ВНИМИ

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ВЫБОРУ РАМНЫХ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

1991

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

СОГЛАСОВАНА
с Госпроматомнадзором СССР
Протокол от 18.03.91 г.

УТВЕРЖДЕНА
Министерством угольной промышленности СССР
30.04.91 г.

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ВЫБОРУ РАМНЫХ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Издание второе, переработанное и дополненное

С.-ПЕТЕРБУРГ
1991

УДК 622.281.5:624.046

Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб, 1991. — 125 с. Науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела).

Регламентирован порядок расчета и выбора крепей выработок угольных шахт, находящихся вне зоны влияния очистных работ при разработке одиночных и сближенных пологих, наклонных, крутонаклонных и крутых пластов.

В полном соответствии с настоящей Инструкцией во ВНИМИ разработана программа для ЭВМ. Входные параметры в программу для конкретных условий шахты или группы шахт должны быть согласованы техническим руководством предприятий с ВНИМИ. Пользование другими программами по данной Инструкции не разрешается.

Применение Инструкции обязательно на всех угольных шахтах. С введением ее в действие отменяется Инструкция по выбору рамной металлической податливой крепи горных выработок (Л.: ВНИМИ, 1986).

Ил. 34, табл. 50.

© Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела ВНИМИ. 1991.

I. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУКЦИИ

1. Инструкция распространяется на горизонтальные и наклонные (с углом падения до 35°) выработки шириной в свету не более 6 м, сечением до 20 м^2, с любым расположением относительно залегания пород, при обычных способах проходки и крепления выработок, на глубине до 1200 м, при различных бесцеликовых способах охраны выработок.

В условиях, отличающихся от указанных, и в частности, при ширине выработки от 6 до 8 м, сечении более 20 м^2, глубине расположения свыше 1200 м и при слоевой выемке мощных пологих пластов, выбор крепи должен производиться на основании инструктивно-методических документов, а при их отсутствии — на основании рекомендаций ВНИМИ и бассейновых технологических НИИ.

2. По Инструкции крепь выбирают из расчета надежного поддержания кровли от обрушения. Мероприятия по борьбе с пучением пород в выработках следует принимать согласно разделу VIII и приложениям 1.7; 3; 4, а также на основании действующих инструктивно-методических документов и рекомендаций специализированных организаций.

3. Инструкция распространяется на крепи, соответствующие утвержденным техническим условиям. Применение других, в том числе новых крепей до утверждения условий допускается по согласованию с ИГД им. А. А. Скочинского.

Примечание. Инструкция составлена 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).

II. ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4. Порядок выбора размеров сечений и расчета параметров крепи для конкретной горной выработки следующий:

а) выбирают размеры расчетного поперечного сечения выработки в свету, учитывая требования по условиям транспорта, вентиляции, водоотлива и общие компоновочные решения;

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

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

г) по величине максимальных смещений пород на контуре выработки определяют нормативную и расчетную нагрузки на крепь, выбирают ее тип, конструкцию и с учетом сопротивления рамной крепи рассчитывают плотность установки;

д) если смещения породы почвы более допустимой величины по технологическим требованиям, то необходимы мероприятия по уменьшению смещений пород (подрывка, обратный свод, анкерование, упрочнение пород, разгрузка массива и т. п.);

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

ж) по типовым проектам выработок с учетом требуемых размеров в свету и в проходке выбирают наиболее близкое сечение выработки.

5. Глубину расположения выработки от поверхности H принимают равной фактическому значению. Для наклонных выработок параметр H принимают по участкам при изменении глубины на 50 м.

6. Расчетное сопротивление сжатию слоев пород в массиве определяют с учетом нарушенности массива по формуле:

$$R_c = Rk_c, \qquad (1)$$

где R — среднее значение сопротивления пород одноосному сжатию в образце, устанавливаемое по результатам испытаний при естественной влажности пород, а для обводненных пород — по результатам испытаний образцов во влажном состоянии. (При определении прочности пород с помощью коэффициента крепости по М. М. Протодьяконову f пересчет в МПа производят по формуле: $R = 10f$. Формула справедлива при $f \geqslant 3$); K_c — коэффициент, учитывающий нарушенность массива пород.

Значения k_c определяют в зависимости от тектонической нарушенности места их расположения в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

Тектоническая нарушенность места расположения выработки	k_c
Пликативные нарушения с радиусом более 300 м или дизъюнктивные — на расстоянии свыше $4N$ (N — нормальная амплитуда нарушений до 10 м), т. е. вне зоны влияния нарушений	0,9
Пликативные нарушения с радиусом от 300 до 100 м или в зоне влияния дизъюнктивного нарушения на расстояниях от него $4N \ldots 1N$.	0,6
Непосредственно в дизъюнктивных нарушениях на расстояниях от них менее $1N$, в том числе в замках тектонических нарушений и на участках их пересечений	0,3

При определении R_c для выработок, расположенных в пластичных глинистых и в многолетнемерзлых породах, следует принимать $k_c = 1$.

7. В случае длительной технологической обводненности сухих выработок (например, затопление) сопротивление пород сжатию снижают для песчаников, алевролитов и аргиллитов соответственно на 20, 40 и 50 %.

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

Усредненное значение расчетного сопротивления пород сжатию определяют по формуле:

$$R_{c.\,ср} = \frac{R_{c_1} m_1 + R_{c_2} m_2 + \cdots + R_{c_n} m_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}, \qquad (2)$$

где $R_{c_1}, \ldots, R_{c_n}$ — расчетное сопротивление слоев пород сжатию, МПа; $m_1, \ldots, m_n$ — мощность слоев пород, м.

Для выработок, проведенных по напластованию в условиях пологих и наклонных пластов и вкрест напластования при любом залегании, $R_{c.\,ср}$ определяют по формуле (2) для кровли с охватом

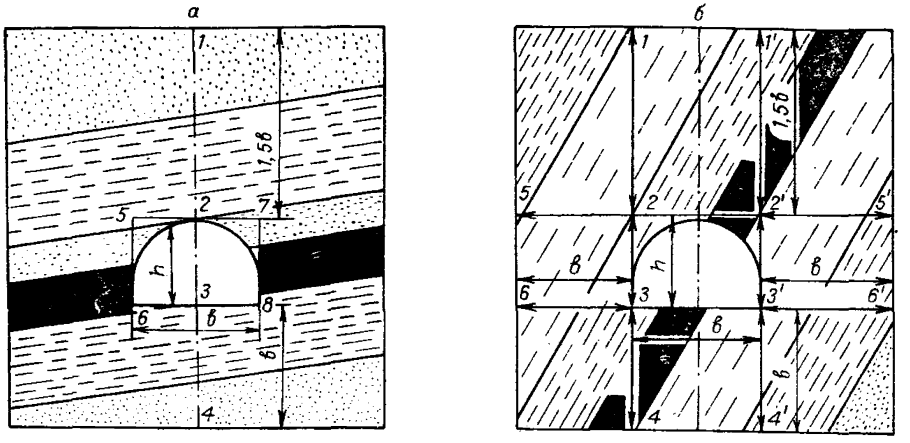


Рис. 1. Схемы к определению расчетного сопротивления пород сжатию:

а — пологое и наклонное, *б* — крутонаклонное и крутое падение

пород по вертикальной линии *1—2*, для почвы — по линии *3—4*, для боков — с усреднением по линиям *5—6* и *7—8* (см. рис. 1, *а*).

Для выработок, проведенных по напластованию в условиях крутонаклонного и крутого падения пластов, $R_{с.ср}$ определяют также по формуле (2) с охватом пород для кровли по линиям *1—2* и *1'—2'*, для почвы *3—4* и *3'—4'*, для боков по линиям *2—5* и *3—6* или *2'—5'* и *3'—6'* для каждой стороны выработки отдельно (см. рис. 1, *б*).

Примечания: а. Если в кровле или почве выработки залегает слой однородных пород мощностью 2 м и более, то расчет производят по фактической прочности этих слоев без учета пород, расположенных выше (в кровле) или ниже (в почве) этого слоя.

б. В случаях резкого изменения литологического состава пород кровли (в зонах размывов) необходимо расчет их смещений производить с учетом изменившейся прочности согласно п. 8.

в. При больших разбросах значений m и $R_с$, приводимых в структурно-геологических колонках, необходимо принимать средние значения, если невозможно их уточнить.

9. Расчетное сопротивление пород сжатию по длине выработки определяют исходя из ее разделения на участки с учетом требований:

к одному участку относят все пересекаемые выработкой слои (пласты) мощностью более 0,5 м, значения $R_с$ которых колеблются в пределах до 30 %; для этого участка $R_{с.ср}$ определяют по формуле (2);

при объединении смежных участков, значения $R_{с.ср}$ которых отличаются более чем на 30 %, $R_{с.ср}$ объединенного участка следует принимать по наименьшему значению $R_{с.ср}$ объединяемых участков.

10. Для выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ, дополнительно определяют расчетное сопротивление пород сжатию $R_{с.ср}$, как средневзвешенное из вычисленных значений $R_с$ по формуле (2) для кровли и почвы (по линии *1—2—3—4* для условий пологого и наклонного падения — см. рис. 1, *а* и по линиям *1—2—3—4* и *1′—2′—3′—4′* для условий крутонаклонного и крутого падения — см. рис. 1, *б*).

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

Полевые и пластовые выработки

11. Основную рамную податливую крепь незамкнутой формы в горных выработках выбирают по величинам расчетных смещений пород кровли $U_{о.кр}$, оцениваемых на основании расчетного сопротивления пород кровли сжатию $R_{с.кр}$. Выбор основной рамной податливой замкнутой крепи с обратным сводом производят по наибольшей величине смещений пород кровли, почвы или боков, $U_{кр}$, $U_{пч}$, $U_{б}$, оцениваемых по расчетному сопротивлению пород сжатию $R_{с.кр}$, $R_{с.пч}$ или $R_{с.б}$.

Выбор средств усиления основной крепи производят по величинам максимальных смещений пород кровли и почвы за весь срок службы выработки на основании средневзвешенных значений расчетного сопротивления сжатию пород кровли и почвы $R_{с.ср}$ (см. п. 10).

Определение смещений пород на контуре выработки*

12. Смещения пород кровли, почвы или боков в горизонтальных и наклонных выработках, поддерживаемых вне влияния очистных работ (соответственно $U_{о.кр}$, $U_{о.пч}$, $U_{о.б}$), рассчитывают по формулам:

$$\begin{aligned} U_{о.кр} &= U_{т.кр} k_{\alpha} k_{ш} k_{в} k_{l}, \\ U_{о.пч} &= U_{т.пч} k_{\alpha} k_{ш} k_{в} k_{l}, \\ U_{о.б} &= U_{т.б} k_{\alpha} k_{\theta} k_{ш} k_{в} k_{l}, \end{aligned} \qquad (3)$$

где $U_{т.кр}$, $U_{т.пч}$, $U_{т.б}$ — смещения пород, определяемые по графикам (рис. 2) в зависимости от расчетного значения $R_{с}$ пород кровли, почвы или каждого из боков и глубины расположения выработки H**; k_{α} — коэффициент влияния угла залегания пород и направления проходки выработки относительно напластования пород, определяемый по табл. 2; k_{θ} — коэффициент, характеризующий влияние направления смещения пород; для боковых

* Для горно-геологических и горно-технических условий, не учитываемых графиками $U = f(R_{с}, H)$, оценивать смещения пород, скорости смещений пород и другие геомеханические параметры следует путем экстраполяции графиков по согласованию с ВНИМИ.

** Общие смещения пород кровли и почвы $U_{общ} = U_{о.кр} + U_{о.пч}$

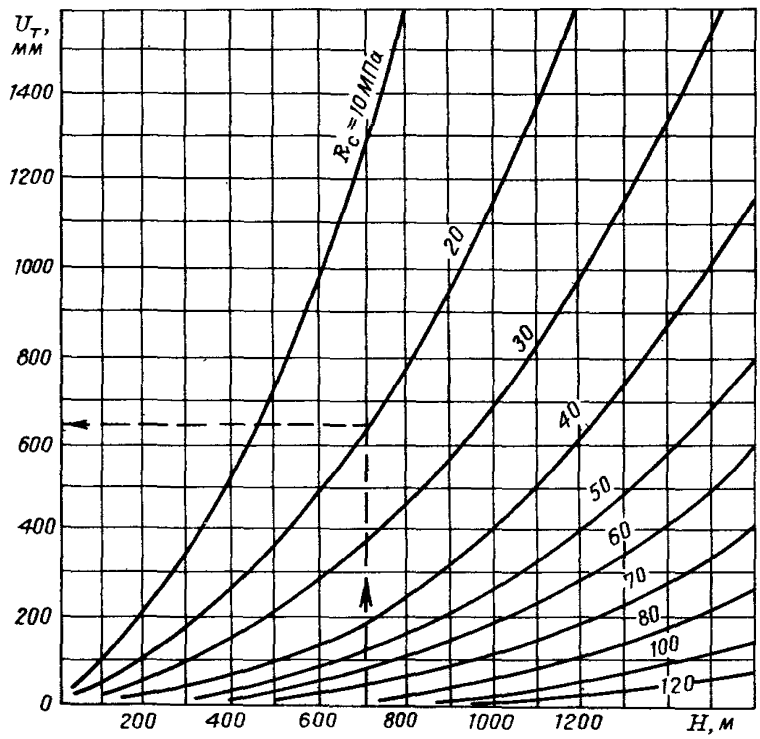


Рис. 2. Графики для определения типового смещения пород

Таблица 2

Группа	Выработки	$\alpha \leqslant 20°$		$\alpha = 21-30°$		$\alpha = 31-40°$		$\alpha = 41-50°$		$\alpha > 50°$	
		k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ	k_α	k_θ
1	Пластовые горизонтальные и наклонные, полевые горизонтальные, проведенные по простиранию	1,0	0,35	0,95	0,55	0,8	0,8	0,65	1,2	0,6	1,5
2	Полевые, проведенные под углом 30—70° к напластованию (простиранию) пород	0,85	0,45	0,8	0,65	0,65	0,9	0,45	1,05	0,35	1,1
3	То же, под углом 70—90°	0,7	0,55	0,6	0,8	0,45	0,95	0,25	0,95	0,2	0,8

смещений пород k_θ принимают по табл. 2; $k_ш$ — коэффициент влияния ширины выработки, определяемый для кровли и почвы по формулам (4), а для боков — (5).

$$k_ш = 0{,}2(b - 1), \quad (4)$$

$$k_ш = 0{,}2(h - 1), \quad (5)$$

где b, h — соответственно ширина и высота выработки в проходке (в метрах); $k_в$ — коэффициент воздействия других выработок, для одиночных выработок принимают $k_в = 1$; 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 вскрывающих выработок $k_в = 1$, если расстояние между параллельными выработками, определяемое по формуле (6), исключает их взаимное влияние.

$$L_д \geqslant (b_1 + b_2)k_L, \quad (6)$$

где $(b_1 + b_2)$ — суммарная ширина взаимовлияющих выработок в проходке, м; k_L — коэффициент, определяемый по табл. 3.

Таблица 3

Глубина расположения выработки, м	k_L при расчетном сопротивлении $R_{с.ср}$, МПа							
	до 30	60	90	более 120	до 30	60	90	более 120
	Группа 1				Группа 3			
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

Примечания: а. В числителе k_L для выработок с α до 35°, в знаменателе — при α свыше 35°.

б. Для выработок 2-й группы (см. табл. 2) коэффициент k_L принимают как среднее между значениями 1 и 3-й групп.

в. При промежуточных значениях расчетного сопротивления пород сжатию $R_{с.ср}$ величину k_l получают путем интерполяции.

г. Для наклонных выработок k_L принимают как для горизонтальных 1-й группы.

Если фактическое расстояние между параллельными выработками $L_ф$ менее $L_д$, то величину коэффициента $k_в$ для параллельных выработок определяют по формуле:

$$k_в = L_д / L_ф, \quad (7)$$

где $L_д$ — расстояние между параллельными выработками, исключающее их взаимное влияние.

Формула (7) справедлива при $L_ф > 12$ м на глубинах до 600 м и $L_ф \geqslant 20$ м глубже 600 м. Участок влияния сопрягающихся выработок в каждую сторону от сопряжения принимают равным $L_д/2$, но не более 15 м.

Для подготавливающих выработок $k_в = 1$.

Коэффициент влияния времени на смещения пород k_t для условий $t < 15$ лет при $H/R_{с.ср} = 20$—60 определяют по графику (рис. 3). При $t \geqslant 15$ лет и других значениях $H/R_{с.ср}$ коэффициент $k_t = 1$.

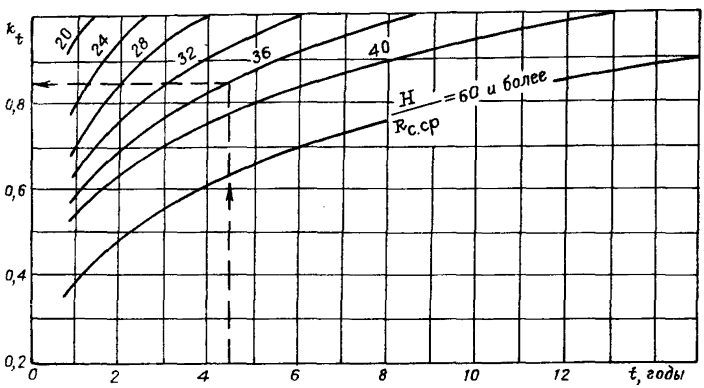


Рис. 3. График для определения k_t

Определение расчетной нагрузки на рамную податливую крепь

13. Расчетную нагрузку P на 1 м выработки со стороны кровли и почвы определяют по формуле (8), а со стороны боков — (9):

$$P = P^н k_п k_{пр} b, \quad (8)$$

$$P = P^н k_п k_{пр} h, \quad (9)$$

где $P^н$ — нормативная удельная нагрузка, определяемая по табл. 4 в зависимости от смещений пород и ширины выработки в проходке. Для незамкнутой крепи $P^н$ находят по смещениям пород кровли, для замкнутой с обратным сводом — по наибольшей величине смещений пород из кровли, почвы или боков.

Промежуточные величины в табл. 4 (U, мм; b, м; $P^н$, кПа) определяют интерполяцией ближайших значений.

Коэффициент $k_п$ характеризует перегрузку и степень надежности, принимается для вскрывающих выработок по табл. 5, а для подготавливающих — равным 1; $k_{пр}$ — коэффициент влияния способа проведения выработок, при комбайновом способе принимается по табл. 6, а при буровзрывном, смешанном, а также при проведении выработки по обрушенным породам выработанного

Таблица 4

Расчетные смещения пород U, мм	$P^н$, кПа, при ширине или высоте выработки, м										
	3,0	3,2	3,4	3,6	4,0	4,2	4,4	5,0	5,4	5,6	6,0
50 и менее	20	22	24	26	30	32	34	40	44	46	50
75	26	28	30	33	37	39	42	47	52	54	57
100	32	34	37	40	45	47	49	55	59	61	65
150	41	44	53	56	57	60	62	68	72	73	78
200	50	54	58	62	70	72	74	80	84	86	90
250	61	64	68	71	78	81	83	90	94	96	100
300	72	75	78	80	86	89	91	100	104	106	110
400	80	84	88	92	100	102	105	112	118	122	128
500	90	94	98	102	110	113	116	125	132	134	140
600	100	104	108	112	120	123	126	135	142	144	150
700	110	114	117	120	128	131	134	143	149	153	159
800	120	123	127	130	136	139	142	152	158	162	168
900	124	128	132	136	143	146	150	159	165	169	175
1000	128	132	137	141	150	154	158	167	173	176	181
1100	134	138	143	148	155	159	163	173	180	184	190
1200	140	144	148	152	160	164	168	180	188	192	200
1300	142	147	151	156	165	170	174	186	194	198	207
1400	145	150	155	160	170	175	179	192	201	205	214
1500	150	155	160	165	175	180	185	199	208	212	222
1600	156	161	165	171	180	185	190	205	215	220	230
1700	158	163	168	173	182	189	195	211	222	233	238
1800	160	165	171	176	186	193	199	217	228	239	245
1900	161	167	173	180	192	199	205	223	235	247	253
2000	162	170	178	186	198	205	211	230	242	255	260

Таблица 5

U, мм	$k_п$
До 50	1,4
Более 50, до 200	1,2
Более 200, до 500	1,15
Более 500	1,1

Таблица 6

$H/R_{с.ср}$	До 16	Более 16, до 20	Более 20
$k_{пр}$	0,6	0,8	1,0

пространства любым способом — равным 1; b — ширина выработки в проходке, м; h — высота выработки, м.

Выбор типа крепи и ее сопротивления

14. Тип крепи выбирают по прил. 1 на основании ширины выработки с учетом состояния пород ее кровли. При устойчивых

кровлях предпочтительнее крепь с плоскими (прямолинейными) верхняками, при неустойчивых — с верхняками арочной формы.

