

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 145 = 478 \text{ кН/м}.$$

6. Плотность установки крепи усиления, в зонах влияния лав, определяют по п. 1 разд. III, формула (14):

$$n_1 \geqslant \frac{P - n \cdot N_s}{N_{s1}},$$

где $P = 478$ кН/м; $n = 1{,}75$ рамы/м; $N_s = 200$ кН; $N_{s1} = 200$ кН (деревянная стойка усиления по п. 1 разд. III).

$$n_1 \geqslant \frac{478 - 1{,}75 \cdot 200}{200} = 0{,}64 \text{ ст/м}.$$

Учитывая значительные смещения кровли, принимаем $n_1 = 1{,}75$ ст/м, т.е. устанавливаем стойку усиления под каждую раму основной крепи.

7. Тип крепи по податливости выбирают в соответствии с п. 8 разд. II.

$$\Delta \geqslant k_{ос} \cdot k_{анк} \cdot k_{ус} \cdot U'_{кр}$$

где $k_{ос} = 0{,}78$ (см. табл. 6 при $n = 1{,}75$ рамы/м); $k_{анк} = 1$ (анкеры не применяются); $k_{ус} = 0{,}61$ ($n_1 = 1{,}75$ ст/м); $U'_{кр} = 835$ мм.

$$\Delta \geqslant 0{,}78 \cdot 1 \cdot 0{,}61 \cdot 835 = 397 \text{ мм}.$$

Так как паспортная податливость трехзвенной крепи с замком ЗПК составляет 400 мм, т.е. менее расчетного значения, то в данном случае принимаем трехзвенную крепь КМП-А3 из СВП-22 плотностью 1,75 рамы/м, причем в зоне влияния очистных работ (см. п. 3, *д* разд. III) дополнительно используем стойки усиления, устанавливаемые под каждую раму.

6. Выработка, погашаемая одновременно с извлечением целика угля

У с л о в и я . Характеристика пород аналогична примеру 1, где $R_{с.кр} = 54{,}5$ МПа, $R_{с.пч} = 40{,}5$ МПа; $R_{ср} = 47{,}5$ МПа; $m = 1{,}2$ м, $H = 800$ м, $S_{св} = 10{,}3$ м^2. Выработка проходится совместно с другой погашаемой лавой 1, общий срок ее службы три года: один до влияния

лавы I, второй — в зоне влияния оставленного целика шириной $B = 40$ м и третий до погашения лавой II. Основная кровля пласта — среднеобрушающаяся.

Р е ш е н и е.

1. Для выбора плотности основной крепи смещения пород кровли в выработке определяют по п. 4, *а* разд. III:

$$U_{кр} = U + (U_1^{ц} + \Delta U_1^{ц}) k_{кр} \cdot k_s \cdot k_к ,$$

где $U = 93$ мм (см. пример 1); $U_1^{ц} = 70$ мм (см. рис. 10 при $H = 800$ м; $R_{ср} = 47{,}5$ МПа и $B = 40$ м); $k_к = 0{,}44$ (по рис. 5 при $R_{с.кр} = 54{,}5$ МПа и $R_{с.пч} = 40{,}5$ МПа); $\Delta U_1^{ц} = 300$ мм (по рис. 11 при $H = 800$ м, $R_{ср} = 47{,}5$ МПа и $B = 40$ м); $k_{кр} = 1$ (см. табл. 7), $k_s = 1$ (по табл. 8 при $S_{св} = 10{,}3$ м^2).

$$U_{кр} = 93 + (70 + 300) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}44 = 256 \text{ мм}.$$

2. Расчетная нагрузка на основную крепь определяется по п. 4 разд. II по величине смещений 256 мм:

$$P = k_п \cdot k_н \cdot k_{пр} \cdot b \cdot P^{н} ,$$

где $k_п = 1$ (см. табл. 4 для магистральных и других выработокк); $k_н = 1$ (п. 4 разд. II); $k_{пр} = 0{,}8$ (см. пример 1); $b = 4{,}12$ м (по условию); $P^{н} = 82$ кПа (по рис. 4, подставляя вместо U значение $U_{кр} = 256$ мм).