Для выбранной крепи находят величину ее сопротивления в податливом режиме N_s в зависимости от типа принятого замкового соединения.

Выбор плотности установки крепи

15. Плотность n установки рам металлической податливой, железобетонной податливой, смешанной и деревянной крепей на 1 м длины выработки находят делением расчетной нагрузки P на сопротивление одной рамы крепи N_s:

$$n \geqslant P/N_s. \qquad (10)$$

Паспортную плотность установки крепи принимают по ближайшему значению n в ряду: 0,8; 1,0; 1,1; 1,25; 1,33; 1,43; 1,67; 2,0; 2,25; 2,5; 2,67; 3,0; 4,0.

16. Предельной плотностью металлической податливой рамной крепи рекомендуется считать 3 рамы/м, а деревянной, сборной железобетонной и смешанной крепей — 4 рамы/м. При $n > 2$ рам/м крепь необходимо выбирать с учетом снижения смещений пород за счет дополнительных мер по активному управлению горным давлением (установка средств усиления крепи, дополнительное анкерование кровли, тампонаж закрепного пространства, цементация вмещающих пород, отсечное торпедирование и др.).

Меры по активному управлению горным давлением допустимы при любой расчетной плотности установки крепи.

Выбор металлической крепи по податливости

17. Металлическую крепь выбирают по податливости в выработках пологих и наклонных пластов на основании расчетных смещений пород кровли:

при плотности установки крепи (принятой по п. 15) не более 1 рамы/м, ее податливость принимают из условия (11):

$$\Delta \geqslant U_{кр}, \qquad (11)$$

где Δ — конструктивная податливость крепи, мм (см. прил. 1); $U_{кр}$ — расчетные смещения пород кровли, мм (см. п. 12);

если плотность установки крепи, принятая по п. 15, превышает 1 раму/м, а также если используют дополнительные средства усиления, то податливость крепи принимают менее расчетных смещений пород кровли из условия $\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос}$ (при установке в выработке только основной крепи);

$\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} k_{ус}$ (при установке в выработке основной крепи и средств ее усиления);

$\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} k_{анк}$ (при одновременной установке рамной и анкерной крепи), где $k_{ос}$, $k_{ус}$, $k_{анк}$ — коэффициенты (см. табл. 7, 8, 9), выбираемые в зависимости от плотности установки рамной крепи, средств усиления или анкерной крепи.

Примечания: а. Проверка деревянной, сборной железобетонной податливой и смешанной крепей на податливость не производится.

б. Требования к проверке металлической крепи на податливость в выработках крутонаклонных и крутых пластов изложены в разд. V.

в. При проверке крепи на податливость допускаются отклонения в величинах смещений пород на 10 %.

Таблица 7

Основная крепь

P, кН/м	150 и менее	200	250	300	350	450	500	550	600	700	800 и более
$k_{ос}$	1,0	0,95	0,92	0,89	0,85	0,80	0,72	0,67	0,63	0,55	0,50

Таблица 8

Средства усиления основной крепи

n_1, стоек/м	Менее 0,5	0,5	0,8	1,0	1,1	1,25	1,33	1,43	1,67	2,0	2,5	3,0
$k_{ус}$	1,0	0,90	0,80	0,70	0,68	0,65	0,64	0,63	0,62	0,60	0,55	0,50

Таблица 9

Анкерная крепь

$n_а$, анкер/м	—	0,3—0,5	0,8	1,0	1,25	1,33	1,50	1,75	2,0
$k_{анк}$	1,0	0,95	0,90	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50

Выработки, проводимые по обрушенным породам выработанного пространства

18. При проведении выработок по обрушенным слеживающимся породам выработанного пространства смещения пород рассчитывают по формулам (3), при этом смещения пород почвы уменьшают в 1,5 раза. Если выработки проводятся по неслеживающимся породам, то смещения пород кровли увеличивают в 1,5 раза, а почвы — уменьшают вдвое.

Расчетную нагрузку на крепь выработки определяют по п. 13. Тип крепи и плотность установки рам выбирают по пп. 14 и 15. Металлическую крепь по податливости выбирают в соответствии с п. 17.

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

Выработки, погашаемые за очистным забоем

19. Порядок расчета параметров крепи для подготовительных выработок, погашаемых за очистным забоем, следующий:

а) выбирают основную крепь на основании расчета смещений пород кровли $U_{о.кр}$ вне зоны влияния очистных работ по п. 12 и расчета нагрузки на основную крепь по величине $U_{о.кр}$ в соответствии с п. 13. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи определяют по пп. 14 и 15;

б) выбирают средства усиления крепи на основании смещений пород кровли выработок, определяемых по следующим формулам для выработок:

одиночной лавы

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

спаренных лав с отставанием второй лавы от первой не более 20 м

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

где $U_{о.кр}$ — смещения пород кровли выработки (мм) в период ее службы вне влияния очистных работ, определяемые по формуле (3); U_1 — смещения пород (мм) в зоне временного опорного давления очистного забоя, определяемые по графику рис. 4.; $k_{кр}$ — коэффициент влияния класса кровли по обрушаемости, указанный в табл. 10; k_s — коэффициент, учитывающий влияние площади сечения выработки в свету до осадки, определяемый по табл. 11; $k_к$ — коэффициент, характеризующий долю смещений пород кровли в общих смещениях пород в выработках, определяемый по графикам рис. 5.

Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы определяют (см. п. 13) по величине $U_{кр}$. Количество средств усиления на 1 м выработки n_1 находят из выражения:

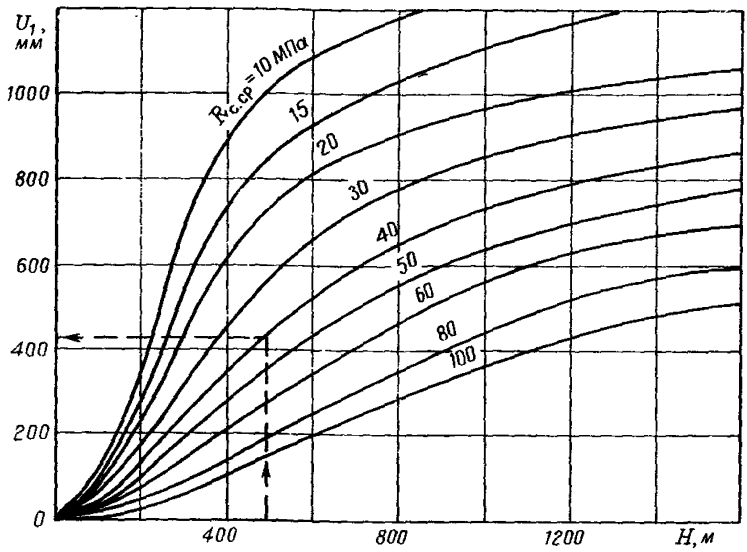


Рис. 4. Смещения пород в зоне временного опорного давления очистного забоя

Таблица 10

$k_{кр}$ для кровли		
легкообрушающейся	среднеобрушающейся	труднообрушающейся
0,8	1,0	1,2

Таблица 11

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

$$n_1 \geqslant (P_1 - nN_s)/N_{s_1}, \text{ но не менее } n_1 = 0{,}5n, \qquad (14)$$

где P_1 — суммарная нагрузка на крепь, кН/м; n и N_s — соответственно плотность установки и сопротивление одной рамы основной крепи; N_{s_1} — сопротивление средств усиления (крепей усиления, гидравлических стоек, металлических стоек трения, деревянных стоек, промежуточных рам основной крепи, рам стропильной крепи, анкерной крепи — см. прил. 1, п. 6);

в) средства усиления крепи в погашаемых выработках устанавливают перед очистным забоем на расстоянии, указанном в табл. 12.

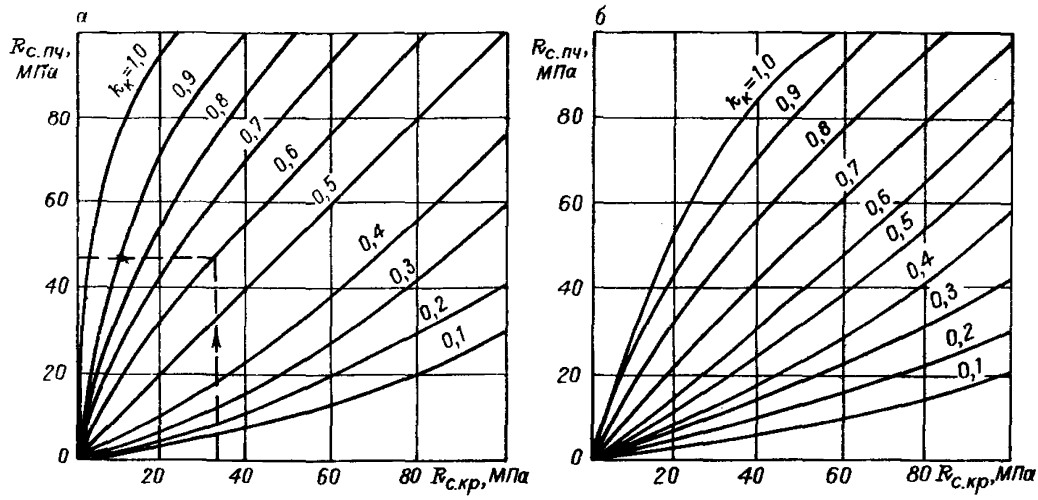


Рис. 5. Графики для определения коэффициента $k_к$:

а — для пологого и наклонного, *б* — для крутого и крутонаклонного падения

Таблица 12

Глубина, м	Расстояние от очистного забоя при кровле, м	
	легко- и среднеобрушающейся	труднообрушающейся
До 300	20	30
301—600	25	35
601—900	30	40
901—1200	35	45

Примечание. В благоприятных геологических условиях расстояние от очистного забоя, на котором устанавливают средства усиления крепи, может быть уменьшено по согласованию с ВНИМИ.

Выработки, проводимые вприсечку к выработанному пространству

20. Порядок расчета параметров крепи этих выработок следующий:

а) основную крепь при проведении присечной выработки выбирают на основании расчета смещений пород вне влияния подготавливаемой лавы, определяемых по формуле (15), и расчета нагрузки на основную крепь по величине $U'_{о.кр}$ в соответствии с п. 13.

$$U'_{о.кр} = (U'_{пр} + 2v'_0)\, k'\, k_s k_к, \qquad (15)$$

где $U'_{пр}$ — смещения пород (мм) при проведении выработок вприсечку к выработанному пространству в типовых условиях (рис. 6); k_s, $k_к$ — см. п. 19; v'_0 — средняя скорость смещения пород (мм/мес) в течение двух месяцев после прохода забоя присечной выработки,

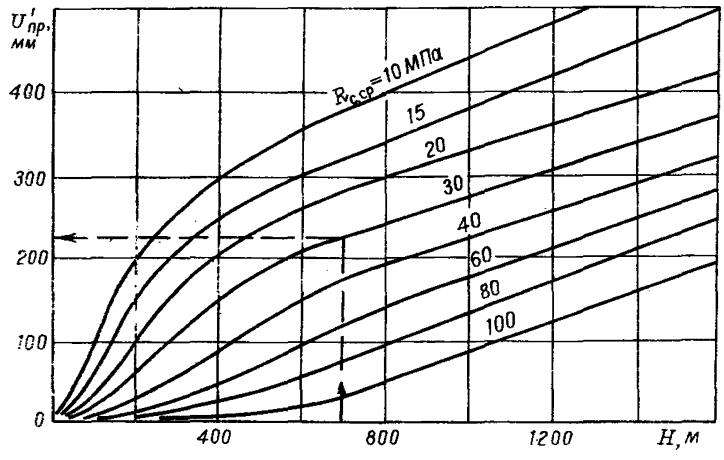


Рис. 6. Смещения пород в присечных выработках вне зоны влияния собственного очистного забоя

при которой реализуются основные смещения пород кровли (рис. 7); k' — коэффициент, учитывающий влияние места расположения присечной выработки относительно границы выработанного пространства, принимаемый при определении смещений кровли равным

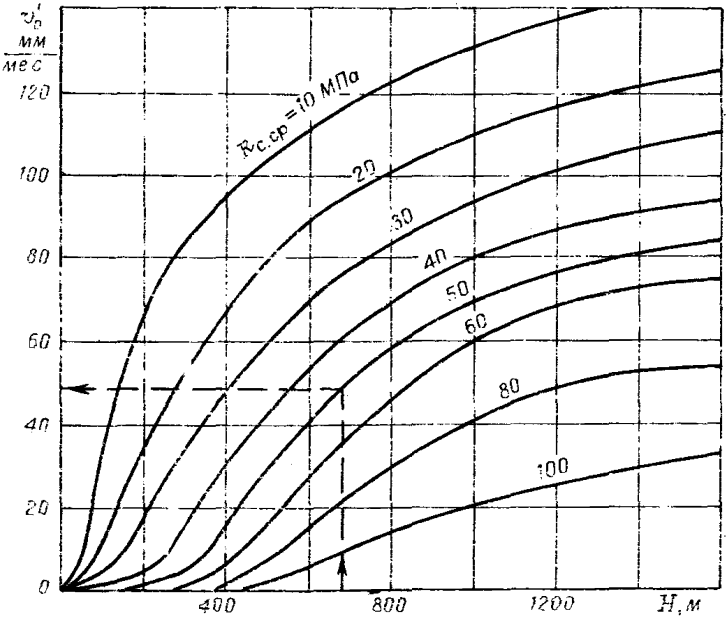


Рис. 7. Скорость смещения пород в присечных выработках вне зоны влияния собственного очистного забоя

1;0 для полной присечки и 0,7 при оставлении полосы угля шириной 2—4 м, а при определении боковых смещений пород равным 1,0 для полной присечки и 1,5 при оставлении полосы угля шириной 2—4 м.

Тип крепи и плотность установки рам выбирают по пп. 14 и 15;

б) выбор средств усиления и проверка основной металлической рамной крепи по податливости зависят от смещений пород $U'_{кр}$ в присечной выработке за весь срок эксплуатации:

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

где U'_1 — смещения пород (мм) в присечной выработке в зоне влияния временного опорного давления очистного забоя (рис. 8);

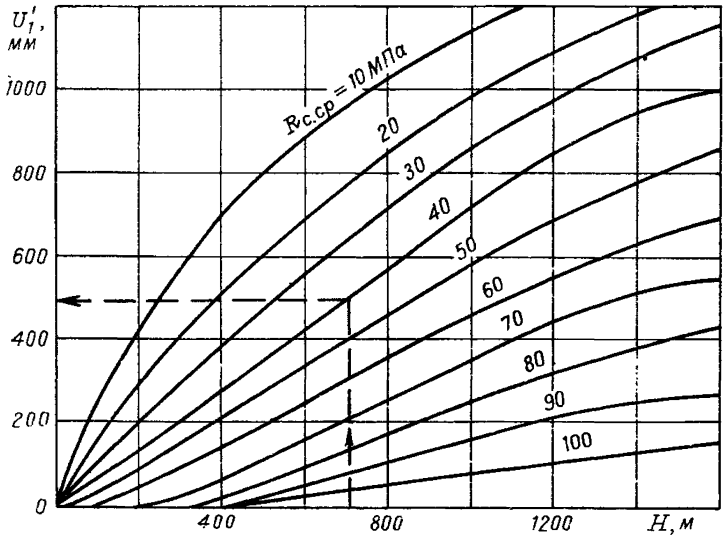


Рис. 8. Смещения пород в присечных выработках в зоне влияния собственного очистного забоя

в) плотность средств усиления впереди забоя лавы рассчитывают по формуле (14);

г) металлическую рамную крепь по податливости выбирают в соответствии с п. 17 по величине $U'_{кр}$;

д) средства усиления крепи устанавливают впереди очистного забоя на расстоянии, указанном в табл. 13.

Таблица 13

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

Выработки, сохраняемые для повторного использования

21. Порядок расчета параметров крепи для этих выработок следующий:

а) выбирают основную крепь при проведении повторно используемой выработки на основании расчета смещений пород кровли $U_{о.кр}$, определяемых по п. 12, и расчета нагрузки на основную крепь по величине $U_{о.кр}$ в соответствии с п. 13. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи принимают по пп. 14 и 15;

б) выбирают средства усиления крепи впереди забоя первой лавы на основании смещений пород $U_{кр}$, определяемых по формуле (12).

Количество средств усиления крепи на 1 м выработки определяют по формуле (14), см. п. 19. Средства усиления перед забоем первой лавы устанавливают на расстояниях l_1, указанных в табл. 14;

Таблица 14

Глубина, м	Расстояние от очистного забоя, м, при кровле					
	легко- и среднеобрушающейся			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	30	65	40	40	120	60
Более 900	35	70	45	45	130	65

Примечание: размеры l_2, приведенные в табл. 14, являются минимальными, при необходимости их можно увеличивать без согласования с ВНИМИ.

в) выбирают средства усиления крепи позади забоя первой лавы на основании расчета смещений пород в выработке, сохраняемой для повторного использования за весь срок ее службы, по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (2U_1 k_к + m k_{охр} k_{l_1}) k_{кр} k_s, \qquad (17)$$

где $U_{о.кр}$ — см. п. 12, U_1, $k_к$, $k_{кр}$, k_s — см. п. 19, m — вынимаемая мощность пласта, мм; $k_{охр}$ — коэффициент, учитывающий влияние податливости искусственных ограждений и принимаемый равным: 0,2 — для органной крепи, 0,15 — для железобетонных тумб; 0,1 — для литых полос из быстротвердеющих материалов (ангидрит, фосфогипс, бетон и др.); 0,2 — для породных полос, выкладываемых с помощью пневмозакладочных комплексов; 0,3 — для бутокостров, костров из шпального бруса и сплошных накатных костров; 0,4 — для породных полос, выкладываемых вручную, и костров из круглого леса. При наличии легкообрушающихся пород кровли и их обрушении с помощью ряда органной крепи.

устанавливаемой в выработке, коэффициент $k_{охр} = 0{,}1$; k_{l_1} — коэффициент влияния времени поддержания выработки между отработкой первого и второго очистного забоев, принимаемый по табл. 15.

Таблица 15

Время поддержания выработки между отработкой 1 и 2-й лав, t, год	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
k_{l_1}	0,6	0,75	0,9	1,0	1,1	1,15

Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы повторно используемой выработки P_2 определяют согласно п. 13 по величине общих смещений пород кровли из формулы (17). Количество средств усиления на 1 м выработки определяют по формуле:

$$n_2 \geqslant (P_2 - nN_s)/N_{s_2}, \qquad (18)$$

где n — плотность установки основной крепи; n_2 — плотность установки средств усиления крепи позади забоя первой и перед забоем второй лав; N_s, N_{s_2} — соответственно сопротивление основной крепи и средств усиления крепи позади забоя первой и перед забоем второй лав, кН (см. прил. 1).

Средства усиления крепи позади забоя первой лавы и впереди второй устанавливают соответственно на расстояниях l_2 и l_3 (см. табл. 14);

г) выбор металлической рамной крепи по податливости производят в соответствии с п. 17 по величине $U_{кр}$, определяемой по формуле (17) с учетом плотности средств усиления, устанавливаемых перед второй лавой. В случае $U_{кр} > \Delta$ необходимо принимать крепь с большей податливостью или увеличивать плотность средств усиления крепи.

Спаренные выработки, погашаемые с одновременным извлечением целика угля*

22. Порядок расчета параметров крепи для подготовительной спаренной выработки, погашаемой с одновременным извлечением целика угля, следующий:

а) основную крепь при проведении выработки выбирают на основании расчета смещений пород кровли, определяемых по п. 12, и расчета нагрузки на основную крепь по величине $U_{о.кр}$ в соответствии с п. 13. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи выбирают по пп. 14 и 15.

* Крепь в спаренных выработках, погашаемых после отработки первой лавы, выбирают в соответствии с п. 19.