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 82 = 270 \text{ кН/м}.$$

3. Плотность установки основной крепи определяют по п. 7 разд. II:

$$n = P/N_s ,$$

где $P = 270$ кН/м (см. выше); $N_s = 200$ кН для арочной металлической крепи из СВП=22 с замками ЗПК (см. прил. 1).

$$n = 270/200 = 1{,}35 \text{ рамы/м} ,$$

Принимаем плотность 1,5 рамы/м (ближайшее большее значение по табл. 6).

4. Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы выработки определяют так же по величине общих смещений (п. 4, *в* разд. III):

$$U'_{кр} = U_{кр} + U_1^{ц} \cdot k_ц \cdot k_{кр} \cdot k_s \cdot k_к$$

где $U_{кр} = 256$ мм; $U_1^{ц} = 70$ мм (см. ранее); $k_ц = 1{,}15$ (см. табл. 13 при $B = 40$ м); $k_{кр} = 1$; $k_s = 1$; $k_к = 0{,}44$ — см. ранее.

$$U'_{кр} = 256 + 70 \cdot 1{,}15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}44 = 291 \text{ мм}.$$

$P = k_п \cdot k_н \cdot k_{пр} \cdot b \cdot P^{н} = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 92 = 303$ кН/м, где $P^{н} = 92$ кПа (см. рис. 4); $k_п$, $k_н$, $k_{пр}$ и b — см. п. 2 этого примера.

5. Плотность крепи усиления n_1 находят по формуле (14):

$$n_1 \geqslant \frac{P - n \cdot N_s}{N_{s_1}}$$

где $P = 303$ кН/м; $n = 1{,}5$ рамы/м; $N_s = 200$ кН, $N_{s_1} = 200$ кН (для деревянной стойки).

$$n_1 \geqslant \frac{303 - 1{,}5 \cdot 200}{200} \approx 0 \text{ ст/м}.$$

6. Тип крепи по податливости выбирают в соответствии с п. 8 разд. II:

$$\Delta \geqslant k_{\text{ос}} \cdot k_{\text{анк}} \cdot k_{\text{ус}} \cdot U'_{\text{кр}} ,$$

где $k_{\text{ос}} = 0{,}85$ (см. табл. 6 при $n = 1{,}5$ рамы/м); $k_{\text{анк}} = 1$; $k_{\text{ус}} = 1{,}0$ (без крепи усиления); $U'_{\text{кр}} = 291$ мм.

$$\Delta \geqslant 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 291 = 247 \text{ мм}.$$

Принимаем трехзвенную арочную крепь КМП-А3 из СВП-22, имеющую податливость 400 мм, плотность 1,5 рамы/м.

7. Спаренная выработка, разделенная породной полосой, используемая при отработке второй лавы

У с л о в и я . Характеристика пород соответствует примеру 1, где $R_{\text{с.кр}} = 54{,}5$ МПа, $R_{\text{с.пч}} = 40{,}5$ МПа, $R_{\text{ср}} = 47{,}5$ МПа, $m = 1{,}2$ м, $H = 800$ м; $S_{\text{св}} = 10{,}3$ м^2. Остальные условия аналогичны примеру 6.

Р е ш е н и е .

1. Определяем смещения пород кровли для выбора основной крепи (п. 5, *а* разд. III):

$$U_{\text{кр}} = 0{,}8(U + k_{\text{кр}} \cdot k_s \cdot k_{\text{к}} \cdot U_1^*) ,$$

где $U = 93$ мм (см. пример 1); $U_1 = 570$ мм (на рис. 6 при $R_{\text{ср}} = 47{,}5$ МПа и $H_{\text{р}} = 800$ м), $k_{\text{кр}} = 1$ (см. табл. 7); $k_s = 1$ (см. табл. 8); $k_{\text{к}} = 0{,}44$ (по рис. 5 при $R_{\text{с.кр}} = 54{,}5$ МПа и $R_{\text{с.пч}} = 40{,}5$ МПа).

$$U_{\text{кр}} = 0{,}8(93 + 1 \cdot 1 \cdot 0{,}44 \cdot 570) = 275 \text{ мм}.$$

2. Определяют нагрузку на основную крепь выработки по п. 4 разд. II при $U = 275$ мм:

$$P = k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot b \cdot P^{\text{н}} ,$$

где $k_{\text{п}} = 1{,}0$; $k_{\text{н}} = 1$; $k_{\text{пр}} = 0{,}8$ (см. пример 1); $b = 4{,}12$ м (там же), $P^{\text{н}} = 90$ кПа;

$$P = 1{,}0 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 90 = 237 \text{ кН/м}.$$

3. Плотность основной крепи определяют по п. 7 разд. II:

$$n = P/N_s ,$$

где $P = 297$ кН/м; $N_s = 200$ кН (см. прил. 1 для крепи из СВП-22 с замками ЗПК).

$$n = 297/200 = 1{,}49 \text{ рамы/м} .$$

Принимаем $n = 1{,}5$ рамы/м.

4. Суммарные смещения за весь срок существования выработки определяют по п. 5, *в* разд. III:

$$U'_{кр} = U_{кр} + (U_1 \cdot k_к + 0{,}8k_{охр} \cdot m) \cdot k_s \cdot k_{кр},$$

где $U_{кр} = 275$ мм, $U_1 = 570$ мм, $k_к = 0{,}44$; $k_s = 1$; $k_{кр} = 1$, — см. п. 1 этого примера, $m = 1200$ м (по условию); $k_{охр} = 0{,}4$ (см. п. 3, в разд. III для породных полос).

$$U'_{кр} = 275 + (570 \cdot 0{,}44 + 0{,}8 \cdot 0{,}4 \cdot 1200) \cdot 1 \cdot 1 = 910 \text{ мм}.$$

5. Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы выработки определяют по п. 4 разд. II, — $U'_{кр}$ принимают 910 мм:

$$P = k_п \cdot k_н \cdot k_{пр} \cdot b \cdot P^н,$$

где $k_п = 1{,}0$ (см. табл. 4 при $U'_{кр} = 910$ мм); $k_н = 1$; $k_{пр} = 0{,}8$; $b = 4{,}12$ м — см. п. 2 этого примера. $P^н = 147$ кПа (по рис. 4 при $U'_{кр} = 910$ мм).

$$P = 1{,}0 \cdot 0{,}8 \cdot 4{,}12 \cdot 147 = 485 \text{ кН/м}.$$

6. Плотность крепи усиления n_1 определяют по формуле (14):

$$n_1 \geqslant \frac{P - n \cdot N_s}{N_{s1}},$$

где $P = 485$ кН/м; $n = 1{,}5$ рамы/м, $N_s = 200$ кН; $N_{s1} = 200$ кН (при деревянной стойке усиления, п. 1 разд. III.

$$n_1 \geqslant \frac{485 - 1{,}5 \cdot 200}{200} = 0{,}93 \text{ рамы/м}.$$

Принимаем $n_1 = 1{,}5$ ст/м, т.е. при установке стойки усиления под каждую раму.

7. Выбираем тип крепи по податливости (см. п. 8, разд. II):

$$\Delta \geqslant k_{ос} \cdot k_{анк} \cdot k_{ус} \cdot U'_{кр},$$

где $k_{ос} = 0{,}85$, $k_{анк} = 1$; $k_{ус} = 0{,}62$ — по табл. 6, $U'_{кр} = 910$ мм.

$$\Delta \geqslant 0{,}85 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 910 = 480 \text{ мм}.$$

Принимаем пятизвенную арочную крепь КМП-А5 из СВП-22 с ножкой 700 мм, имеющую податливость 600 мм, плотность 1,5 рамы/м. В зоне влияния очистных работ под каждую раму крепи следует подбивать деревянную стойку усиления.

Примечание. Если на шахте нет пятизвенной крепи, то допускается использовать трехзвенную КМП-А3 с податливостью 400 мм. Для безремонтного поддержания такой крепи следует увеличить плотность установки стоек усиления. Количество стоек на 1 м выработки можно найти обратным пересчетом из выражения:

$$\Delta = k_{ос} \cdot k_{анк} \cdot k_{ус} \cdot U'_{кр}.$$

$$k_{ус} = \frac{\Delta}{U'_{кр} \cdot k_{ос} \cdot k_{анк}},$$

где Δ — податливость трехзвенной крепи КМП-А3, равная 400 мм; $U_{кр} = 910$ мм; $k_{ос} = 0{,}85$, $k_{анк} = 1$ (см. ранее).

$$k_{ус} = \frac{400}{910 \cdot 0{,}85 \cdot 1} = 0{,}52.$$

Значение $k_{ус} = 0{,}50$ соответствует $n_1 = 3$ ст/м (см. табл. 6). Таким образом, если на 1 м выработки приходится по 3 стойки усиления, устанавливаемых под прогон, то допускается применять крепь КМП-А3 плотностью 1,5 рамы/м.