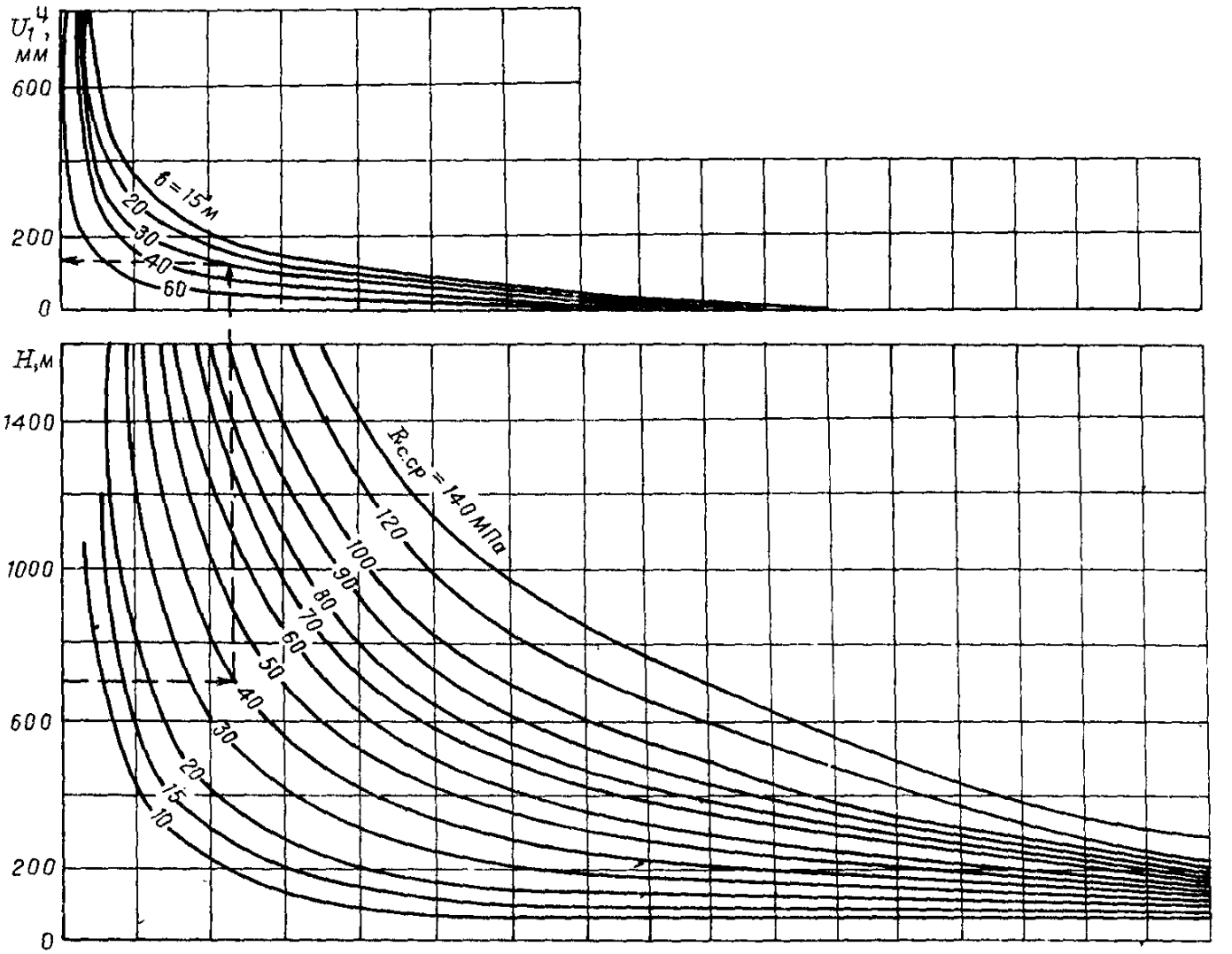


Рис. 9. Номограмма для определения $U_1^ч$

б) средства усиления крепи в спаренной выработке, охраняемой временным целиком, выбирают на основании расчета смещений пород за весь срок службы выработки по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + [U_1^{ц}(1 + k_ц) + \Delta U_1^{ц}]k_{кр}k_s k_к, \qquad (19)$$

где $U_{о.кр}$ — смещения пород кровли выработки (мм) в период поддержания ее вне влияния очистных работ (по п. 12); $U_1^{ц}$ — смещения пород (мм) в выработке за период влияния временного опорного давления первой лавы, устанавливаемые по номограмме (рис. 9) в соответствии с шириной целика (табл. 16); $\Delta U_1^{ц}$ — смещения пород (мм) позади забоя первой лавы, определяемые по номограмме (рис. 10); $k_ц$ — коэффициент влияния второго очистного забоя, устанавливаемый в зависимости от ширины целика угля по табл. 17.

Таблица 16

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

Таблица 17

Ширина целика, м .	15	20	25	30	35	40
$k_ц$	1,35	1,30	1,25	1,2	1,18	1,15

Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы находят согласно п. 13 по величине $U_{кр}$ — см. формулу (19). Количество средств усиления на 1 м выработки определяют из выражения (14), см. п. 19;

в) Крепь усиления в спаренных выработках, охраняемых временными целиками угля, необходимо устанавливать впереди очистного забоя на расстояниях согласно табл. 18.

г) Металлическую крепь по податливости выбирают согласно п. 17 по общим смещениям пород, см. формулу (19).

Таблица 18

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

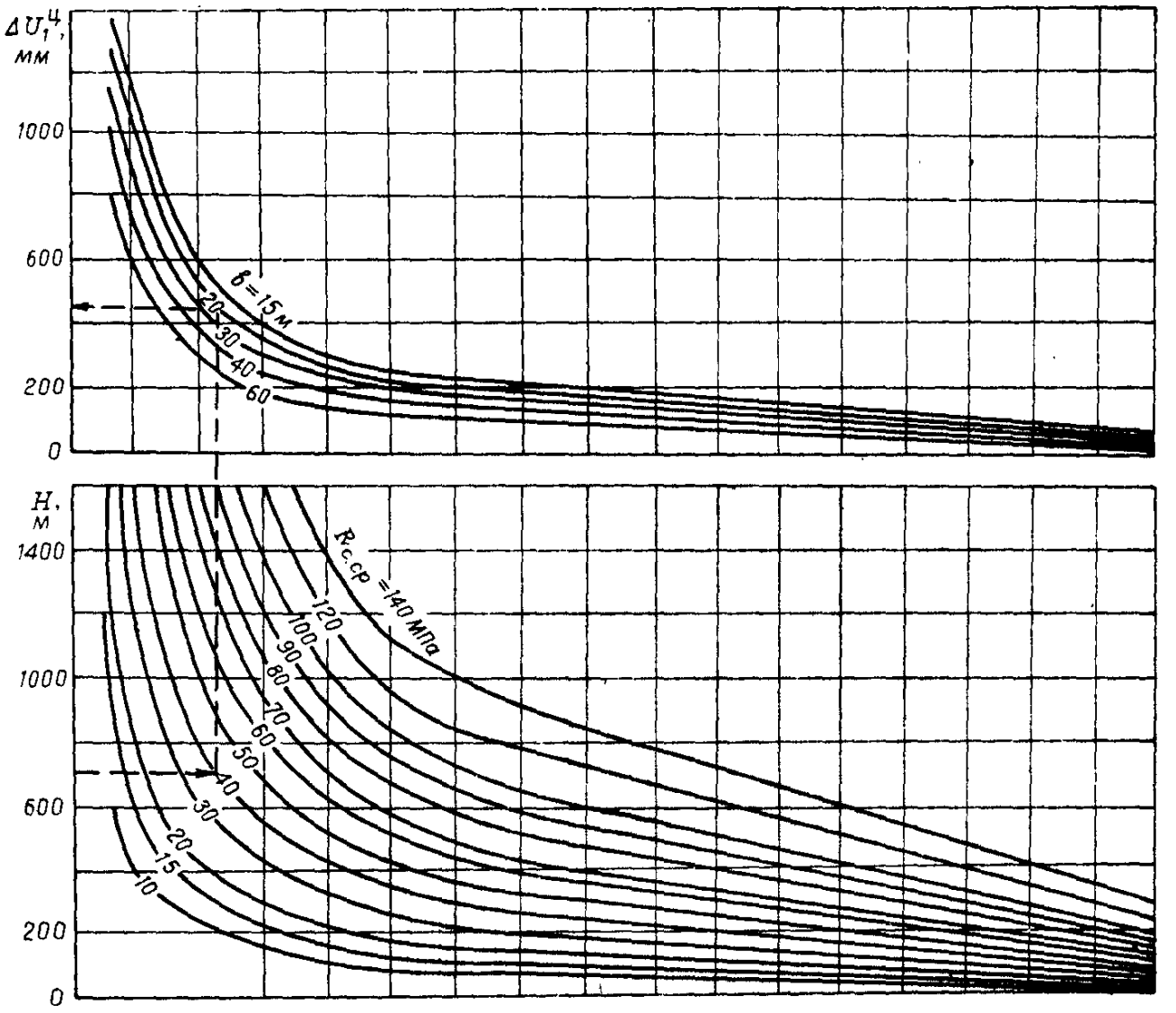


Рис. 10. Номограмма для определения $\Delta U_1^ч$

Спаренные выработки, разделенные породной полосой, возводимой во время проходки, и используемые при отработке второй лавы

23. Порядок расчета параметров крепи для спаренной выработки, сохраняемой с помощью односторонней породной полосы, выкладываемой с применением пневмозакладочных комплексов, следующий:

а) выбирают основную крепь спаренной выработки на основании расчета смещений пород кровли, определяемых для случая проведения спаренных выработок одиночными забоями по п. 12, а для случая проведения спаренных выработок общим забоем по пласту угля — по формуле $U_{о.кр} = 0{,}2mk_s$. Нагрузки на основную крепь рассчитывают по величине $U_{о.кр}$ в соответствии с п. 13.

Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи получают по пп. 14 и 15;

б) выбирают средства усиления крепи в спаренной выработке при отработке первой лавы на основании расчета смещений пород $U_{кр}$, определяемых по формулам (20) или (21):

при проведении спаренных выработок одиночными забоями

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (0{,}2m + 0{,}8U_1 k_{кр} k_к) k_s; \qquad (20)$$

общим забоем по углю

$$U_{кр} = (0{,}2m + 0{,}8U_1 k_к k_{кр}) k_s, \qquad (21)$$

где $U_{о.кр}$ — см. п. 12, U_1, $k_к$, $k_{кр}$, k_s — см. п. 19, m — см. п. 21.

Суммарную нагрузку на крепь и средства ее усиления рассчитывают по п. 13 по величине $U_{кр}$, см. формулы (20) или (21).

Количество средств усиления крепи на 1 м выработки определяют по формуле (14), см. п. 19;

в) расстояние между спаренными выработками, проводимыми одиночными забоями, и ширину разгрузочной полосы при проходке спаренных выработок общим забоем по пласту угля следует принимать равными не менее 20 м при глубине разработки H до 300 м, не менее 30 м при H = 300—600 м, не менее 40 м при глубине более 600 м;

г) средства дополнительного усиления крепи в спаренной выработке при отработке второй лавы выбирают на основании расчета смещений пород за весь срок службы выработки по формулам (22) или (23):

при проведении спаренных выработок одиночными забоями

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (1{,}8U_1 k_{кр} k_к + 0{,}36m) k_s, \qquad (22)$$

общим забоем по пласту угля

$$U_{кр} = (1{,}8U_1 k_{кр} k_к + 0{,}36m) k_s, \qquad (23)$$

где m — см. п. 21.

Суммарную нагрузку на крепь и средства усиления при отработке второй лавы определяют согласно п. 13 по величинам $U_{кр}$ — см. формулы (22) или (23). Количество средств усиления крепи на 1 м выработки находят по формуле (18), см. п. 21;

д) металлическую рамную крепь по податливости выбирают в соответствии с п. 17 по смещениям пород кровли $U_{кр}$ — см. формулы (22), (23).

24. Основную крепь в спаренных выработках, погашаемых после отработки первой лавы, выбирают на основании п. 23, *а*, средства усиления — по расчету смещений пород из выражений:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (0{,}2m + U_1 k_к k_{кр}) k_s — \quad (24)$$

при проведении спаренных выработок одиночными забоями;

$$U_{кр} = (0{,}2m + U_1 k_к k_{кр}) k_s — \quad (25)$$

общим забоем по углю.

Выработки, проводимые (оформляемые) за очистным забоем

25. К проводимым (оформляемым) за очистным забоем относятся выработки, имеющие следующее расположение:

на границе с массивом угля;

в выработанном пространстве на расстоянии, равном ширине односторонней породной полосы;

в выработанном пространстве с выкладкой двусторонних двойных бутовых полос;

вприсечку к выработанному пространству ранее отработанного смежного выемочного столба (с частичным использованием охраняемой выработки);

при сплошной присечке;

при оставлении полосы угля шириной 2—4 м;

вплотную к изолирующей полосе.

Порядок расчета параметров крепи для выработок, оформляемых за очистным забоем в выработанном пространстве на расстояниях 5 м (при индивидуальной крепи в очистной выработке), 8 м (при механизированной крепи) и 11 м (при выемке угля струги) следующий:

а) выбирают основную крепь при оформлении выработки за очистным забоем в общем случае на основании расчета смещений пород кровли по формуле:

$$U_{кр} = k_{охр} m k_s, \quad (26)$$

а для случая охраны выработки двойными двусторонними бутовыми полосами

$$U_{кр} = 0{,}32 m k_s, \quad (27)$$

где m — вынимаемая мощность пласта, м; $k_{охр}$ — см. п. 21; k_s — см. табл. 11, и расчета нагрузки на основную крепь по величинам

$U_{кр}$, определяемым по формулам (26) или (27) в соответствии с п. 13. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи выбирают по пп. 14 и 15;

в) выбирают металлическую рамную крепь по податливости в соответствии с п. 17 по величине $U_{кр}$ — см. формулы (26), (27).

Выработки, проводимые (оформляемые) за очистным забоем и сохраняемые для повторного использования*

26. Порядок расчета параметров крепи для выработок, проводимых (оформляемых) позади очистного забоя и в дальнейшем сохраняемых для повторного использования, следующий:

а) выбирают основную крепь на основании расчета $U_{кр}$ по формуле (26) и расчета нагрузки на основную крепь по величине $U_{кр}$ в соответствии с п. 13. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи выбирают по пп. 14 и 15;

б) выбирают средства усиления крепи (промежуточные рамы, стойки усиления) на основании расчета смещений пород кровли по формуле:

$$U_{кр} = (k_{охр} m + U_2 k_{кр} k_к) k_s, \qquad (28)$$

$k_{охр}$ — см. п. 21; m — вынимаемая мощность пласта, м; $k_{кр}$ — по табл. 10; k_s — по табл. 11; $k_к$ — см. рис. 5; $U_2 = U_1$ — см. рис. 4.

Расчет суммарной нагрузки выполняют согласно п. 13 по величине $U_{кр}$ — см. формулу (28). Плотность дополнительной крепи или средств усиления основной крепи определяют по формуле (14);

в) выбирают металлическую рамную крепь по податливости в соответствии с п. 17 по величине смещений пород $U_{кр}$ — см. формулу (28).

---

* Для выработок, проводимых при сплошной системе с опережением очистного забоя на 50—100 м, параметры крепи находят как для сохраняемых с целью повторного использования, согласно п. 21.

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

Основные исходные данные для расчета параметров крепи определяют в соответствии с разд. II.

Выработки, не подверженные влиянию очистных работ

27. Основную крепь, устанавливаемую при проведении выработки, выбирают на основании расчетных смещений пород в кровле, почве и боках выработки в соответствии с разд. III в следующем порядке:

а) по формулам (3) определяют смещения пород отдельно в кровле $U_{о.кр}$, почве $U_{о.пч}$ и боках $U_{о.б}$ выработки. Входящую в формулы (3) величину типового смещения пород $U_{т.кр}$, $U_{т.пч}$, $U_{т.б}$ находят из графиков (см. рис. 2) по вычисленным ранее (см. разд. II, п. 8) значениям расчетного сопротивления пород сжатию $R_{с.кр}$, $R_{с.пч}$, $R_{с.б}$ соответственно в кровле, почве и боках выработки (преимущественно висячего бока);

б) по табл. 4 находят нормативную нагрузку $P^{н}$. При этом расчетное смещение пород U, по которому определяют $P^{н}$, оценивают из выражения:

$$U = \sqrt{U^2_{о.кр} + U^2_{о.вис.б}}, \qquad (29)$$

где $U_{о.кр}$, $U_{о.вис.б}$ — вычисляют по формулам (3), причем $U_{т.б}$ принимают по графику (см. рис. 1) по величине $R_{с.б}$, вычисленной по формуле (2) применительно к висячему боку пласта;

в) по формуле (8) находят расчетную нагрузку P на 1 м выработки;

г) по найденному значению P и сопротивлению N_s крепи, выбранной по прил. 1, по формуле (10) определяют расчетную плотность n установки рам крепи. Паспортную плотность принимают в соответствии с п. 15 по ближайшему расчетному значению n;

д) металлическую рамную крепь по податливости выбирают из условий (30):

$\Delta \geqslant 0{,}7U_{общ}k_{ос}$ (при установке в выработке только основной крепи):

$\Delta \geqslant 0{,}7U_{\text{общ}}k_{\text{ос}}k_{\text{ус}}$ (то же, основной крепи и средств ее усиления);

$\Delta \geqslant 0{,}7U_{\text{общ}}k_{\text{ос}}k_{\text{анк}}$ (при одновременной установке рамной и анкерной крепей);

где Δ — конструктивная податливость крепи, мм; $k_{\text{ос}}$, $k_{\text{ус}}$, $k_{\text{анк}}$ — коэффициенты влияния плотности крепи и средств ее усиления, определяемые по табл. 7, 8, 9.

Если данная крепь не удовлетворяет условию (30), то необходимо выбрать крепь с большей податливостью или увеличить паспортную плотность установки основной крепи, или предусмотреть средства усиления крепи.

Выработки, погашаемые за очистным забоем

28. Порядок расчета параметров крепи следующий:

а) выбирают тип и плотность основной крепи, устанавливаемой при проведении выработки, аналогично выбору крепи выработок, не подверженных влиянию очистных работ, т. е. в соответствии с п. 27;

б) выбирают средства усиления в зоне влияния очистных работ на основании общих смещений пород $U_{\text{кр}}$ в кровле выработки за весь срок ее службы, определяемых по формуле:

$$U_{\text{кр}} = U_{\text{о. кр}} + U_1 k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha k_{\text{к}}, \qquad (31)$$

где $U_{\text{о. кр}}$ — см. п. 27, U_1 — смещения пород в кровле и почве выработки в зоне влияния временного опорного давления впереди очистного забоя, мм (рис. 11), $k_{\text{кр}}$ — см. табл. 10, k_s — см. табл. 11, k'_α — коэффициент влияния угла падения, принимаемый равным 1 при $\alpha > 55°$ и 1,2 — при $\alpha < 55°$, $k_{\text{к}}$ — см. рис. 5, *б*.

По вычисленному значению $U_{\text{кр}}$ находят нормативную нагрузку $P^{\text{н}}$ (см. табл. 4) и затем по формуле (8) — суммарную расчетную нагрузку P на 1 м выработки. После этого по найденному значению P, известным параметрам основной крепи n и N_s и паспортному сопротивлению N_{s_1} выбранных средств усиления (см. п. 6 прил. 1) из формулы (14) находят необходимую плотность n_1 средств усиления крепи;

в) средства усиления крепи устанавливают впереди очистного забоя на расстояниях, приведенных в табл. 12 — (см. п. 19);

г) выбирают металлическую рамную крепь по податливости в соответствии с условием (30) на основании расчета смещений пород кровли и почвы по формуле:

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{о. кр}} + U_{\text{о. пч}} + U_1 k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha \qquad (32)$$

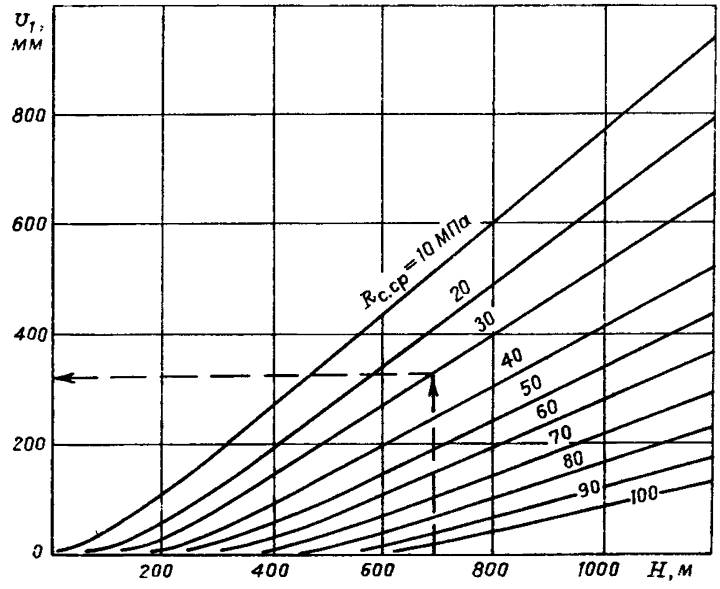


Рис. 11. Смещения пород за период влияния временного опорного давления очистного забоя

Выработки, проводимые впереди очистного забоя и сохраняемые за ним на весь срок службы выемочного участка

29. Порядок расчета параметров крепи следующий:

а) определяют тип и плотность основной крепи, устанавливаемой при проведении выработки, и параметры средств усиления крепи впереди очистного забоя в соответствии с положениями пп. 27 и 28;

б) выбирают средства усиления крепи за очистным забоем на основании смещений пород $U_{кр}$, определяемых по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (U_1 k_к + m k'_{охр}) k_{кр} k_s k'_\alpha, \qquad (33)$$

где $U_{о.кр}$, U_1 — см. пп. 27, 28; m — вынимаемая мощность пласта, м; $k'_{охр}$ — коэффициент влияния средств охраны, указанный в табл. 19.

Таблица 19

Костры		Бутовая полоса	Органная крепь	Закладка (пневматическая), литые полосы из быстротвердеющих материалов	Целик угля
из круглого леса	из шпального бруса				
0,20	0,15	0,15	0,12	0,10	0,10

По величине $U_{кр}$ формулы (33) согласно п. 13 определяют нормативную и расчетную нагрузки, а затем из формулы (18) по известным значениям n, N_s и выбранному N_{s_2} находят плотность n_2;

в) расстояния, на которых устанавливают средства усиления крепи впереди l_1 и позади l_2 очистного забоя, выбирают согласно табл. 14;

г) выбирают металлическую рамную крепь по податливости в соответствии с п. 27 по формуле (30), причем $U_{общ}$ принимают из выражения:

$$U_{общ} = U_{о.кр} + U_{о.пч} + (U_1 + mk'_{охр} + v_1 t_1) k_{кр} k_s k'_{\alpha}. \quad (34)$$

В формуле (35) $U_{о.кр}$, $U_{о.пч}$ — смещения пород, определяемые согласно п. 27 по формулам (3), $k_{кр}$, k_s, k'_{α} — см. п. 28; v_1 — скорость смещения пород позади очистного забоя за зоной его интенсивного влияния, мм/мес (рис. 12); t_1 — время поддержания выработки за очистным забоем до погашения, мес.

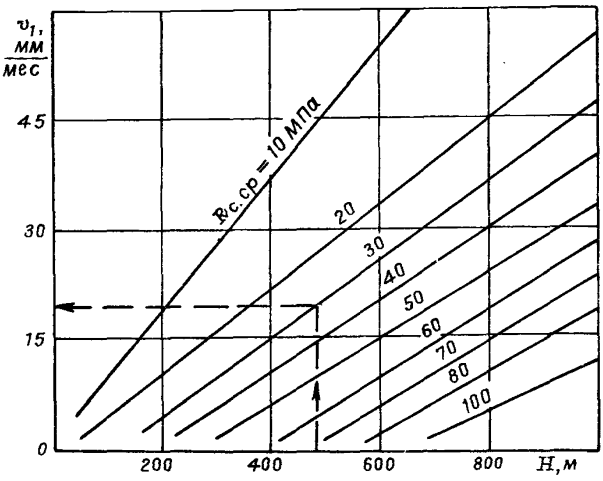


Рис. 12. Скорость смещений пород позади очистного забоя

Выработки, проводимые впереди очистного забоя и сохраняемые за ним для повторного использования при отработке нижнего этажа (подэтажа)

30. Порядок расчета параметров крепи следующий:

а) выбирают тип и плотность основной крепи, устанавливаемой при проходке выработок, в соответствии с п. 27;

б) выбирают средства усиления крепи впереди и позади забоя первой лавы в соответствии с пп. 28, 29;

в) то же, впереди забоя второй лавы по формуле (18) на основании смещений пород, рассчитываемых по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.\,кр} + (2U_1 k_к + m k'_{охр})\, k_{кр} k_s k'_\alpha, \qquad (35)$$

(обозначения — см. пп. 27—28);

г) протяженность участков установки средств усиления крепи определяют по табл. 14;

д) выбирают металлическую рамную крепь по податливости, пользуясь выражением (30), исходя из смещений пород $U_{общ}$, рассчитываемых по формуле:

$$U_{общ} = U_{о.\,кр} + U_{о.\,пч} + (2U_1 + m k'_{охр} + v_1 t_1)\, k_{кр} k_s k'_\alpha, \qquad (36)$$

(обозначения по пп. 27—29);

Выработки, проводимые вприсечку к выработанному пространству

31. Порядок расчета параметров крепи следующий:

а) выбирают тип и плотность установки основной крепи при проведении присечной выработки (на расстоянии не менее 100 м за забоем действующей лавы и спустя не менее 6 мес после ее прохода) на основании смещений пород кровли, рассчитываемых по формуле:

$$U'_{о.\,кр} = (U'_{пр} + 2v'_0) k' k_s k'_\alpha k_к, \qquad (37)$$

где $U'_{пр}$ — смещения пород в присечных выработках, мм (рис. 13), v'_0 — скорость смещения пород кровли (мм/мес) при проведении выработок в течение 2 мес, определяемая по графикам (рис. 14), k' — коэффициент влияния места заложения присечной выработки (см. п. 20), $k_к$ — см. рис. 5, *б*, k'_α — см. п. 25, k_s — см. табл. 11.

По величине $U'_{о.\,кр}$ согласно п. 13 определяют нормативную и расчетную нагрузки на 1 м выработки. Затем в соответствии с пп. 14, 15 выбирают тип, сопротивление N_s и плотность установки n основной крепи;

б) выбирают средства усиления крепи согласно п. 19 на основании смещений пород $U'_{кр}$ кровли за весь срок службы выработки, рассчитываемых по формуле:

$$U'_{кр} = U'_{о.\,кр} + U'_1 k_к k_{кр} k_s k'_\alpha k', \qquad (38)$$

где $U'_1 = U_1$ (см. рис. 11).

Количество средств усиления определяют по формуле (14) — см. п. 19;

в) выбирают металлическую рамную крепь по податливости, пользуясь условием (30), исходя из общих смещений пород, рассчитываемых из выражения:

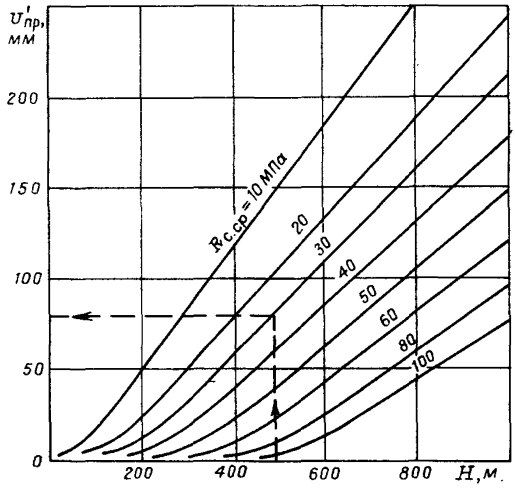


Рис. 13. Смещения пород за период влияния проходческого забоя в присечной выработке

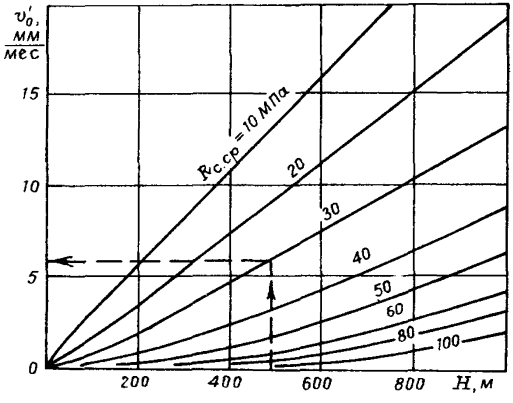


Рис. 14. Скорости смещений пород кровли в присечных выработках

$$U'_{общ} = U'_{о.\,кр} + U'_{о.\,пч} + [v'_0(t-2) + U'_1]\,k_{кр}k'k_s k'_\alpha. \quad (39)$$

При этом $U'_{о.\,пч}$ определяют из выражения:

$$U'_{о.\,пч} = (U'_{пр} + 2v'_0)\,(1 - k_к)\,k'k_s k'_\alpha; \quad (40)$$

г) протяженность участка установки средств усиления крепи принимают по табл. 13.

Выработки, проводимые (оформляемые) за очистным забоем

32. Порядок расчета параметров крепи следующий:

а) выбирают основную крепь в выработках (вентиляционных штреках), проводимых за очистным забоем и поддерживаемых в выработанном пространстве бутовыми полосами или кострами, на основании смещений пород кровли, определяемых по формуле:

$$U_{кр} = m' k'_{охр} k_s k'_{\alpha}, \qquad (41)$$

где $k'_{охр}$ — для бутовых полос равен 0,15, для костров из круглого леса 0,2 (см. табл. 19); m' — высота выкладываемой бутовой полосы или костров, мм; k_s — см. табл. 11; k'_{α} — см. п. 28.

По найденному значению $U_{кр}$ из табл. 4 находят нормативную нагрузку $P^{н}$, по формуле (8) определяют расчетную нагрузку на 1 м выработки и в соответствии с пп. 14, 15 выбирают тип, сопротивление и паспортную плотность установки рам крепи;

б) выбирают металлическую рамную крепь по податливости по условию (30) на основании смещений пород, рассчитываемых по формуле:

$$U_{общ} = (m' k'_{охр} + v_2 t) k_s k'_{\alpha}, \qquad (42)$$

где v_2 — скорость смещения пород в выработанном пространстве, мм/мес (рис. 15); t — срок службы выработки, мес.

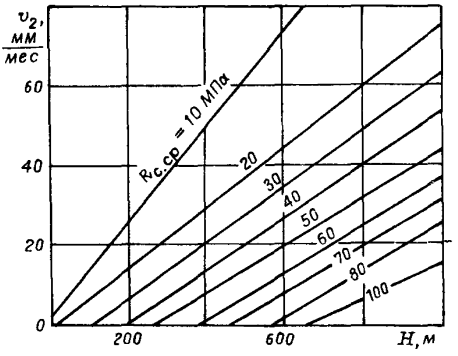


Рис. 15. Скорость смещений пород в выработке позади забоя лавы на вентиляционном горизонте

Если условие (30) не удовлетворяется, то необходимо применить крепь с большей податливостью или увеличить плотность основной крепи и средств ее усиления.

Выработки, проводимые по завалу впереди очистного забоя и поддерживаемые в выработанном пространстве

33. Порядок расчета параметров крепи следующий:

а) выбирают основную крепь в выработках (вентиляционных штреках), проводимых по обрушенным породам (завалу) в выработанном пространстве впереди очистного забоя, по смещениям пород $U_{о.кр}$ и $U_{о.вис.б}$, получаемым из формулы (3), на основании которых из выражения (29) вычисляют расчетное смещение U. Расчетную нагрузку на крепь выработки определяют по формуле (8), при этом нормативную нагрузку $P^{н}$ принимают согласно табл. 4 по величинам $1{,}5U$. Дальнейший выбор типа и плотности основной крепи производят в соответствии с пп. 14 и 15;

в) выбирают средства усиления крепи (стойки, промежуточные рамы или др. — см. п. 6 прил. 1) на основании смещений пород $U_{кр}$, определяемых по формуле:

$$U_{кр} = 1{,}5U_{о.кр} + (U_1 + v_2 t) k_к k_{кр} k_s k'_\alpha , \qquad (43)$$

где $U_{о.кр}$ — см. п. 27, U_1 — см. рис. 11, $k_к$ — см. рис. 5, *б*; $k_{кр}$, k_s, k'_α — см. п. 28.

По величине $U_{кр}$ определяют суммарную нагрузку на крепь и по формуле (14) — плотность установки средств усиления основной крепи;

в) выбирают металлическую рамную крепь по податливости по условию (30) на основании расчета смещений пород кровли и почвы по формуле:

$$U_{общ} = 1{,}5U_{о.кр} + 0{,}5U_{о.пч} + (U_1 + v_2 t) k_{кр} k_s k'_\alpha , \qquad (44)$$

где t — срок службы выработки, мес; v_2 — скорость смещения пород на вентиляционном горизонте, мм/мес (см. рис. 15).

Требования к крепи

34. Во всех перечисленных в пп. 27—33 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). При отсутствии указанной допускается применять другие крепи с направленной податливостью или трехзвенную крепь КМП-А3.

VI. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ В ВЫРАБОТКАХ, ПРОВОДИМЫХ В РАЗГРУЖЕННЫХ ЗОНАХ, ПОД ИЛИ НАД КРАЕВЫМИ ЧАСТЯМИ И ЦЕЛИКАМИ УГЛЯ*

35. Порядок расчета параметров крепи для подготовительных выработок, проводимых и поддерживаемых в зонах, разгруженных надработкой или подработкой смежными пластами, следующий:

а) выбирают основную крепь в выработках при их проходке на основании расчета смещений пород по формулам, приведенным в разд. III—V с уменьшением значений в 1,25 раза;

б) выбирают средства усиления крепи в выработках и проверяют металлическую рамную крепь по податливости на основании смещений пород, рассчитываемых по соответствующим формулам разд. III—V и уменьшенных в 1,25 раза.

36. Порядок расчета параметров крепи для подготовительных выработок, проводимых и поддерживаемых под (над) краевыми частями вышележащих или нижележащих пластов, следующий:

сначала выбирают крепь, устанавливаемую в выработке при проходке вне зоны повышенного горного давления (ПГД), в соответствии с требованиями разд. III—V. Затем, получив характеристику податливости крепи, устанавливаемой при проходке вне зоны ПГД, приступают к определению коэффициента $k_{од}$, характеризующего увеличение смещений пород за счет концентрации напряжений в зонах повышенного горного давления (см. п. 38);

затем выбирают основную крепь и средства ее усиления по формулам разд. III—V, умножая правую часть выражений на $k_{од}$;

б) проверяют металлическую рамную крепь по податливости на основании смещений пород, рассчитываемых по формулам (см. разд. III—V) с учетом коэффициента $k_{од}$.

37. Основную крепь и средства ее усиления для подготовительных выработок, проводимых и поддерживаемых под (над) целиками угля, оставляемыми в вышележащих (нижележащих) пластах, выбирают также на основании расчета смещений пород по формулам, приведенным в разд. III—V с учетом коэффициента $k_{од}$.

---

* Для надрабатываемых или подрабатываемых выработок на одновременно разрабатываемых сближенных пластах крепи следует выбирать по согласованию с ВНИМИ.

38. Коэффициент $k_{од}$ для условий отработки тонких и средней мощности сближенных пластов любого залегания определяют с использованием табл. 20—23.

Таблица 20

Выработка находится под краевой частью пласта при $h_в/h_{б.в}$ или над краевой частью пласта при $h_п/h_{б.п}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$k_{од}$	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0

Таблица 21

Выработка находится под целиком угля шириной $b_ц < L_0$ при $h_в/1{,}5h_{б.в}$ . . .	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$k_{од}$	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0

Таблица 22

Выработка находится над целиком угля шириной $b_ц < L_0$ при $h_п/1{,}5h_{б.п}$ (для пологого и наклонного залегания пластов угля)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$k_{од}$	3,5	2,5	2,0	1,5	1,0

Таблица 23

Выработка находится над целиком угля шириной $b_ц < L_0$ при $h_п/1{,}5h_{б.п}$ (для крутонаклонного и крутого залегания пластов угля)	0,07	0,21	0,39	0,63	1,0
$k_{од}$	3,0	2,5	2,0	1,5	10

Примечание. При $L_0 < b_ц < 2L_0$ расчет $k_{од}$ следует согласовать с ВНИМИ.

Для определения $k_{од}$ необходимо знать параметры: L_0 — размер зоны вредного влияния опорного давления от очистных работ (м), принимаемый по табл. 24, 25, $h_в$, $h_п$ — соответственно расстояние по нормали от выработки до вышележащего (нижележащего) пласта, м; $h_{б.в}$ — безопасную глубину надработки, м (табл. 26, 27); $h_{б.п}$ — безопасную высоту подработки, м (табл. 28 и 29).

Значения $h_{б.п.табл}$ принимают из табл. 29.

Таблица 24

Характеристика податливости крепи Λ, мм	Величина зоны вредного влияния опорного давления l_0 в долях от $l_{0,\ табл}$ при углах падения, (...°)		
	0—35	36—55	56—90
Менее 300	1,0	0,80	0,60
301—500	0,75	0,60	0,45
Более 500	0,65	0,52	0,39

Примечание. Значения $l_{0,\ табл}$ принимают из табл. 25; Λ — см. прил. 1.

Таблица 25

Глубина расположения выработки H, м	Значения $l_{0,\ табл}$, м, при расчетном сопротивлении пород сжатию R_c, МПа							
	до 20	30	40	50	60	80	100	120 и более
До 200	70	55	45	40	35	30	30	30
300	85	65	55	45	40	35	35	35
400	100	80	65	50	45	40	40	40
500	110	90	75	60	50	45	45	45
600	120	100	85	70	60	50	50	50
800	125	110	95	80	70	65	60	60
1000	130	120	105	90	80	70	65	60
1200	140	130	115	100	90	80	75	70
1500	150	140	130	115	100	90	80	70

Таблица 26

Характеристика податливости крепи Λ, мм	Безопасная глубина надработки $h_{б.\ н}$, в долях $h_{б\ н.\ табл}$ при углах падения (...°)		
	0—35	36—55	56—90
Менее 300	1,0	0,8	0,6
301—500	0,7	0,56	0,4
Более 500	0,5	0,4	0,3
При наличии в междупластье мощных слоев песчаника			
Менее 300	0,8	0,64	0,48
301—500	0,56	0,45	0,34
Более 500	0,4	0,32	0,24

Коэффициент $k_{од}$ находят следующим образом:

а) определяют параметры расположения выработки под вышележащим или нижележащим пластом на участках расположения выработки под (над) краевой частью пласта или под (над) целиком, т. е. параметры $h_н$; $h_п$;

б) определяют значения $h_{б.\ н}$ или $h_{б.\ п}$ в метрах по табл. 26—29;

Таблица 27

H, м	$h_{б.\,н.\,табл}$, м, при расчетном сопротивлении пород сжатию $R_с$, МПа							
	до 20	30	40	50	60	80	100	120 и более
До 200	70	60	50	45	40	40	35	30
300	80	70	60	55	50	45	40	35
400	90	80	70	65	60	55	45	40
500	100	90	80	75	65	55	50	40
600	110	100	90	80	70	60	55	45
800	115	105	95	85	75	65	60	50
1000	120	110	100	90	80	70	65	55
1200	125	115	105	95	85	75	65	60
1500	130	120	110	100	90	80	70	60

Таблица 28

Мощность подрабатывающего пласта, м	$h_н$ в долях $h_{б.\,н.\,табл}$ при податливой крепи и углах падения, (...°)		
	0–35	36–55	56–90
0,5	0,8	0,64	0,48
1,0	1,0	0,80	0,60
1,5	1,1	0,88	0,66
2,0	1,2	0,96	0,72
2,5	1,3	1,04	0,78
3,0	1,4	1,12	0,84
3,5	1,5	1,20	0,90

Таблица 29

H, м	$h_{б.\,н.\,табл}$, м, при расчетном сопротивлении пород сжатию, МПа							
	до 20	30	40	50	60	80	100	120 и более
До 200	90	80	75	70	65	60	55	50
300	100	90	80	75	70	65	60	55
400	110	100	90	85	75	70	65	60
500	120	110	100	95	80	75	70	65
600	135	120	110	105	90	80	75	70
800	145	135	125	115	100	85	80	70
1000	160	150	140	130	110	90	85	75
1200	170	160	150	135	120	100	85	80
1500	180	170	160	140	130	110	90	80

в) вычисляют отношения $h_н/h_{б.\,н}$, $h_п/h_{б.\,н}$, или $h_н/1{,}5h_{б.\,н}$, $h_п/1{,}5h_{б.\,н}$;

г) определяют коэффициент $k_{од}$ по табл. 20—23.

При необходимости проверки размера целика $b_ц$ определяют величину L_0 по табл. 24, 25.

VII. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ ВЫРАБОТОК, ПРОВОДИМЫХ В СЛАБЫХ НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ

39. Положения данного раздела распространяются на выработки, проводимые и поддерживаемые в слабых неустойчивых песчано-глинистых и глинистых породах, склонных к незатухающим смещениям, на одиночно разрабатываемых пластах вне зоны и в зоне влияния очистных работ в условиях Подмосковного бассейна, ПО «Александрияуголь», ПО «Павлоградуголь» и подобных. К таким выработкам относятся:

поддерживаемые в массиве угля как одиночные;

то же, впереди очистных забоев и погашаемые за ними;

проводимые вприсечку к выработанному пространству (присечные).

Выработки вне влияния очистных работ

40. Смещения пород кровли в выработках, поддерживаемых в массиве угля вне влияния очистных работ, определяют в зависимости от срока их службы по формуле:

$$U_{о.кр} = [U_{пр} + 12v(t - 1)]k_s k_в, \qquad (45)$$

где $U_{пр}$ — смещения пород кровли, мм, за первый год поддержания выработки в типовых условиях, за которые приняты: проходка в направлении напластования, сечение в свету 10 м^2 при ширине 4 м; $U_{пр}$ определяют по графикам рис. 16, *а, б* соответственно для глубин до и более 200 м; v — установившаяся скорость смещений пород, мм/мес, при их естественной влажности, определяемая для каменноугольных месторождений по графикам рис. 17 *а, б*, для буроугольных — по графику рис. 18.

Для обводненных пород типа глин, каолинита и бурого угля скорость v, определенную по рис. 18, следует увеличить в два раза; t — срок службы выработки, лет; k_s — см. по табл. 11; $k_б$ — по п. 12.