8. Выработка, проводимая (оформляемая) за очистным забоем в выработанном пространстве на границе с ранее отработанным смежным выемочным столбом

Условия аналогичны примеру 1. Мощность пласта угля 1,2 м, кровля среднеобрушающаяся, $S_{св} = 10{,}3$ м^2, $H_р = 800$ м, $R_{ср} = 47{,}5$ МПа, $b = 4{,}12$ м. Выработка охраняется бутокострами.

Решение

1. Определяем смещения пород кровли по п. 6, *а* разд. III:

$$U_{кр} = 1{,}5U + mk_{охр} \cdot k_{кр} \cdot k_s,$$

где $U = 93$ мм (см. пример 1); $k_{охр} = 0{,}3$ (по табл. 11, п. 1 разд. III); $k_{кр} = 1$ (как у среднеобрушающейся, см. табл. 7, п. 1 разд. III); $k_s = 1$ (см. табл. 8, п. 1, *а* разд. III).

$$U_{кр} = 1{,}5 \cdot 93 + 1200 \cdot 0{,}3 \cdot 1 \cdot 1 = 140 + 360 = 500 \text{ мм}.$$

2. Расчетную нагрузку на крепь находим по п. 4 разд. II при подстановке вместо U значения $U_{кр} = 500$ мм:

$$P = k_п \cdot k_н \cdot k_{пр} \cdot b \cdot P^н,$$

где $k_п = 1$ (см. табл. 4); $k_н = 1$ (п. 4, разд. II), $k_{пр} = 1$ (выработку проводят по обрушенным породам), $b = 4{,}12$ м (по условию задачи), $P^н = 115$ кПа (см. рис. 4).

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}12 \cdot 115 = 474 \text{ кН/м}.$$

3. Плотность установки рам крепи определяем в соответствии с п. 6 и 7 разд. II. Принимаем трапециевидную крепь из СВП-22 с замками ЗПК, несущая способность которой равна 200 кН (см. прил. 1).

$$n = P/N_с = 474/200 = 2{,}37 \text{ рамы/м}.$$

Принимаем ближайшее большее значение по табл. 6 $n = 2{,}5$ рамы/м.

4. Тип крепи по податливости выбирают в соответствии с п. 8 разд. II:

$$\Delta \geqslant k_{ос} \cdot k_{анк} \cdot k_{ус} U_{кр},$$

где $k_{ос} = 0{,}6$ (см. табл. 6, при $n = 2{,}5$ рамы/м); $k_{анк} = 1$; $k_{ус} = 1$

(см. табл. 6, соответственно анкерование кровли и средства усиления крепи отсутствуют); $U_{кр} = 500$ мм.

$$\Delta \geqslant 0{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 500 = 300 \text{ мм}.$$

Принимаем трапециевидную крепь типа КМП-Т(П). Плотность ее установки в выработке $n = 2{,}5$ рамы/м.. Податливость этой крепи ($\Delta = 700$ мм) превышает расчетное смещение пород, составляющее 300 мм.

9. Выработка вне влияния очистных работ в условиях крутого падения

У с л о в и я . Откаточный штрек шириной $b = 4$ м, высотой $h = 3$ м, сечением в свету $S = 10$ м^2 пройден буровзрывным способом по пласту мощностью $m_3 = 2$ м с углом падения $\alpha = 60°$ (рис. 17).

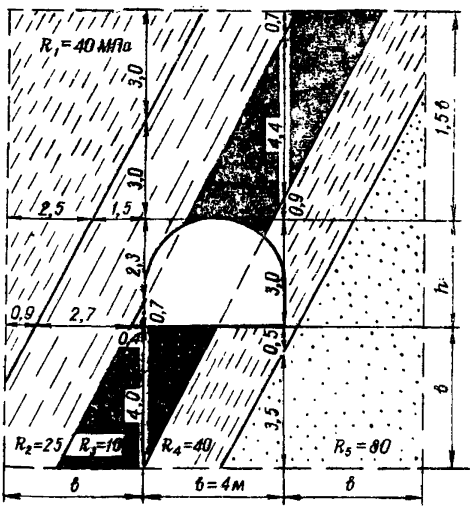

Рис. 17. Расчетная схема к примеру 9

В основной кровле залегает алевролит мощностью 5,5 м и прочностью $R_1 = 40$ МПа. Непосредственная кровля — аргиллит, $R_2 = 25$ МПа, $m_2 = 2{,}5$ м. Прочность угля $R_3 = 10$ МПа. В непосредственной почве залегает алевролит, $R_4 = 40$ МПа, $m_4 = 2{,}0$ м. Ниже расположен мощный песчаник, $R_5 = 80$ МПа. Срок службы выработки 10 лет, глубина $H = 600$ м, тектоническая нарушенность незначительная, обводненность слабая.