41. Смещения пород почвы $U_{о.пч}$ и боков выработки $U_{о.б}$ определяют аналогично смещению кровли по формуле (45).

42. Расчетную нагрузку на 1 м протяженности выработки со стороны кровли (почвы) и боков находят соответственно по формулам:

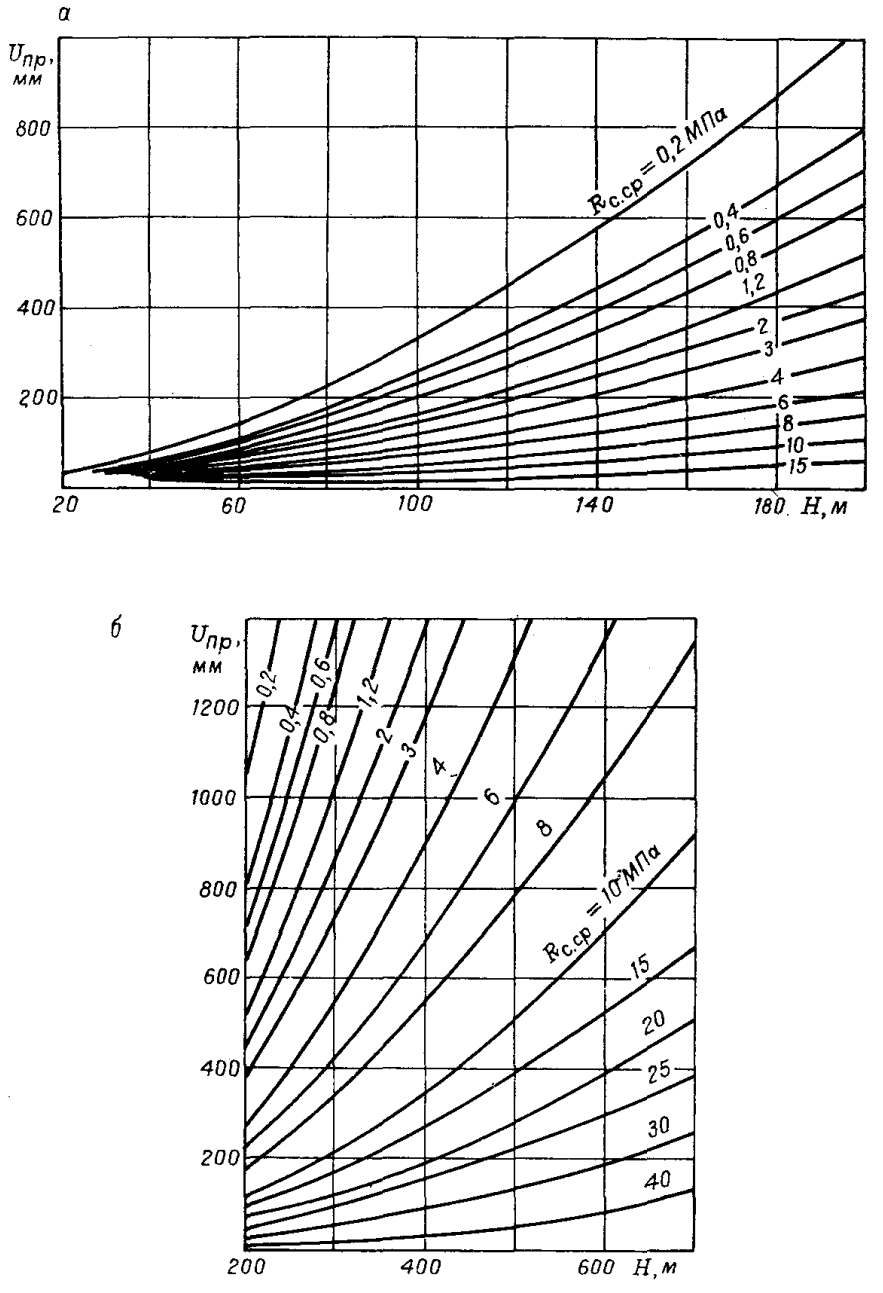


Рис. 16. Смещения пород кровли за первый год поддержания выработки на глубинах:

а — до 200 м, *б* — 200—700 м

$$P = bP^{н} \text{ или } P = hP^{н}, \qquad (46)$$

где b, h — ширина и высота выработки, м; $P^{н}$ — нормативная удельная нагрузка на крепь (см. табл. 4).

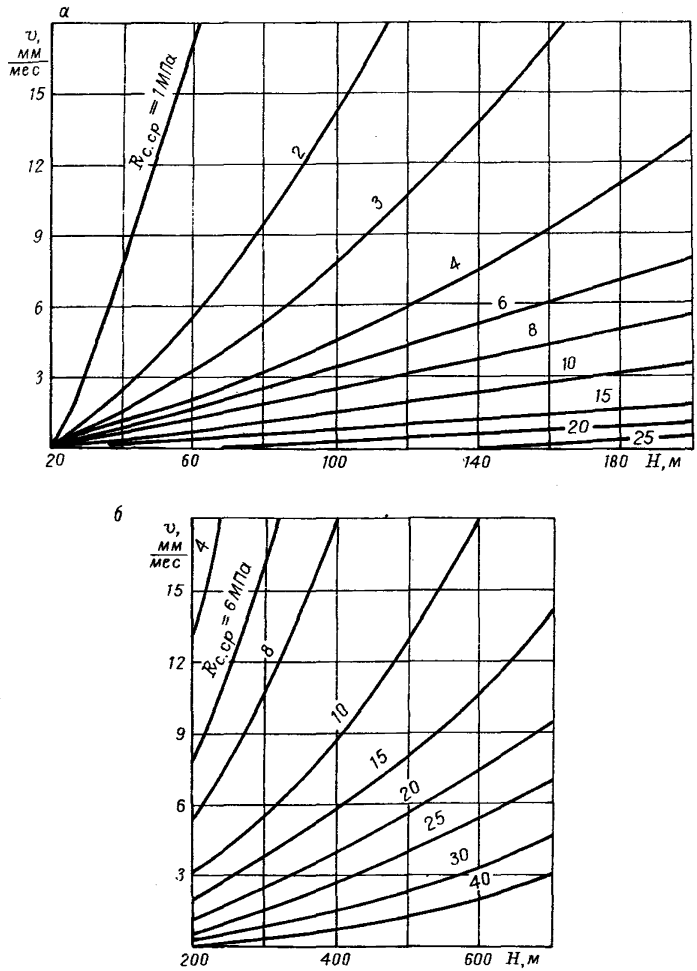


Рис. 17. Скорость смещения пород месторождений на глубинах:

а — каменноугольных, до 200 м, *б* — 200—700 м

43. Тип и сопротивление крепи выбирают по прил. 1, а плотность ее установки — в соответствии с п. 15.

44. Расчет параметров и выбор рамной крепи выработок, примыкающих к очистным забоям и охраняемых от очистных работ целиками угля размером не менее указанных в табл. 30 для каменноугольных месторождений и в табл. 31 для буроугольных,

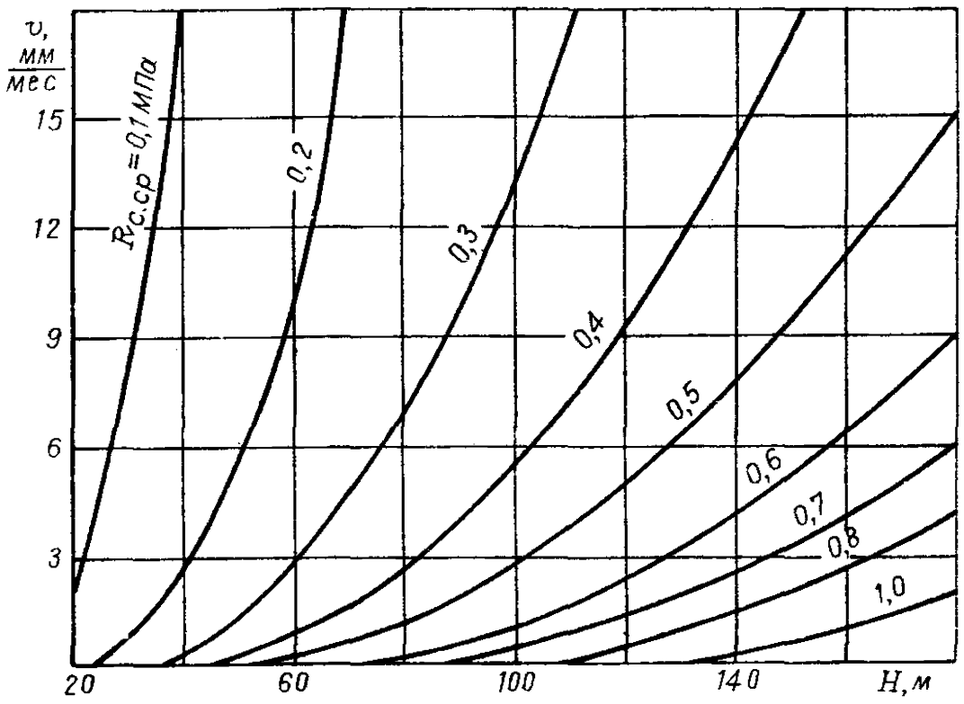


Рис. 18. Скорость смещения пород υ буроугольных месторождений на глубине до 200 м

Таблица 30

Выработки	Ширина целика, м, при отношении H/R_c, м/МПа						
	5	10	15	20	30	40	50 и более
Магистральные	5	10	20	40	80	120	150
Выемочные	5/25	10/30	15/35	20/40	25/50	35/55	45/65

Таблица 31

Выработки	Ширина целика, м, при отношении H/R_c, м/МПа							
	50	100	150	200	250	300	350	400
Магистральные	10	20	30	40	50	55	60	65

Примечания: 1) в числителе — при естественной влажности пород, в знаменателе — в обводненных породах; 2) при труднообрушающейся кровле предельными следует считать размеры целиков, увеличенные на 20 %; 3) при прочности угля, вдвое и более превышающей прочность вмещающих пород, и оставлении в кровле и почве выработок защитной пачки угля, в качестве предельных необходимо принимать размеры целиков, уменьшенные на 20 %; 4) предусматривается, что при погашении выработок целики угля извлекают.

производят как для одиночных выработок, поддерживаемых в массиве угля вне влияния очистных работ (пп. 40—43).

Выработки, погашаемые за очистным забоем

45. Параметры для выработок, погашаемых за очистным забоем, рассчитывают в следующем порядке:

а) выбирают основную крепь, устанавливаемую в выработке, впоследствии погашаемой за очистным забоем, по результатам расчета смещений пород кровли вне зоны влияния очистных работ согласно п. 44 и расчета нагрузки на основную крепь по величине $U_{о.кр}$ — см. (45) в соответствии с п. 13;

б) выбирают средства усиления основной крепи согласно п. 19 на основании смещений пород кровли выработки, определяемых по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + U_{1.кр} k_s, \qquad (47)$$

где $U_{о\ кр}$ — см. п. 40, $U_{1.кр}$ — смещения пород кровли, мм, в зоне временного опорного давления очистного забоя, определяемые по графику рис. 19, *а, б*.

Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы выработки определяют согласно п. 13 по величине $U_{кр}$, рассчитанной по формуле (47). Количество средств усиления крепи принимают по формуле (14) — см. п. 19;

в) суммарные смещения пород почвы $U_{пч}$ или боков $U_б$ за весь срок службы выработок определяют аналогично по формуле (47);

г) выбирают металлическую арочную крепь по податливости согласно п. 17 по величине $U_{кр}$ — см. формулу (47).

Присечные выработки

46. Порядок расчета параметров крепи для присечных выработок следующий:

а) выбирают основную крепь, устанавливаемую в присечной выработке в процессе проходки, на основании смещений пород кровли $U'_{о.кр}$ вне зоны влияния собственной лавы, определяемых по формуле:

$$U'_{о\ кр} = [U'_{о.кр_1} + 12v'_0(t_0 - 1)]k_s, \qquad (48)$$

где $U'_{о.кр_1}$ — смещения пород кровли, мм, в присечной выработке за первый год ее службы, определяемые по графикам рис. 20, *а, б*; v'_0 — скорость смещения пород кровли, мм/мес, в присечной выработке, определяемая по графикам рис. 21, *а, б*; t_0 — срок службы выработки до влияния очистных работ собственной лавы, лет.

Примечание. Не рекомендуется поддерживать выработки до начала очистных работ более двух лет, включая время их проведения.

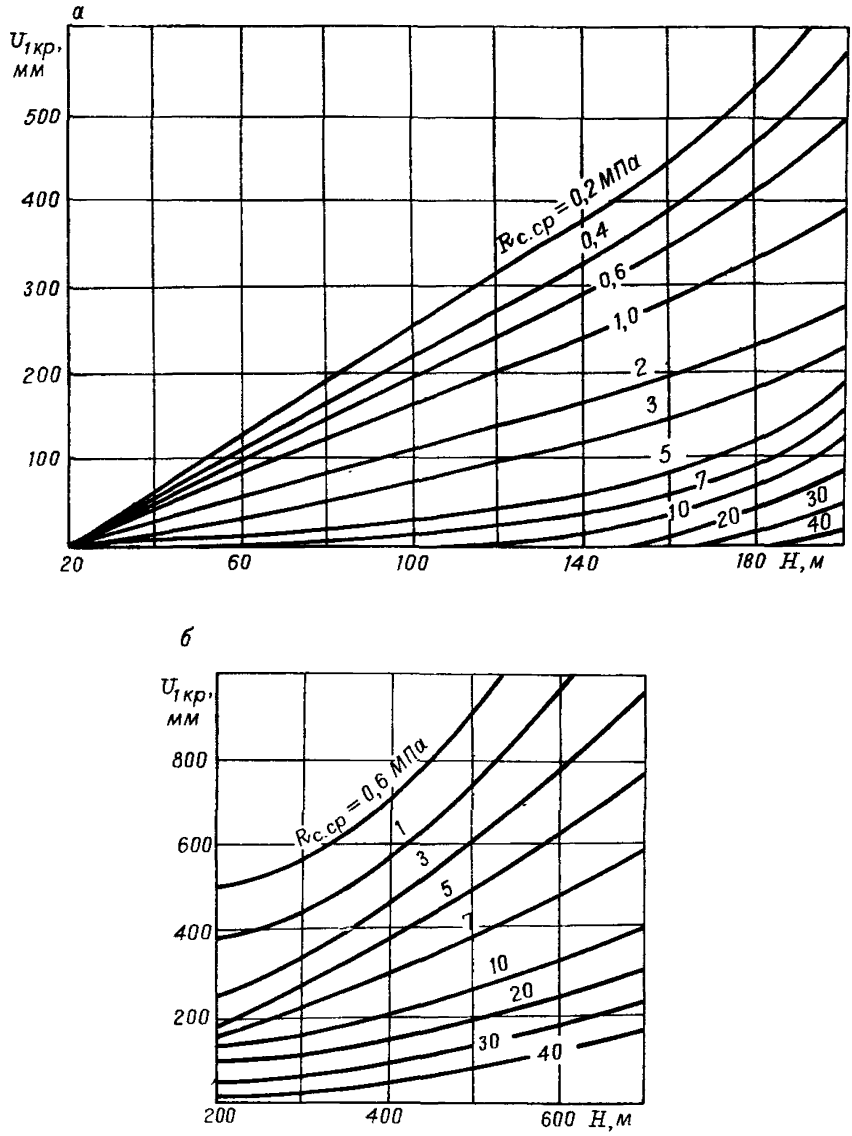


Рис. 19. Смещения пород кровли в зоне временного опорного давления очистного забоя на глубинах:

а — до 200 м, *б* — 200—700 м

Нагрузку на основную крепь рассчитывают по величине $U'_{о.кр}$ — см. (48), в соответствии с п. 13 и прил. 1;

б) выбирают средства усиления основной крепи согласно п. 19, на основании смещений пород кровли, определяемых за весь срок службы выработок с учетом влияния очистных работ по формуле:

$$U'_{кр} = U'_{с.кр} + U'_{1.кр}k_{с}, \qquad (49)$$

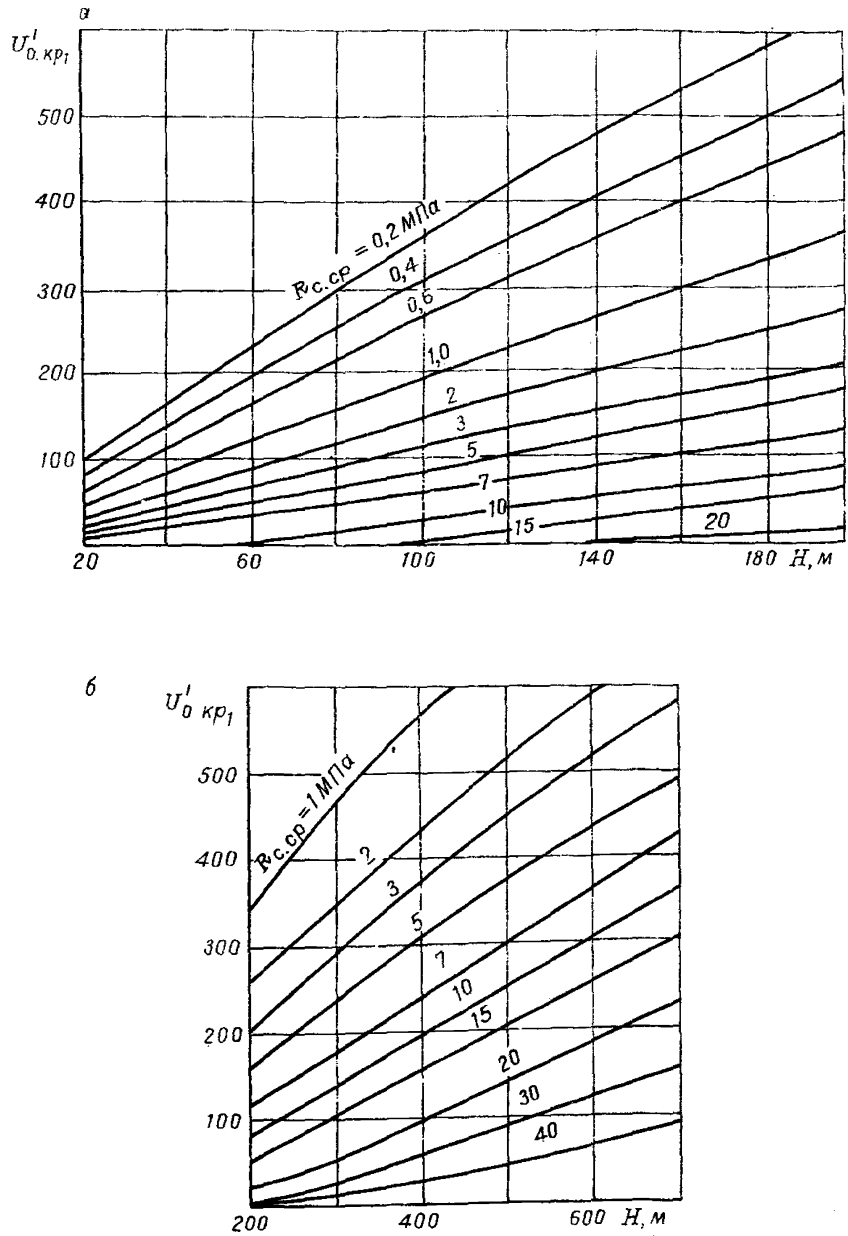


Рис. 20. Смещения пород кровли в присечной выработке за первый год ее службы на глубинах:

а — до 200 м, *б* — 200—700 м

где $U'_{0.кр}$ — см. (48); $U'_{1.кр}$ — смещения пород, мм, в присечной выработке в зоне влияния очистных работ, определяемые по графикам рис. 22, *а, б* соответственно для глубин до и более 200 м; k_s — см. табл. 11.

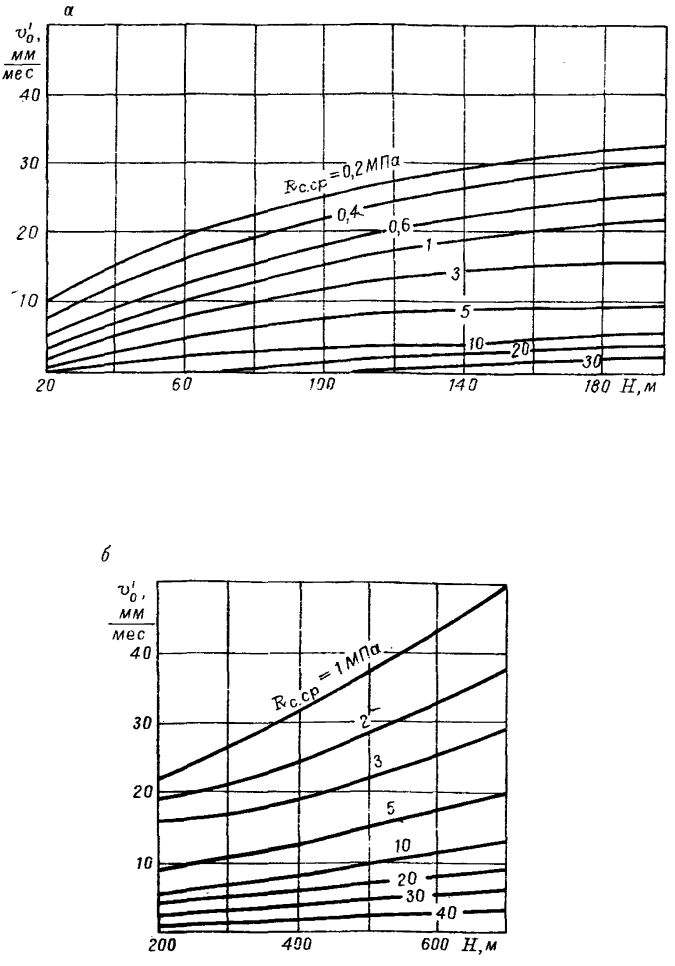
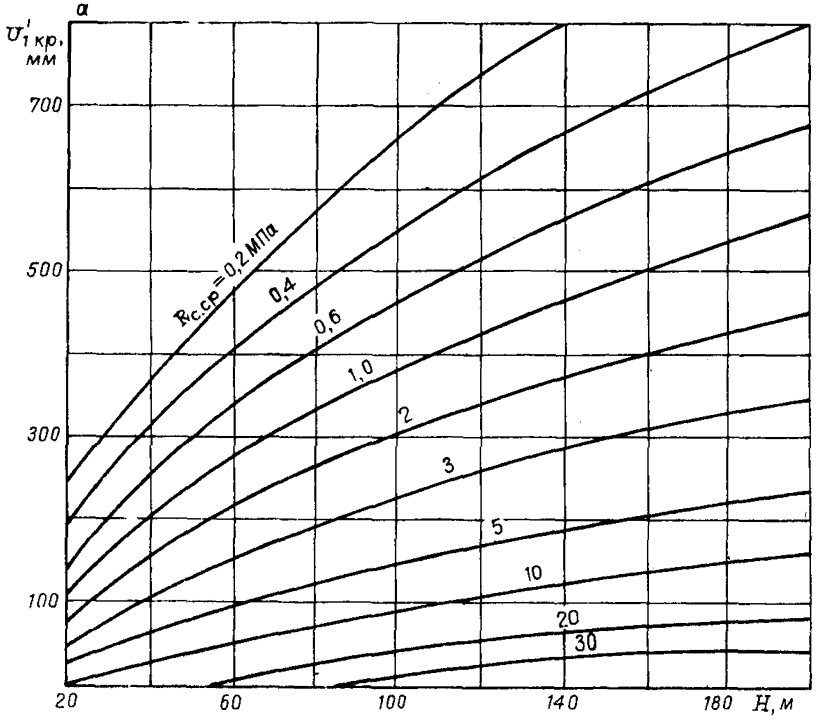


Рис. 21. Скорость смещения пород кровли в присечной выработке на глубинах:

а — до 200 м, *б* — 200—700 м

Суммарная нагрузка на крепь за весь срок службы присечной выработки определяется согласно п. 13 по величине $U'_{кр}$, рассчитанной по формуле (49). Количество средств усиления основной крепи получают по формуле (14), см. п. 19.



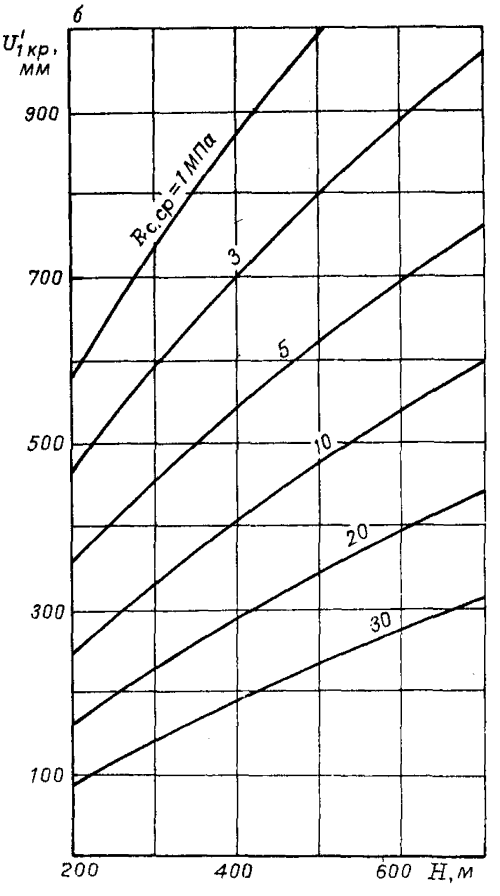


Рис. 22. Смещения пород кровли в присечной выработке в зоне влияния очистных работ на глубинах:

а — до 200 м, *б* — 200—700 м

VIII. РАСЧЕТ СМЕЩЕНИЙ ПОРОД ПРИ АКТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ВЫРАБОТКАХ

47. К способам активного управления горным давлением относятся: усиление основной крепи дополнительными крепежными конструкциями в зонах влияния очистных работ (в зонах l_1, l_2, l_3); упрочнение пород кровли анкерами при одновременной установке основной крепи; скважинная разгрузка; щелевая или взрывощелевая разгрузка пород в боках или подошве горной выработки; активная разгрузка с последующим упрочнением пород (АРПУ); отсечное торпедирование или гидромикроторпедирование труднообрушающихся пород кровли вдоль выработки; химическое упрочнение пород, проведение выработок под защитой разгрузочных компенсационных полос или выработок.

Область применения указанных способов управления горным давлением в выработках приведена в прил. 1, п. 7, а примеры расчета смещений пород и выбора крепи — в прил. 4.

48. Расчет смещений пород в выработках при использовании в качестве средств усиления основной крепи стоек трения, гидростоек, крепей усиления, промежуточных рам крепи изложен в разд. IV—VII. Все средства усиления основной крепи используют в зонах влияния очистных работ, т. е. в зонах l_1, l_2, l_3, размеры которых применительно к конкретным выработкам приведены в разд. IV—VII. Значения сопротивления средств усиления крепи — см. прил. 1, п. 6.

49. Расчет смещений пород в присечных и повторно используемых выработках при упрочнении кровли анкерами производят для случая одновременной установки основной рамной и вспомогательной анкерной крепи. Параметры анкерного крепления: 0,8—1 анкер/м, по ширине выработки, длина анкеров — по расчету согласно бассейновым нормативам.

В этом случае в расчетные формулы по определению смещений пород в выработках (см. разд. IV—VII) следует вводить в качестве сомножителя величину коэффициента уменьшения (увеличения) смещений пород $k_{акт}$.

Выделяют два случая: если выработку поддерживают вплоть до погашения без установки средств усиления основной крепи в зонах l_1, l_2, l_3, то коэффициент $k_{акт}$ умножают на всю величину расчетных смещений, по которой и выбирают основную крепь.

Если в выработке возможна установка дополнительных средств усиления в зонах l_1, l_2 и l_3, то коэффициент $k_{акт}$ умножают только на параметр $U_{о.кр}$, а выбор основной крепи в этом случае производят по величине ($U_{о.кр}k_{акт}$). Значения $k_{акт}$ принимают из табл. 32.

Таблица 32

Ширина выработки, м	Значения $k_{акт}$ при H/R_c, м/МПа				
	10 и менее	20	30	40	50 и более
2,0	0,72	0,76	0,82	0,85	0,88
3,0	0,67	0,71	0,77	0,83	0,86
4,0	0,63	0,69	0,74	0,80	0,85
5,0	0,59	0,65	0,70	0,77	0,83
5,5	0,57	0,63	0,68	0,75	0,82
6,0	0,55	0,62	0,66	0,74	0,81

50. В случае применения в выработках скважинной разгрузки при расчете смещений пород в расчетные формулы (см. разд. III—VII) следует вводить в качестве сомножителя коэффициент $k_{акт}$, принимаемый из табл. 33.

Таблица 33

Выработка	Смещения пород	$k_{акт}$
Одиночная, вне зоны влияния очистных работ	$U_{кр}$	1,0
	$U_{пч}$	0,5
	$U_б$	0,25
Погашаемая за 1-м очистным забоем	$U_{кр}$	1,0
	$U_{пч}$	0,45
	$U_б$	0,25
Повторно используемая, погашаемая за 2-м очистным забоем	$U_{кр}$	1,0
	$U_{пч}$	0,45
	$U_б$	0,25

51. Если в выработках применяется щелевая разгрузка, то при расчете смещений пород в расчетные формулы (см. разд. III—VII) следует вводить в качестве сомножителя коэффициент $k_{акт}$, принимаемый из табл. 34.

52. В случае применения в выработках взрывощелевой разгрузки при расчете смещений пород в расчетные формулы (см. разд. III—VII) следует вводить в качестве сомножителя коэффициент $k_{акт}$, принимаемый из табл. 35.

53. Если в одиночных выработках вне зоны влияния очистных работ применяется способ активной разгрузки с последующим

Таблица 34

Выработка	Смещения пород	$k_{акт}$
Одиночная, вне зоны влияния очистных работ	$U_{кр}$	1,1
	$U_{пч}$	0,4
	$U_{общ}$	0,75
	$U_{б}$	0,3
Погашаемая за 1-м очистным забоем	$U_{кр}$	1,0
	$U_{пч}$	0,5
	$U_{общ}$	0,75
	$U_{б}$	0,3
Повторно используемая, погашаемая за 2-м очистным забоем	$U_{кр}$	0,9
	$U_{пч}$	0,6
	$U_{общ}$	0,75
	$U_{б}$	0,3

Таблица 35

Выработка	Смещения пород	$k_{акт}$
Одиночная, вне зоны влияния очистных работ	$U_{кр}$	1,05
	$U_{пч}$	0,35
	$U_{общ}$	0,7
	$U_{б}$	0,35
Погашаемая за 1-м очистным забоем	$U_{кр}$	1,0
	$U_{пч}$	0,4
	$U_{общ}$	0,7
	$U_{б}$	0,35
Повторно используемая, погашаемая за 2-м очистным забоем	$U_{кр}$	0,9
	$U_{пч}$	0,5
	$U_{общ}$	0,7
	$U_{б}$	0,35

упрочнением пород (АРПУ), то при расчете смещений пород в расчетные формулы разд. III следует вводить в качестве сомножителя коэффициент $k_{акт}$, равный для кровли 1,0, для почвы — 0,25, для $U_{общ}$ — 0,6.

54. Для выработок, в которых применяют отсечное торпедирование (ОТ) или гидромикроторпедирование (ГМТ), при расчете суммарных смещений пород кровли и почвы в расчетные формулы (см. разд. IV—V) следует вводить в качестве сомножителя коэффициент $k_{акт}$, равный 0,45 при диапазоне 0,1—0,5, при расчете смещений почвы — равный 0,35, а при расчете смещений кровли — 0,55.

В зависимости от горно-геологических условий коэффициент $k_{акт}$ следует корректировать согласно табл. 36.

Таблица 36

Коэффициенты	Для расчета $U_{об}$		Для расчета $U_{оч}$	
H/R_c	Менее 5	5—20	Менее 5	5—20
$K_{акт}$	0,5	0,4	0,4	0,3

55. Для выработок, в которых применяют способы химического упрочнения пород почвы, при расчете их смещений в расчетные формулы (см. разд. III—VII) следует вводить в качестве сомножителя $k_{акт} = 0{,}7$.

56. Для выработок, проводимых вне зоны влияния очистных работ в слабых неустойчивых породах, при использовании компенсационных полостей (разгрузочных выработок) в расчетные формулы разд. VII следует вводить в качестве сомножителя коэффициент $k_{акт} = 0{,}5$—$0{,}6$ при расположении компенсационной полости в боках выработки, 0,25—0,33 при расположении компенсационной полости в виде разгрузочной выработки над охраняемой выработкой при 5 м $< h <$ 15 м, где h — расстояние между разгрузочной и охраняемой выработкой, и $k_{акт} = 0{,}2$ при компенсационной полости в виде разгрузочной выработки, вдоль которой с одной стороны выработанное пространство ($h = 20$ м).

Порядок выбора способа активного управления горным давлением в подготовительных выработках

57. Способы активного управления горным давлением следует применять в следующих случаях:

по расчету плотность металлической арочной крепи с замками типа ЗПК превышает 2,0 рамы/м;

при $n < 2{,}0$ рам/м величина пучения пород в рельсовых выработках превышает 200 мм, а в конвейерных 500 мм.

58. Область целесообразного применения способов активного управления механическим состоянием горного массива, обеспечивающих повышение устойчивости горных выработок (анкерование, цементация, химическое упрочнение) для конкретных способов охраны выработок приведена в табл. 37.

59. Область целесообразного применения способов активного управления горным давлением, обеспечивающих уменьшение пучения пород в выработках (скважинная, щелевая, взрывощелевая разгрузка, способ АРПУ, компенсационные полости) для конкретных случаев охраны выработок приведена в табл. 38.

Таблица 37

Выработки	Область применения способов активного управления горным давлением	
	по глубине, м	по прочности вмещающих пород, МПа
Одиночные, поддерживаемые вне зоны влияния очистных работ	900—1200 1200—1500	20—30 20—40
Погашаемые за 1-м очистным забоем	800—900 900—1000 1000—1200 1200—1500	до 20 20—30 20—40 20—50
Повторно используемые	800—1200 1200—1500	20 20—40

Таблица 38

Выработки	Область применения способов активного управления горным давлением						Применяемые способы активного управления горным давлением
	по глубине, м	по прочности пород почвы, МПа					
Одиночные, поддерживаемые вне зоны влияния очистных работ	600 900 1200 1500	20—35 30—45 40—60 50—70					Скважинная, щелевая разгрузка, ВЩР. АРПУ
Погашаемые за 1-м очистным забоем, а также повторно используемые		То же при мощности пласта, м					Скважинная, щелевая разгрузка, ВЩР
		1	1,2	1,5	1,8	2,0	
	600	20—35	20—30	20—25	20	—	
	900	30—50	25—50	20—45	20—30	20—25	
	1200	40—70	30—60	30—50	30—40	20—30	
	1500	50—90	40—70	30—60	30—40	30—40	
Оформляемые позади очистного забоя	600—800	50—60					ВЩР

Примечание. Применение способов разгрузки в породах с прочностью менее указанной в табл. 38 не обеспечивает надлежащего эффекта, а в породах с прочностью больше указанной в табл. 38 — нецелесообразно экономически и технически.

60. На пластах с труднообрушающейся кровлей и пучащей почвой наиболее эффективны способы отсечного торпедирования (ОТ) или гидромикроторпедирования (ГМТ).

Отсечное торпедирование эффективно при мощности основной кровли менее 12 м, а именно в следующих условиях: породы непосредственной кровли обрушаются вслед за подвиганием очистного забоя, их мощность вдвое меньше, чем пласта,

а прочность менее 40 МПа. Породы основной кровли (мощностью более четырех мощностей пласта и прочностью более 80 МПа) зависают над выработанным пространством блоками с пролетом более 12 м.

Гидромикроторпедирование рекомендуется в следующих условиях:

породы непосредственной кровли мощностью до 1 м легко обрушаются и не склонны к размоканию. Породы основной кровли мощностью более четырех мощностей пласта и прочностью более 80 МПа, зависают над выработанным пространством блоками с пролетом менее 12 м.

Приложение 1

ХАРАКТЕРИСТИКА РАМНЫХ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЕЙ

1. ПЕРЕЧЕНЬ РАМНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КРЕПЕЙ

Крепь	Обозначения		Разработчик
	новое	старое	
Металлическая податливая арочная трехзвенная	КМП-А3	АП, АП-3, АКП МПК-А3 М, МН АП-3П, АП-3Ум А	ДонУГИ ИГД им. А. А. Скочинского НИИОГР Печорниипроект КузНИУИ
То же, четырехзвенная	КМП-А4	МПК-А4 МВ, МЗ, МВН МКА	ИГД им. А. А. Скочинского НИИОГР ДонУГИ
То же, пятизвенная	КМП-А5	АП-5 ИАК	ДонУГИ КузНИУИ
Металлическая податливая кольцевая четырехзвенная (шестизвенная)	КМП-К4 КМП-К6	КП КПК КПК-ПЛ МК, МКН	— 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 МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЕЙ

Сечение выработки в свету до осадки, м	Ширина выработки в свету до осадки, м	Тип спецпрофиля	Сопротивление крепи в податливом режиме, кН, в зависимости от вида соединительных узлов			Конструктивная вертикальная податливость крепи, мм
			прямые планки и скобы с резьбой	ЗСД	ЗПК, ОЗШ АП-ЗУм	
Арочная КМП-А3						
До 10,0	3,2—3,4	СВП-17	150	180	200	300/360
До 10,0	3,5—3,8	СВП-19	160	200	230	300/360
10,0—13,0	4,0—4,8	СВП-22	190	220	260	300/400
10,0—13,0	4,0—4,8	КГВ-21	—	—	260	—
10,0—13,0	4,0—4,8	СВП-27	210	250	290	300/400
13,0—18,0	5,2—5,5	СВП-27	—	250	290	300/400
13,0—18,0	5,2—5,5	СВП-33	—	310	320	300/400
18,0—20,0	5,5—6,0	СВП-33	—	310	320	—/400
Арочная КМП-А4						
10,0—13,0	4,0—4,8	СВП-22	—	—	260	—/400
14,0—18,0	5,2—5,5	СВП-27	—	—	290	—/400
18,0—20,0	5,5—6,0	СВП-33	—	—	320	—/400
Арочная КМП-А5						
До 10,0	3,2—3,4	СВП-17	150	180	200	600, 800, 1000
10,0—11,4	3,5—3,8	СВП-19	160	200	230	То же
11,6—14,3	4,0—4,8	СВП-22	190	220	260	»
14,3—16,2	4,2—4,8	СВП-27	210	250	290	»
16,4—19,0	5,2—5,5	СВП-27	—	250	290	»
16,4—19,0	5,2—5,5	СВП-33	—	310	320	»
19,0—20,0	5,5—6,0	СВП-33	—	310	320	»

Кольцевая КМП-К4

До 8,0	До 3,0	СВП-17	—	—	200	300
8,0—10,0	3,0—3,8	СВП-22	—	—	260	300
10,0—14,0	3,8—4,8	СВП-27	—	—	290	300

Трапециевидная (прямоугольная) КМП-Т(П)

8,0—11,0	3,8—5,0	СВП-22	—	220	260	700
8,0—11,0	3,8—5,0	СВП-27	—	240	—	700
9,5—13,1	3,8—5,0	СВП-22	—	220	—	1300
9,5—13,1	3,8—5,0	СВП-27	—	240	290	1300

Трапециевидная (прямоугольная) КМПТ(П) с одной средней стойкой

8,0—11,0	3,8—5,0	СВП-22	—	420	500	700
8,0—11,0	3,8—5,0	СВП-27	—	490	570	700
9,5—13,1	3,8—5,0	СВП-22	—	420	500	1300
9,5—13,1	3,8—5,0	СВП-27	—	490	570	1300

Примечания: 1. Конструктивная вертикальная податливость крепи: в числителе — с плоской планкой и ЗСД; в знаменателе — с замками ЗПК и ОЗШ.

2. Для крепей КМП-А5 первое, второе и третье значения конструктивной податливости относятся к крепи с дополнительной стойкой длиной соответственно 700, 900, 1200 мм.

3. Данные о сопротивлении крепей в податливом режиме представлены ДонУГИ и НИИОГР (замки ЗПК).

Назначение и область применения металлических податливых крепей

2.1. Арочная трехзвенная крепь КМП-А3 предназначена для крепления горизонтальных и наклонных одно- и двухпутевых выработок, проводимых в породах любой прочности вне зоны, а также в зоне влияния очистных работ, со смещением кровли до 300—400 мм, при отсутствии значительного бокового давления и пучения почвы, в основном с продолжительным сроком службы (более двух лет), при углах падения пластов до 35°.

2.2. Арочная пятизвенная крепь КМП-А5 предназначена для выработок, подверженных влиянию очистных работ, со значительным смещением пород кровли (до 1000 мм). Не рекомендуется применять крепь КМП-А5 в условиях воздействия на нее агрессивных вод.

2.3. Незамкнутая арочная четырехзвенная крепь КМП-А4 предназначена для крепления горизонтальных и наклонных подготовительных выработок преимущественно двухпутевого сечения, с продолжительным сроком службы (более двух лет), расположенных вне зоны и в зоне активного влияния очистных работ при ожидаемом опускании кровли до 600 мм и сближении боков выработки до 400 мм, а также при сравнительно небольшом пучении пород почвы, на пластах мощностью до 3,5 м, при углах падения пласта до 35° на глубинах свыше 900 м.

2.4. Замкнутая четырехзвенная крепь КМП-А4 предназначена для крепления выработок согласно п. 2.3, но при наличии пучащих пород в почве.