Р е ш е н и е .

1. Определяем расчетную прочность пород в кровле, почве и боках

в соответствии с п. 8 разд. I, приняв согласно п. 5 разд. I коэффициент $k_c = 0{,}9$.

$$R_{кр} = \frac{40 \cdot 3 + 25 \cdot 5{,}3 + 10 \cdot 0{,}7 + 25 \cdot 0{,}7 + 10 \cdot 4{,}4 + 40 \cdot 3{,}9}{3 + 5{,}3 + 0{,}7 + 0{,}7 + 4{,}4 + 3{,}9} = 26{,}5 \text{ МПа}.$$

$$R_{с.кр} = R_{кр} \cdot \gamma / k_c = 26{,}5 \cdot 0{,}9 = 24 \text{ МПа}.$$

$$R_{пч} = \frac{25 \cdot 2{,}3 + 10 \cdot 4{,}7 + 40 \cdot 3{,}5 + 80 \cdot 3{,}5}{2{,}3 + 4{,}7 + 3{,}5 + 3{,}5} = 37{,}5 \text{ МПа}.$$

$$R_{с.пч} = R_{пч} k_c = 37{,}5 \cdot 0{,}9 = 34 \text{ МПа}.$$

Расчетную прочность пород в боку выработки определяем слева там, где они наиболее слабые.

$$R_б = \frac{40 \cdot 2{,}5 + 25 \cdot 1{,}5 + 40 \cdot 0{,}9 + 25 \cdot 2{,}7 + 10 \cdot 0{,}4}{2{,}5 + 1{,}5 + 0{,}9 + 2{,}7 + 0{,}4} = 30{,}6 \text{ МПа}.$$

$$R_{с.б} = R_б \cdot k_c = 30{,}6 \cdot 0{,}9 = 27{,}5 \text{ МПа}.$$

2. Находим смещения пород по формуле (4):

$$U = k_a \cdot k_\theta \cdot k'_s \cdot k_h \cdot k_t \cdot U_т,$$

при следующих значениях коэффициентов: $k_a = 0{,}6$ (см. табл. 2); $k_\theta = 1$ для кровли и почвы и $k_\theta = 1{,}5$ для боков (там же); $k'_s = 0{,}6$ для кровли и почвы и $k'_s = 0{,}4$ для боков, — по формулам (5) и (6). Из рис. 2 находим $U_т^{кр} = 420$ мм, $U_т^{п} = 220$ мм, $U_т^{б} = 360$ м; $k_в = 1$; $k_t = 1$ (см. рис. 3 при $H_р / R_{с.кр} = 25$ и $t = 10$ лет).

По формуле (4) получим.

$$U_{кр} = 0{,}6 \cdot 1 \cdot 0{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 420 = 151 \text{ мм};$$
$$U_{пч} = 0{,}6 \cdot 1 \cdot 0{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 220 = 79 \text{ мм};$$
$$U_б = 0{,}6 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 360 = 130 \text{ мм};$$
$$U_{общ} = 151 + 79 = 230 \text{ мм}.$$

3. Определяем расчетную нагрузку P по формуле (9):

$$P = k_п \cdot k_н \cdot k_{пр} \cdot b \cdot P^н$$

при значениях $b = 4$ м; $k_п = 1{,}05$ (см. табл. 4); $k_н = 1$; $k_{пр} = 1$ (п. 4 разд. II); $P^н = 60$ кПа (определено по рис. 4 при $U_{кр} = 151$ мм). Получаем $P = 1{,}05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 60 = 250$ кН/м.