2.5. Кольцевая крепь КМП-К4 (КМП-К6) предназначена для крепления горизонтальных и наклонных одно- и двухпутевых выработок, проводимых в слабых горных породах вне зоны и в зоне влияния очистных работ, при значительном всестороннем горном давлении или пучащих породах в почве, в основном с продолжительным сроком службы (более двух лет).

2.6. Металлические трапециевидные (прямоугольные) податливые крепи КМП-Т(П) предназначены для крепления горизонтальных и наклонных выработок, преимущественно примыкающих к выемочному участку и подверженных активному влиянию очистных работ, при ожидаемом опускании пород кровли до 600 мм, а также отсутствии значительного бокового давления и пучения пород почвы при углах падения пластов до 18° и мощности от 1,2 до 3,5 м.

3. ПАРАМЕТРЫ ПОДАТЛИВЫХ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КРЕПЕЙ (ПО ДАННЫМ ИГД ИМ. А. А. СКОЧИНСКОГО)

Сечение выработок в свету до осадки, м²	Ширина выработки в свету до осадки, м	Сопротивление крепи в податливом режиме, кН	Конструктивная вертикальная податливость крепи, мм	Крепь
6—8	2,4—2,8	144	250	Трапециевидная (типа КЖТ)
11,0—13,0	3,8—4,8	192	60	Арочная
10,5—12,8	5,0	240	150	Кольцевая (типа ЖК)

Назначение и область применения железобетонных податливых крепей

3.1. Арочная крепь ПНИУИ предназначена для выработок со сроком службы более двух лет при смещении боковых пород до 100 мм и при наличии устойчивых пород почвы.

3.2. Кольцевая крепь типа ЖК конструкции ПНИУИ предназначена для горизонтальных и наклонных выработок со сроком службы более трех лет, проводимых вне зоны влияния очистных работ в слабых породах со всесторонним горным давлением при наличии пучащих пород почвы.

3.3. Трапециевидная крепь КЖТ конструкции КНИУИ предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 15°) выработок с площадью сечения в свету до 8 м², проводимых в устойчивых и средней устойчивости породах при отсутствии значительного пучения пород почвы, со сроком службы более двух лет. При больших сечениях выработок железобетонный верхняк заменяется металлическим из спецпрофилей СВП-22 или СВП-27.

4. ПАРАМЕТРЫ СМЕШАННОЙ КРЕПИ (ПО ДАННЫМ КУЗНИУИ)

Сечение выработки в свету, м	Длина верхняка в свету, м	Сопротивление рамы смешанной крепи, кН, при профиле проката верхняка				
		СВП-17	СВП-22	СВП-27	I № 18	I № 20
3,7—5,6	2,0	176	—	—	200	—
3,7—5,6	2,2	160	—	—	181	227
5,9—6,5	2,4	147	224	—	167	208
7,0	2,6	136	207	—	155	193
7,5—8,2	2,8	126	192	261	143	179
9,4	2,9	122	185	252	138	173

Сечение выработки в свету, м²	Длина верхняка в свету, м	Сопротивление рамы смешанной крепи, кН, при профиле проката верхняка				
		СВП-17	СВП-22	СВП-27	I № 18	I № 20
8,7	3,0	118	179	243	133	167
10,0	3,2	110	168	228	125	156
8,7—9,5	3,3	106	164	220	122	151
10,5	3,4	102	160	214	120	146

Примечание. Смешанная крепь состоит из деревянных стоек и металлического верхняка.

Назначение и область применения рамной смешанной и комбинированной крепей

4.1. Железобетонная податливая крепь (тип СП-2 конструкции ИГД им. А. А. Скочинского) предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 25°) выработок, проводимых вне зоны и в зоне влияния очистных работ, в устойчивых и средней устойчивости породах с боковым давлением до 0,5 МПа (5 тс/м²) и при отсутствии значительного пучения пород почвы выработок, в основном с продолжительным сроком службы (более двух лет).

4.2. Железобетонная арочная податливая крепь (тип АП конструкции НИИОГР) предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 25°) горных выработок, подверженных влиянию очистных работ, пройденных в породах средней устойчивости и неустойчивых, с вертикальным горным давлением до 1,0 МПа (10 тс/м²) при отсутствии пучения пород в почве выработки, в основном с продолжительным сроком службы (более двух лет).

4.3. Железобетонная арочная податливая крепь (типа КЖК-У конструкции КНИУИ) предназначена для крепления горизонтальных и наклонных (до 25°) горных выработок, подверженных влиянию очистных работ, проведенных в устойчивых и средней устойчивости породах при отсутствии пучения пород в почве выработки, в основном с продолжительным сроком службы (более двух лет).

4.4. Смешанная крепь из металлических верхняков и деревянных стоек предназначена для крепления горизонтальных и наклонных выработок, проводимых по пологим и наклонным пластам как вне зон, так и в зонах влияния очистных работ при расчетных смещениях пород кровли до 200 мм, при отсутствии пучения почвы.

Областью применения смешанной крепи являются конвейерные, вентиляционные и промежуточные штреки, наклонные выемочные выработки, а также участковые уклоны, бремсберги и ходки. Допустимо применять такую крепь для участковых квершлагов и других породных выработок при $S_{св}$ до 8 м² и сроке их службы до трех лет.

В условиях крутонаклонных и крутых пластов допустимо использовать смешанную крепь в конвейерных и промежуточных штреках. Для этих условий рекомендуется как обычная смешанная

крепь, так и конструкция, состоящая из металлического верхняка, одной деревянной и одной металлической податливых стоек.

4.5. Комбинированная крепь, представляющая собой сочетание анкерной и рамной металлической, железобетонной, смешанной или деревянной крепей, предназначена для горизонтальных и наклонных горных выработок в недостаточно устойчивых породах, где анкерная крепь в самостоятельном виде не обеспечивает устойчивость выработок.

5. ПАРАМЕТРЫ ДЕРЕВЯННОЙ КРЕПИ

Сечение выработки в свету до осадки, м²	Длина верхняка, м	Сопротивление рамы деревянной крепи, кН, при диаметре верхняка, см				
		16	18	20	22	24
3,7—5,6	2,0	64	91	125	—	—
3,7—5,5	2,2	58	83	114	—	—
4,2—6,5	2,4	54	76	105	—	—
4,8—6,5	2,6	—	70	97	—	—
5,2—7,2	2,8	—	65	90	119	—
5,8—7,2	3,0	—	61	84	111	—
6,4—7,4	3,2	—	57	78	104	—
6,4—8,0	3,4	—	54	74	98	—
6,4—9,4	3,6	—	—	70	93	—
7,4—9,8	3,9	—	—	64	86	—
7,6—10,3	4,1	—	—	61	81	106
7,9—11,1	4,5	—	—	56	74	97
9,5—12,0	4,8	—	—	—	70	90
10,4—12,5	4,9	—	—	—	—	89
10,4—12,5	5,0	—	—	—	—	87

Назначение и область применения деревянной крепи

5.1. Рамные крепи служат для подготовительных выработок, проводимых как вне зон, так и в зонах влияния очистных работ, с кратким сроком службы (до трех лет) в условиях небольших (до 150—200 мм) смещений пород, при сечении выработок в свету от 3,7 до 12,5 м².

5.2. Основная конструкция деревянной крепи — трапециевидная (реже прямоугольная) может быть неполной (без лежня), полной (с лежнем), усиленной (со средней стойкой или с подкосами).

Деревянные рамы усиленной конструкции применяют при большой ширине выработки или в условиях повышенного горного давления.

5.3. Наклонные выработки крепят преимущественно прямоугольными рамами и лишь при малых углах наклона (до 25°) — трапециевидными. Чтобы повысить устойчивость крепи и предохранить рамы от смещения по падению, вдоль выработки устанавливают

распорки между рамами. В выработках с углом наклона до 20° распорки между соседними рамами ставят у кровли, при 20—30° — у кровли и почвы.

В уклонах, бремсбергах и других наклонных выработках крепежные рамы устанавливают перпендикулярно почве выработки. Если породы кровли или почвы склонны к смещению (вниз по падению), то рамы устанавливают с наклоном 5—10° вверх по восстанию, т. е. в сторону, противоположную направлению сдвижения пород.

При креплении наклонных выработок особенной тщательности требует расклинивание рам.

6. ПАРАМЕТРЫ СРЕДСТВ УСИЛЕНИЯ КРЕПИ

Средства усиления основной крепи	N_s, кН
Гидравлические стойки типа 2ГВС или 2ГСК	300
Стойки трения постоянного сопротивления типа Т	250
Стойки усиления типа КМП-4 с кулачковыми замками	250
Крепи усиления типа КУ	400
Деревянные стойки высотой 2,0—2,5 м при диаметре 20 см или соответственно 2,6—3,5 м при 24 см	200
Промежуточные рамы крепи	См. пп. 2,3, 4, 5 прил. 1
Металлическая крепь с приваренными упорными планками или дополнительными хомутами	1,3 N_s (см. п. 2 прил. 1)
Стропильная крепь	См. пп. 2, 5 прил. 1

7. ПАРАМЕТРЫ СПОСОБОВ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

7.1. Скважинная разгрузка

7.1.1. Разгрузку пород скважинами применяют в одиночных выработках вне зоны влияния очистных работ, а также в погашаемых за первым очистным забоем, присечных и повторно используемых выработках.

Разгрузочные скважины бурят по угольному пласту в одной горизонтальной плоскости длиной 8—10 м, диаметром 250—400 мм с расстоянием между ними 0,8—1,0 диаметра скважины.

7.1.2. Разгрузочные скважины на пластах мощностью свыше 1,2 м бурят по методу многорядного расположения скважин. Их диаметр 200—300 мм. Количество промежуточных рядов скважин зависит от мощности угольного пласта. Расстояние между

скважинами двух соседних рядов в проекции на горизонтальную ось должно составлять 300—500 мм.

7.1.3. На гидрорудниках разгрузочные скважины бурят на расстоянии не более 10 м от забоя выработки. Параметры способа: диаметр скважин 500 мм, длина 4—5 м, расстояние между ними 0,6—1,0 м.

7.1.4. На газообильных шахтах разгрузочные скважины необходимо уплотнять мочевино-формальдегидной смолой-изопеной или тиксотропной заполняющей массой, состоящей из активированного бетонита, цемента и воды.

7.1.5. Для расширения области применения присечных выработок производят разгрузку массива угля впереди очистного забоя в погашаемой выработке по следующей схеме: разгрузочные скважины диаметром 200—300 мм бурят в боках погашаемой выработки по углю в обе стороны. При этом со стороны будущей присечной выработки глубину скважины принимают больше на величину ее ширины.

7.2. Щелевая разгрузка

7.2.1. Щелевую разгрузку применяют в одиночных выработках, находящихся вне зоны влияния очистных работ, а также в погашаемых за первым очистным забоем, присечных и повторно используемых выработках. В случае применения щелевой разгрузки в боках выработки целесообразно проводить щели с обеих ее сторон.

Длину щели $l_{щ}$ необходимо принимать равной 2/3 ширины выработки. В условиях Донбасса принимают $l_{щ} = 2{,}5$ м, высоту щели $h_{щ}$ — равной 60—70 мм.

7.2.2. При щелевой разгрузке в подошве выработки, например, с помощью врубовой машины «Урал-33» нарезают одну щель глубиной 1,8 м. Область применения способа: породы с сопротивлением одноосному сжатию 40—60 МПа. В случае проведения парных щелей их следует располагать от стенки на расстоянии (0,125—0,166) b, где b — ширина выработки, м. Оптимальная длина парных щелей $l_{щ} = 1/3\ b$, т. е. 1,3—1,9 м. Если в почве под пачкой слабых пород залегает толща устойчивых, то щели нарезают до контакта с устойчивой породой.

7.3. Взрывощелевая разгрузка (ВЩР)

7.3.1. Взрывощелевую разгрузку применяют в одиночных выработках, находящихся вне зоны влияния очистных работ, а также в погашаемых позади первого очистного забоя, присечных, повторно используемых и оформляемых позади очистного забоя.

7.3.2. Область применения для капитальных и подготовительных выработок, находящихся вне влияния очистных работ:

$$0{,}5 < \gamma H / R_c < 0{,}8.$$

Параметры способа: $l_ш = (0,5 - 0,75)b$, расстояние между шпурами $l = 0,2l_ш$, заряд 0,2—0,6 кг, длина забойки не менее 1,5 м.

7.3.3. Область применения для выемочных выработок:

$$(0,4 \div 0,5) < \frac{\gamma H}{mR_c} < 0,8,$$

где γH — напряженное состояние пород, МПа; m — вынимаемая мощность пласта, м; R_c — сопротивление пород сжатию, МПа. Не рекомендуется применять ВЩР в породах обводненных или содержащих большое количество глинистых примесей.

ВЩР следует выполнять при проходке выработок в процессе формирования вокруг выработки зон неупругих деформаций (ЗНД). Эффективность ВЩР тем выше, чем меньше времени прошло с момента проходки выработок. В породах средней прочности формирование ЗНД длится 2—3 месяца, в прочных — 4—6 месяцев. ВЩР проводят не позднее указанного срока с момента проходки выработки. Шпуры бурят в боках на высоте 0,3—0,5 м, через 0,5 м, длина шпуров 2,3—2,5 м, длина забойки 1,0—1,2 м, угол наклона шпуров к горизонту $\alpha_ш = 10—30°$, к оси выработки — перпендикулярно.

7.3.4. Разновидность ВЩР и скважинной разгрузки: разгрузочные скважины бурят в обеих стенках выработки. Расстояние между скважинами 0,75—1,0 м. Диаметр скважин 150 мм, длина 2,5—6,0 м. Между ними размещают шпуры диаметром 40 мм, длиной соответственно 2,5—6,0 м. В шпурах производят взрывание зарядов, в результате происходит развитие трещин между шпурами и скважиной и создается зона пониженных напряжений.

7.3.5. Наиболее эффективен способ ВЩР в сочетании с применением в выработках средств усиления крепи. Шпуры бурят в забое проводимой выработки под углами 25—65° на глубину 1,0—1,8 м. Стойки трения постоянного сопротивления устанавливают под арку и на опорную плиту со стороны почвы в 30 м впереди очистного забоя и снимают в 30 м позади него. Область эффективного применения: выработки, поддерживаемые вне зоны влияния очистных работ, а также оформляемые позади очистного забоя в выработанном пространстве; породы антрацитовых пластов (высокометаморфизованные, малоразмокаемые).

7.4. Способ активной разгрузки с последующим упрочнением пород (АРПУ)

Способ АРПУ заключается в том, что в подошве горной выработки с помощью буровзрывных работ создается трещиноватая зона. В эту зону через пробуренные тампонажные скважины нагнетают вяжущий раствор. После схватывания раствора в подошве выработки создается монолитная конструкция из упрочненных пород. Параметры способа: проектная глубина зоны разгрузки

2,5 м, количество шпуров по ширине выработки 3—4, расстояние между рядами шпуров в продольном и поперечном направлениях 1,2—2 м, расход тампонажного раствора на 1 м выработки 0,6—0,9 м^3. Диаметр шпуров 42 мм. Заряд в шпуре 0,3—0,6 кг. Тампонирование производится глубинным съемным инъектором типа КГМИ, насос с сопротивлением 0,5 МПа. Длина напорного трубопровода 20—40 м. Раствор В:Ц:П — от 2:1:1 до 1:1:2.

Качество упрочнения пород проверяют реометрическим методом до и после применения способа АРПУ. Сущность метода в изоляции опробываемого интервала шпура герметизирующим устройством и в измерении расхода нагнетаемого воздуха и скорости падения давления в аккумулирующей емкости.

7.5. Отсечное торпедирование

7.5.1. Отсечное торпедирование треднообрушаемых пород кровли вдоль выработок путем взрывания взрывчатых веществ (ВВ) в скважинах применяют в присечных и повторно используемых выработках.

Отсечные скважины (шпуры) бурят диаметром 42 мм на такую высоту, чтобы их забои находились на отметке 0,7 мощности труднообрушающихся пород, но не далее 3,5—4 м от контура выработки. Угол наклона скважины в сторону выемочного столба принимают таким, чтобы породный козырек оставался не менее 1 м. При прочности труднообрушающихся пород до 80 МПа расстояние между скважинами должно быть 4—5 м, при большей прочности — 2 м.

Длина забойки должна быть не менее 30 % длины скважины. Масса заряда определяется его длиной и массой ВВ на 1 м заряда. Мероприятия по технологии взрывания и обеспечению безопасности работ следует выполнять согласно Инструкции по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках (Л.: ВНИМИ, 1982).

Кратчайшее расстояние от очистного забоя до взрываемой скважины должно быть не менее 30 м.

7.6. Упрочнение пород скрепляющими растворами

7.6.1. Такой способ снижения ожидаемых проявлений горного давления эффективен при расположении выработок в трещиноватых породах или в породах, которые от влияния очистных работ разбиваются на блоки или становятся трещиноватыми.

Применяют три схемы упрочнения пород кровли скрепляющими растворами:

первая — непосредственно после проходки выработки вне зоны влияния очистных работ;

вторая — в 10—50 м от очистных забоев;

третья — в 30—60 м за очистным забоем после завершения активной стадии смещений пород.

При упрочнении бурят шпуры глубиной 2—3 м. В каждом сечении выработки бурят веер из 3—6 шпуров. Расстояние между сечениями l вдоль по выработке принимают, исходя из опыта нагнетания растворов, их проницаемости по трещинам и задаваемого напора при закачивании жидкости, по появлению раствора в скважинах последующего смежного веера. В общем, $l = 1{,}0$—2,5 м.

7.6.2. В качестве раствора для кратковременного упрочнения может быть применена мочевино-формальдегидная смола. Наиболее соответствуют требованиям по относительно малым срокам твердения и высокой адгезии магнезиальные суспензии.

Наибольший эффект достигается при двух (трех)-ступенчатом упрочнении. На первой ступени раствор подают в шпур под давлением 1,0—2,0 МПа, на следующей — под давлением 100—120 МПа, в зависимости от типа насоса.

К примеру, основной рецепт магнезиальной смеси: в 30 л воды растворяют 75—80 кг $MgCl_2$, в этот раствор засыпают 100 кг MgO. Раствор смешивают в специальной мешалке в течение 8—10 мин. В рабочем текучем состоянии смесь остается около 30 мин (время, используемое для инъекции раствора в шпуры).

Фаза схватывания составляет около 2 ч, полное отвердевание происходит через 40—50 ч, при этом прочность магнезиальной смеси достигает 50—80 МПа.

Для выполнения подобных работ применяют комплекс необходимого оборудования НВУ-30М, УН-35, УГН-2 и насосы, обеспечивающие требуемую производительность и остальные технические и технологические параметры.

Приложение 2

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 напластованию на глубине 800 м. Угол падения пород 15°. Вмещающие породы показаны на рис. 23. Характеристика слоев пород: *1* — песчаник, R_c = = 91 МПа, m_1 = 4,8 м; *2* — алевролит, R_c = 60 МПа, m_2 = 1,3 м; *3* — аргиллит, R_c = 40 МПа, m_3 = 2,2 м; *4* — уголь, R_c = 18 МПа, m_4 = 1,2 м; *5* — аргиллит, R_c = 38 МПа, m_5 = 2,4 м; *6* — алевролит, R_c = 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,

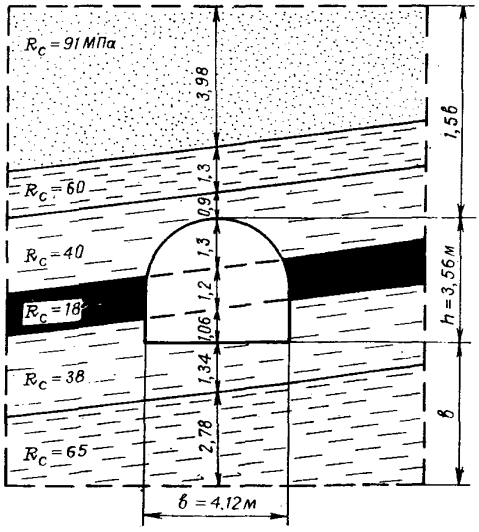


Рис. 23. Расчетная схема к примеру 1

находится вне тектонических нарушений. Крепь металлическая арочная податливая.

Р е ш е н и е: 1) определяем расчетную прочность пород. Для всех пород принимаем $k_с = 0{,}9$ (см. табл. 1). Тогда $R_с = 91 \cdot 0{,}9 = 82$ МПа; $R_{с_2} = 60 \cdot 0{,}9 = 54$ МПа; $R_{с_3} = 40 \cdot 0{,}9 = 36$ МПа; $R_{с_4} = 18 \cdot 0{,}9 = 16{,}2$ МПа; $R_{с_5} = 38 \cdot 0{,}9 = 34{,}2$ МПа; $R_{с_6} = 65 \cdot 0{,}9 = 58{,}5$ МПа. Выработка сухая, поэтому прочность не снижается от воздействия влаги (см. п. 5).