4. Выбираем четырехзвенную крепь КМП-А4 из СВП-22, $N_s = 200$ кН, податливость в вертикальном и горизонтальном направлениях 400 и 300 мм (см. прил. 1). Тогда плотность крепи должна составлять:

$$n = P / N_s = 250 / 200 = 1{,}25 \text{ рамы/м}.$$

5. Проверяем выбранную крепь по податливости по формуле (23) при $k_{ос} = 0{,}9$; $k_{анк} = 1$; $k_{ус} = 1$ (по табл. 6). Имеем:

$$0{,}7 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 230 = 145 \text{ мм} < \Delta.$$

10. Выработка, подверженная влиянию очистного забоя и погашаемая за ним в условиях крутого падения

Условия аналогичны примеру 9. Кровля легкообрушаемая. По условиям указанного примера основной крепью выбрана КМП-А4, $n = 1{,}25$ рамы/м.

Решение

1. Определяем смещения по формулам (24) и (25):

$$U_{кр} = U + U_1 k_{кр} \cdot k_s \cdot k'_\alpha \cdot k_к;$$

$$U_п = U + U_1 \cdot k_{кр} \cdot k_s \cdot k'_\alpha (1 - k_к);$$

при $U = 151$ мм для кровли и 79 мм для почвы (см. пример 9); $K_{кр} = 0{,}8$ (см. табл. 7); $k_s = 1$ (см. табл. 8); $k_к = 0{,}57$ (по рис. 5 при $R_{с,кр} = 24$ МПа и $R_{с,п} = 34$ МПа из примера 9); $k'_\alpha = 1$ (по п. 3 разд. IV при $\alpha = 60°$); $U_1 = 260$ мм (по рис. 12 при $H = 600$ м и $R_{ср} = 29$ МПа).

Имеем: $U_{кр} = 151 + 260 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}57 = 270$ мм;
$U_п = 79 + 260 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}43 = 168$ мм;
$U_{общ} = 438$ мм.

2. Определяем расчетную нагрузку P по формуле (9) при $P^н = 82$ кПа (по рис. 4 при $U_{кр} = 270$ мм); $k_п = 1$; $k_н = 1$; $k_{пр} = 1$ (см. п. 4, разд. II), $b = 4$ м. Таким образом, $P = 328$ кН/м.

3. По формуле (26) находим плотность крепи усиления при параметрах основной крепи, аналогичных примеру 9. В качестве крепи усиления выбираем гидравлические стойки типа ГС, $N_{s_1} = 250$ кН.

$$n_1 = \frac{328 - 1{,}25 \cdot 200}{250} = 0{,}31 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n_1 = 0{,}3$ ст/м, т.е. стойки усиления следует ставить под каждую четвертую раму под общий прогон.

4. Проверяем крепь по податливости с помощью формулы (23) при $k_{ос} = 0{,}9$, $k_{анк} = 1$, $k_{ус} = 0{,}95$ (в соответствии с табл. 6).

$$0{,}7 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}95 \cdot 438 = 260 \text{ мм} < \Delta.$$

11. Выработка, сохраняемая для повторного использования в условиях крутого падения

Условия аналогичны примерам 9 и 10. Срок службы выработки под влиянием остаточного опорного давления первого очистного забоя 1 год.

Решение

1. Определяем смещения по формулам (27) и (28):

$$U_{кр} = U + [(U_1 + U_2)k_к + k'_{охр} \cdot m] \cdot k_{кр} \cdot k_s \cdot k'_а;$$

$$U_{пч} = U + [(U_1 + U_2)(1 - k_к) + V_1^{ост} \cdot t_1] \cdot k_{кр} \cdot k_s \cdot k'_а,$$

где U, $U_1 = U_2$, $k_{кр}$, k_s, $k'_а$, $k_к$ по величине такие же, как в примере 10, $k'_{охр} = 0{,}12$ (по п. 4 разд. IV для деревянной органной крепи); $V_1^{ост} = 26$ мм/мес (по рис. 13 при $H_р = 600$ мм и $R_{ср} = 29$ МПа).

$U_{кр} = 151 + [(260+260) \cdot 0{,}57+0{,}12 \cdot 2000] \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 = 580$ мм.

$U_{пч} = 79 + [(260+260) \cdot 0{,}43+26 \cdot 12] \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 = 508$ мм.

$U_{общ} = 1088$ мм.

2. Определяем расчетную нагрузку P по формуле (9) при $P^н = 120$ кПа (см. рис. 4 при $U_{кр} = 580$ мм), $k_п$, $k_н$, $k_{пр} = 1$. Получим $P = 480$ кН/м.

3. Определяем плотность крепи усиления при параметрах основной крепи и крепи усиления согласно примеру 10:

$$n_1 = \frac{480 - 1{,}25 \cdot 200}{250} = 0{,}9 \text{ ст/м}.$$

Таким образом, под каждые четыре рамы основной крепи подбивается прогон на трех стойках крепи усиления.

4. Проверяем податливость крепи по формуле (31) при $U_{общ} = 1088$ мм, $k_{ос} = 0{,}9$; $k_{анк} = 1$; $k_{ус} = 0{,}75$ (по табл. 6). Получим $0{,}9 \cdot 0{,}75 \cdot 1088 = 734$ мм. Эта величина более чем в 1,5 раза превышает конструктивную податливость выбранной основной крепи. Чтобы паспорт охраны удовлетворял по податливости условию формулы (31), необходимо увеличить плотность основной и усиливающей крепей соответственно до 2 рам/м и 2,5 ст/м. В результате $k_{анк} = 1$; $k_{ус} = 0{,}55$; $k_{ос} = 0{,}7$ (см. табл. 6), и тогда

$$0{,}7 \cdot 1 \cdot 0{,}55 \cdot 1088 = 419 \text{ мм} \simeq \Delta.$$

12. Выработка, проводимая и поддерживаемая вприсечку в условиях крутого падения

Условия аналогичны примеру 9. Кровля легкообрушающаяся срок службы 2 года.

Решение.

1. Определяем смещения по формулам (32) и (33):

$$U_{кр} = (U'_{пр} \cdot k_{пг} + U_2) \cdot k_к \cdot k_{кр} \cdot k_s \cdot k'_а,$$

$$U_{пч} = [(U'_{пр} \cdot k_{пр} + U_2)(1 - k_к) + V_1^{ост} \cdot t] \cdot k_{кр} \cdot k_s \cdot k'_а$$

при значениях U_2, $k_к$, $k_{кр}$, k_s, k'_a, $V_1^{ост}$ таких же, как в предыдущих примерах, т.е. $U_2 = 260$ мм; $k_к = 0{,}57$; $k_{кр} = 0{,}8$; $k_{пр} = 1$; $k_s = 1$; $k'_a = 1$; $V_1^{ост} = 26$ мм/мес; $U'_{пр} = 110$ мм (см. рис. 14 при $H_р = 600$ м, $R_{ср} = 29$ МПа).

Получим $U_{кр} = (110 \cdot 1 + 260) \cdot 0{,}57 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 = 169$ мм;

$U_{пч} = [(110 \cdot 1 + 260) \cdot 0{,}43 + 26 \cdot 24] \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 626$ мм;

$U_{общ} = 795$ мм.

2. Определяем P по формуле (9) при $P^н = 60$ кПа (по рис. 4 при $U_{кр} = 169$ мм); $k_п = 1{,}05$; $k_н = 1$; $k_{пр} = 1$. Имеем $P = 250$ кН/м.

3. Выбираем такую же основную крепь, как в примере 9 ($n = 1{,}25$ рамы/м), не нуждающуюся в усилении.

4. Проверяем податливость крепи по формуле (23) при $k_{ос} = 0{,}9$; $k_{анк} = 1$; $k_{ус} = 1$.

Получим $0{,}7 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 795 = 500$ мм.

Поскольку условие формулы (23) не выполняется, необходимо применить крепь усиления с плотностью порядка 0,8 ст/м. В этом случае будем иметь $k_{ус} = 0{,}8$, тогда $0{,}7 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 795 = 400$ мм $\gamma\, \Delta$.

13. Вентиляционный штрек, проводимый и поддерживаемый за забоем в выработанном пространстве с помощью бутовой полосы в условиях крутого падения

Условия аналогичны примерам 9 и 10. Срок службы 2 года.

Решение

1. Определяем общие смещения пород по формуле (34) при $V_0 = 7$ мм/мес (см. рис. 15 при $H_р = 600$ м и $R_{ср} = 29$ МПа); $k_{кр} = 0{,}8$; $k_s = 1$; $k_a = 1$.

Имеем: $U_{общ} = (0{,}2 \cdot 2000 + 7 \cdot 24) \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 = 455$ мм.

2. Определяем P по формуле (9) при $P^н = 108$ кПа (см. рис. 4) и влияющих коэффициентах, равных 1. Получаем $P = 432$ кН/м.

Принимаем такую же крепь, как в предыдущих примерах с $N_s = 200$ кН и Δ до 400 мм. Необходимая плотность крепи будет:

$$n = P/N_s = 432/200 = 2{,}2 \text{ рамы/м}.$$

Проверка крепи на податливость по формуле (31) при $k_{ос} = 0{,}65$ (см. табл. 6), $k_{ус} = 1$, $k_{анк} = 1$ дает результат $0{,}65 \cdot 432 = 280$ мм. Следовательно, такая плотность основной крепи обеспечит поддержание выработки в течение всего срока службы без применения крепи усиления.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
I. Основные исходные данные и расчетные положения . . . 4
II. Расчет параметров рамной податливой крепи в выработках вне влияния очистных работ 7
III. Расчет параметров рамной податливой крепи выработок, расположенных в зоне влияния очистных работ на пологих и наклонных пластах 14
IV. Расчет параметров рамной податливой крепи в выработках на крутонаклонных и крутых пластах 25
Приложение 1. Характеристика металлических податливых крепей 30
Приложение 2. Примеры выбора типа и параметров крепей в выработках 32
1. Выработка, проводимая вне влияния очистных работ в условиях пологого падения 32
2. Выработка, проводимая по обрушенным породам 34
3. Выработка, погашаемая за очистным забоем одиночной лавы 35
4. Выработка, проводимая вприсечку без оставления угольной полосы 36
5. Выработка, сохраняемая для повторного использования 38
6. Выработка, погашаемая одновременно с извлечением целика угля 39
7. Спаренная выработка, разделенная породной полосой, используемая при отработке второй лавы . . . 41
8. Выработка, проводимая (оформляемая) за очистным забоем в выработанном пространстве на границе с ранее отработанным смежным выемочным столбом 43
9. Выработка вне влияния очистных работ в условиях крутого падения 44
10. Выработка, подверженная влиянию очистного забоя и погашаемая за ним в условиях крутого падения 46
11. Выработка, сохраняемая для повторного использования в условиях крутого падения 46
12. Выработка, проводимая и поддерживаемая вприсечку в условиях крутого падения 47
13. Вентиляционный штрек, проводимый и поддерживаемый за забоем в выработанном пространстве с помощью бутовой полосы в условиях крутого падения 48

Составители

Н. П. Бажин, Ю. М. Басинский, В. Ф. Богомолов, Е. А. Иванов, Ю. П. Коренной, О. И. Мельников, М. П. Морозов, Л. К. Нейман, В. В. Райский, В. Н. Рева, Н. М. Садыков (ВНИМИ)

П. И. Гнеушев, С. А. Логашкин, Н. И. Мельников (ИГД им. А. А. Скочинского)

Г. С. Костин, Ю. Н. Кулаков (Госгортехнадзор СССР)

И. В. Тартынский (Минуглепром СССР)

Редактор *Е.М. Платонова*
Технический редактор *М.А. Тарасенко*
Художественный редактор *Н.С. Чистякова*
Корректор *А.А. Зайцева*

Сдано в набор 8.10.86 г. Подписано к печати 20.11.86 г. М28728
Формат бумаги 60×90/16. Печ. л. 3. Тираж 3000. Заказ 93. Бесплатно.
Печатный цех ВНИМИ

УДК 622.281.5:624.046

Инструкция по выбору рамной металлической податливой крепи горных выработок. — Л.: 1986. — 50 с. (М-во угольной пром-сти СССР. ВНИИ горн. геомех. и маркшейд. дела)

СМЕЩЕНИЯ, РАСЧЕТНАЯ НАГРУЗКА, ВЫРАБОТКИ, ПЛОТНОСТЬ УСТАНОВКИ КРЕПИ, ТИП КРЕПИ

В Инструкции регламентирован порядок определения расчетных смещений пород и в соответствии с полученными результатами показаны расчет необходимой несущей способности рамной металлической податливой крепи для выработок и выбор необходимой плотности установки рам и средств усиления.

Область применения — расчет и выбор крепи горных выработок, находящихся в различных условиях поддержания вне и в зоне влияния очистных работ при разработке пологих, наклонных, крутонаклонных и крутых пластов на различной глубине.

Даны примеры расчета и выбора плотности установки и типов крепи для выработок в различных условиях.

Применение Инструкции обязательно на всех угольных шахтах.

Ил. 17, табл. 17.

gost.e-ecolog.ru