Расчетное сопротивление пород кровли сжатию (согласно п. 8) составит

$$R_{с.\,кр} = \frac{82 \cdot 3{,}98 + 54 \cdot 1{,}3 + 36 \cdot 0{,}9}{3{,}98 + 1{,}3 + 0{,}9} = 69{,}4 \text{ МПа};$$

аналогично для пород почвы

$$R_{с.\,пч} = \frac{34{,}2 \cdot 1{,}34 + 58{,}5 \cdot 2{,}78}{1{,}34 + 2{,}78} = 50{,}6 \text{ МПа}.$$

Расчетное сопротивление пород сжатию в боках выработки составит

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

Средневзвешенное сопротивление пород кровли и почвы сжатию

$$R_{с.ср} = \frac{82 \cdot 3{,}98 + 54 \cdot 1{,}3 + 36 \cdot 2{,}2 + 16{,}2 \cdot 1{,}2 + 34{,}2 \cdot 2{,}4 + 58{,}5 \cdot 2{,}78}{1{,}5 \cdot 4{,}12 + 3{,}56 + 4{,}12} = 53{,}4 \text{ МПа}$$

2) Смещения пород определяем по формулам (3):

$$U_{о(кр.\,пч)} = U_{т(кр.\,пч)} k_\alpha k_{ш} k_в k_l,$$

$$U_{о.\,б} = U_{т.\,б} k_\alpha k_0 k_{ш} k_в k_l,$$

где $k_\alpha = 1$ (см. табл. 2 при $\alpha \leqslant 20°$); $k_0 = 0{,}35$ при определении боковых смещений; $k_{ш} = 0{,}2(4{,}12 - 1) = 0{,}62$ по формуле (4) для почвы и кровли и $k_{ш} = 0{,}2(3{,}56 - 1) = 0{,}51$ по формуле (5) для боковых смещений; $k_в = 1$ (см. п. 12); $k_l = 1$; $U_{т.\,кр} = 50$ мм, $U_{т.\,пч} = 160$ мм, $U_{т.\,б} = 500$ мм (см. рис. 2 при $H = 800$ м и полученных значениях прочности пород кровли, почвы и боков).

$$U_{о.\,кр} = 50 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 1 = 31 \text{ мм},$$

$$U_{о.\,пч} = 160 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 1 = 100 \text{ мм},$$

$$U_{о.б} = 500 \cdot 1 \cdot 0{,}35 \cdot 0{,}51 \cdot 1 \cdot 1 = 89 \text{ мм};$$

3) Нагрузки на 1 м выработки определяем на основании смещений пород кровли по формуле (8):

$$P = P^н k_п k_{пр} b,$$

где $k_п = 1$ (для подготавливающей выработки); $k_{пр} = 0{,}6$ (по табл. 6 при $H = R_{с.\,ср} = 800/53{,}4 = 15$), $b = 4{,}12$ м (по условию), $P^н = 31$ КПа (по табл. 4 при $U_{о.\,кр} = 31$ мм и $b = 4{,}12$ м).

$$P = 31 \cdot 1 \cdot 0{,}6 \cdot 4{,}12 \approx 77 \text{ кН/м};$$

4) Крепь выбираем согласно п. 14 по прил. 1, исходя из ширины выработки: при $b = 4{,}12$ м принимаем арочную крепь из СВП-22 с планкой ЗСД с сопротивлением в податливом режиме $N_s = 220$ кН;

5) Плотность крепи выбираем согласно п. 15 по формуле (10): $n = P/N_s = 77/220 > 0{,}3$ рамы/м. Принимаем $n = 0{,}8$ рамы/м;

6) Податливость крепи при $P = 77$ кН/м выбираем по п. 17 из условия: $\Delta \geqslant U_{\text{о. кр}} k_{\text{ос}}$, по табл. 7 $k_{\text{ос}} = 1{,}0$. При $U_{\text{о. кр}} = 31$ мм имеем:

$$\Delta \geqslant 31 \cdot 1 = 31 \text{ мм}.$$

Следовательно, трехзвенная арочная металлическая крепь КМП-А3 из СВП-22 с податливостью до 300 мм (см. прил. 1) плотностью 0,8 рам/м обеспечит нормальную эксплуатацию рассматриваемой выработки.

Примечание. В качестве примера в табл. 39 показаны результаты выбора металлической податливой крепи для выработок, поддерживаемых вне зоны влияния очистных работ на разных глубинах и в разных породах (при прочих условиях, указанных в примере 1).

Таблица 39

H, м	Параметры крепи и плотность ее установки при значениях $r_{\text{с. ср}}$, МПа			
	20	40	60	80
300	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8—1 рама/м	КМП-А3 из СВП-22, ЗПК, n = 0,8 рамы/м		
600	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,33 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8—1 рама/м	КМП-А3 из СВП-22, ЗПК, n = 0,8 рамы/м	
900	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 2 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1—1,25 рамы/м	То же	
1200	КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК n = 2,5 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,67 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1 рама/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8 рамы/м
1500	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 2 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 2 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,33 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8—1 рамы/м

2. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ПО ОБРУШЕННЫМ ПОРОДАМ

Условия аналогичны примеру 1. Породы кровли плохо слеживающиеся.

Решение: 1) Определяем смещения пород кровли по п. 12. Согласно примеру 1 $U_{о.кр} = 31$ мм. Смещения в рассматриваемой выработке по п. 18 составляют $1{,}5U_{о.кр} = 1{,}5 \cdot 31 = 46$ мм.

2) Расчетную нагрузку на крепь определяем по формуле (8):

$$P = P^{н} k_{п} k_{пр} b,$$

где $k_{п} = 1{,}0$; $b = 4{,}12$ м (см. пример 1); $k_{пр} = 1{,}0$ (см. п. 13); $P^{н} = 31$ кПа (см. табл. 4 при $U_{о.кр} = 46$ мм).

$$P = 31 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}12 = 128 \text{ кН/м}.$$

3) Тип и плотность крепи устанавливаем по пп. 14 и 15. При ширине выработки 4,12 м принимаем крепь из СВП-22 с замками ЗПК, сопротивление которой 260 кН. Плотность такой крепи

$$n = P/N_s = 128/260 \geqslant 0{,}49 \text{ рамы/м}.$$

Принимаем $n = 0{,}8$ рамы/м.

4) Согласно п. 17 податливость крепи должна быть не менее 46 мм. Крепь КМП-А3 имеет максимальную податливость 400 мм. Таким образом, безремонтное поддержание этой выработки обеспечит металлическая арочная крепь КМП-А3 из СВП-22 плотностью 0,8 рамы/м.

Примечание. В качестве примера в табл. 40 даны результаты выбора металлической податливой крепи для выработок, проведенных по обрушенным породам в выработанном пространстве вне зоны влияния очистных работ на различных глубинах и в других породах, но при прочих условиях, соответствующих примеру 1.

Таблица 40

<table>
<tr><td rowspan="2">H, м</td><td colspan="4">Параметры крепи и плотность ее установки при $R_{с\ ср.}$, МПа</td></tr>
<tr><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td></tr>
<tr><td>300</td><td colspan="4">КМП-А3 из СВП-22, замок ЗСД, $n = 0{,}8$ рамы/м</td></tr>
<tr><td>600</td><td>КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, $n =$ $= 1{,}67$ рамы/м</td><td colspan="3">То же</td></tr>
<tr><td>900</td><td>КМП-А5 с ножкой 700 мм, из СВП-22, замок ЗПК, $n =$ $= 2{,}25$ рамы/м</td><td>КМП-А3 из СВП-22, замок ЗСД, $n = 1{,}5$ рамы/м</td><td colspan="2">$n = 0{,}8$ рамы/м</td></tr>
</table>

H, м	Параметры крепи и плотность ее установки при $R_{с\ ср}$, МПа			
	20	40	60	80
1200	КМП-А5 с ножкой 900 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = 2,5 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 2 рамы/м	n = 1,1 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗСД, n = 0,8 рамы/м
1500	КМП-А5 с ножкой 1200 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = 3 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 700 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = 2,5 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,67 рамы/м	n = 1 рама/м

3. ВЫРАБОТКА, ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ

а. Условия (рис. 24) аналогичны примеру 1, причем $H = 800$ м; $R_{с.\ кр} = 69{,}4$ МПа; $R_{с.\ пч} = 50{,}6$ МПа; $R_{с.ср} = 53{,}4$ МПа; $S = 10{,}3$ м^2, основная кровля пласта — среднеобрушающаяся.

Решение: 1) По аналогии с примером 1 сначала выбираем основную крепь. Для этого определяем смещения пород $U_{о.\ кр}$, находим нагрузку на крепь и оцениваем ее плотность. Из примера 1 имеем: $U_{о.\ кр} = 31$ мм, $P = 77$ кН, $n = 0{,}8$ рамы/м (крепь КМП-А3 из СВП-22 с планкой ЗСД).

2) Средства усиления крепи выбираем по величине смещений пород $U_{кр}$, определяемых по формуле (12):

$$U_{кр} = U_{о.\ кр} + U_1 k_{кр} k_s k_к,$$

где $U_{о.\ кр} = 31$ мм (см. пример 1); $k_{кр} = 1{,}0$ (см. табл. 10); $k_s = 1{,}0$ (по табл. 11); $k_к = 0{,}4$ (по рис. 5, *а* при $R_{с.\ пч} = 50{,}6$ МПа и $R_{с.\ кр} = 69{,}4$ МПа; $U_1 = 520$ мм (по рис. 4 при $R_{с.\ ср} = 53{,}4$ МПа и $H = 800$ м).

$$U_{кр} = 31 + 520 \cdot 1 \cdot 0{,}4 = 239 \text{ мм};$$

3) Суммарную расчетную нагрузку на крепь выработки за весь срок службы определяем согласно п. 10 по величине $U_{кр} = 239$ мм:

$$P = P^н k_п k_{пр} b,$$

где $k_п = 1{,}0$ (для подготавливающих выработок), $k_{пр} = 0{,}6$ (для выработок, пройденных комбайновым способом при $H/R_{с.\ ср} = 800/53{,}4 = 15$, по табл. 6); $b = 4{,}12$ м (по условию); $P^н = 78$ кПа (табл. 4 при $U_{кр} = 239$ мм).

$$P = 78 \cdot 1 \cdot 0{,}6 \cdot 4{,}12 = 193 \text{ кН/м}.$$

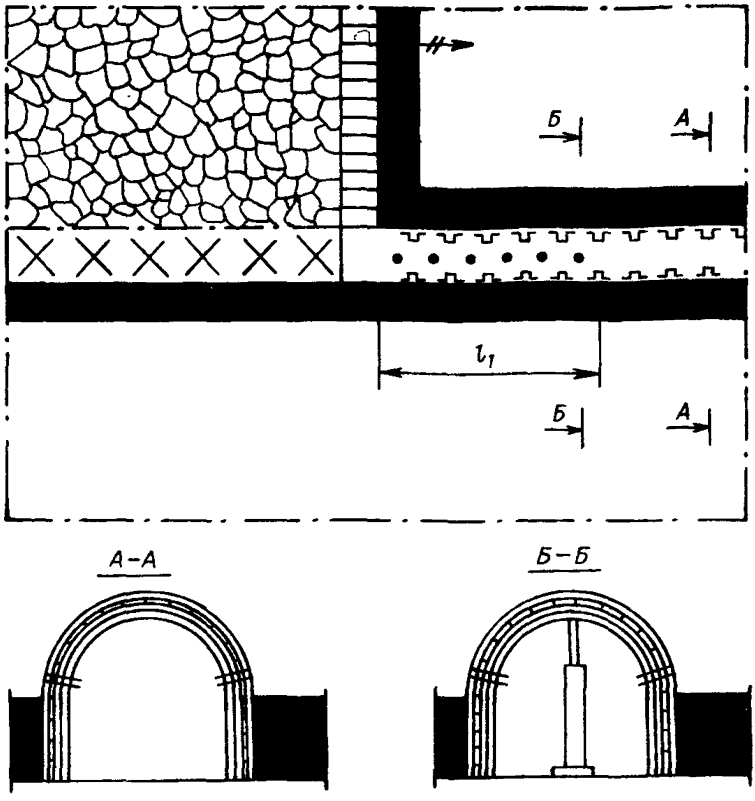


Рис. 24. Схема охраны выработок, поддерживаемых в массиве угля в зоне опорного давления очистного забоя

4) Плотность установки средств усиления n_1 определяем из выражения (14) — см. п. 19.

$$n_1 \geqslant (P_1 - n N_s)/N_{s_1},$$

где $P_1 = 193$ кН/м; $n = 0{,}8$ рамы/м; $N_s = 220$ кН (прил. 1); $N_{s_1} = 200$ кН (там же — для деревянной стойки).

$$n_1 \geqslant \frac{193 - 0{,}8 \cdot 220}{200} \geqslant 0{,}084 \text{ ст/м}.$$

Окончательно плотность установки средств усиления выбираем по технологическим соображениям и принимаем $n_1 = 0{,}4$ ст/м, т. е. стойку усиления устанавливаем под каждую вторую раму крепи под прогон.

5) Выбираем крепь по податливости в соответствии с п. 14;

$$\Delta \geqslant U_{кр} k_{oc} k_{yc},$$

где $k_{oc} = 1$ (по табл. 7 при $P = 77$ кН/м; $k_{yc} = 1$ (см. табл. 8 при $n_1 = 0{,}4$); $U_{кр} = 239$ мм;

$$\Delta \geqslant 239 \cdot 1 \cdot 1 = 239 \text{ мм}.$$

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 забоя лавы (см. табл. 12) необходимо усилить металлическими стойками трения под каждой второй рамой под прогон.

Примечание. В качестве примера в табл. 41 даны результаты выбора металлической податливой крепи для выработок, погашаемых позади забоя лавы, поддерживаемых на других глубинах и в других породах при прочих условиях, указанных в примере 3.

Таблица 41

H, м	Параметры основной крепи и средств усиления при $R_{с.ср}$, МПа			
	20	40	60	80
300	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8—1 рамы/м;	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8 рамы/м		
		Без усиления крепи		
600	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,33 рамы/м	n = 1 рама/м;	» »	» »
	Металлические стойки трения, 0,75 ст/м	Без усиления крепи		
900	КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = = 2 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,25 рамы/м	n = 0,8 рамы/м	» »
	n_1 = 1 ст/м	Металлические стойки трения, n_1 = 0,63 ст/м;	n_1 = 0,4 ст/м	Без усиления крепи
1200	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = = 2,5 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 700 мм из замок ЗПК, n = 1,67 рамы/м	n = 1 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК; n = = 0,8 рамы/м
	Без усиления крепи	Металлические стойки трения n_1 = 0,9 ст/м	n_1 = 0,5 ст/м	n_1 = 0,8 ст/м
1500	КМП-А5 с ножкой 1200 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = = 3,0 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 700 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = 2 рамы/м	n = 1,67 рамы/м	То же
	Без усиления крепи	Металлические стойки трения n_1 = 1 ст/м	n_1 = 0,75 ст/м	

б. Условия: глубина горных работ 300 м, средневзвешенное расчетное сопротивление сжатию вмещающих пород 20 МПа, ширина выработки 4,1 м при $S = 10$ м^2, буровзрывная проходка.

Решение: 1) Основную крепь выбираем, определив $U_{о.кр}$, $P^н$, P и плотность установки крепи:

$$U_{о.кр} = U_{т.кр} k_\alpha k_ш k_в k_t,$$

где $U_{т.кр} = 160$ мм, $k_\alpha = k_б = k_t = 1$, $k_ш = 0{,}62$, $U_{о.кр} = 99{,}2$ мм, $P^н = 45$ кПа, $P = P^н k_п k_{пр} b = 45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 184{,}5$ кН/м.

Принимаем деревянную крепь с верхняком диаметром 20 см. Из прил. 1 (п. 5) имеем $N_s = 61$ кН. Следовательно, $n = 184{,}5/61 = 3$ деревянные рамы/м.

2) Определяем смещения пород с учетом влияния первой лавы по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + U_1 k_{кр} k_s k_к,$$

где $U_{о.кр} = 99{,}2$ мм, $U_1 = 430$ мм, $k_{кр} = 1$ (среднеобрушающаяся кровля), $k_s = 1$, $k_к = 0{,}5$; $U_{кр} = 314{,}2$ мм.

Суммарная расчетная нагрузка на крепь P_1 за весь срок службы выработки при $U_{кр} = 314{,}2$ мм равна $P_1 = P_1^н k_п k_{пр} b = 90 \times 1 \times 4{,}1 = 369$ кН/м.

Плотность установки средств усиления крепи определяем из выражения (14): $n_1 \geqslant (P_1 - n N_s)/N_{s_1} = (369 - 3 \cdot 61)/200 \approx 1$ деревянная ст/м под прогон.

в. Условия аналогичны примеру а ($H = 800$ м, $b = 4{,}1$ м, $k_к = 0{,}5$, но при $R_{с.ср} = 40$ МПа).

Решение: $U_{о.кр} = 148{,}5$ мм, $P^н = 48$ кПа, $P = 196{,}8$ кН/м, $n = 3$ деревянные рамы/м, $U_1 = 640$ мм, $U_{кр} = 468{,}5$ мм, $P_1^н = 106$ КПа, $P_1 = 434{,}6$ кН/м, $n = 3$ ст/м. Принимаем одну деревянную стойку под каждую раму.

г. Условия: глубина горных работ 300 м, $R_{с.ср} = 40$ МПа, ширина выработки 3,4 м при $S = 10$ м^2, проходка буровзрывная.

Решение: 1) Выбираем основную крепь. Определяем $U_{о.кр}$ по формуле (12), $P^н$ из табл. 4, P по формуле (8), n по формуле (10); $U_{о.кр} = 25$ мм, $P^н = 24$ кПа, $P = 81{,}6$ кН/м. Принимаем смешанную крепь: деревянные стойки и металлический верхняк из СВП-22. Из прил. 1, п. 4 имеем $N_s = 160$ кН. Следовательно, $n \geqslant 81{,}6/160 \geqslant 0{,}5$, принимаем 0,8 рамы/м.

2) Проверяем необходимость усиления смешанной крепи в зоне влияния первой лавы. Определяем $U_{кр}$ по формуле (12), P_1 по табл. 4, P_1 по формуле (8):

$U_{кр} = 120$ мм, $P^н = 44$ кПа, $P_1 = 150$ кН/м, $n_1 \geqslant \dfrac{150 - 0{,}8 \cdot 160}{200} \geqslant$

$\geqslant 0{,}1$ ст/м. Принимаем $n_1 = 0{,}4$ ст/м.

д. Условия аналогичны примеру г, но при $R_{с.ср} = 20$ МПа.

Решение: 1) $U_{о.кр} = 81{,}4$ мм, $P^{н} = 32$ кПа, $P = 108{,}8$ кН/м, $n = 108{,}8/160 = 0{,}8$ рамы/м.

2) $U_{кр} = 296$ мм, $P_1^{н} = 78$ кПа, $P_1 = 265$ кН/м, $n_1 = 0{,}8$ ст/м. Принимаем одну деревянную стойку под каждую раму.

е. Условия: выработку проводят на глубине 100 м в многолетнемерзлых породах по пласту угля мощностью 3 м. Высота выработки 3 м, ширина $b = 3{,}7$ м, $S = 10$ м^2. В кровле в диапазоне $1{,}5b$, т. е. 5,55 м залегают слоистые породы ($R_с = 14$ МПа). Коэффициент $k_с = 1$ для многолетнемерзлых пород (см. п. 6). $R_с$ пласта = 10 МПа, в почве в диапазоне $1b = 3{,}7$ м залегают породы с $R_с = 4$ МПа. Проходка буровзрывная.

Определяем $R_{с.ср} = 1 \times \dfrac{5{,}55 \cdot 14 + 3 \cdot 10 + 3{,}7 \cdot 4}{12{,}25} = \dfrac{122{,}5}{12{,}25} = 10$ МПа

Решение: 1) Выбираем основную крепь. Определяем $U_{о.кр} = U_{т.кр} k_\alpha k_ш k_б k_t$, где $U_{т.кр} = 100$ мм, $k_\alpha = k_в = k_t = 1$, $k_ш = 0{,}54$. $U_{о.кр} = 54$ мм. $P^{н} = 27$ кПа (из табл. 4). $k_п = k_{пр} = 1$ (см. п. 13), $P = 27 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3{,}7 = 100$ кН/м.

Принимаем крепь КМП-А3, имеющую замки с плоскими планками. Из прил. 1 (п. 2) следует: $N_s = 190$ кН.

Определяем плотность установки крепи: $n \geqslant 100/190 \geqslant 0{,}5$. Принимаем $n = 0{,}8$ рамы/м.

2) Проверяем необходимость усиления металлической крепи в зоне влияния первой лавы. Определяем $U_{кр}$ по формуле (12), $P_1^{н}$ по табл. 4, P_1 по формуле (8): $U_{кр} = 104$ мм, $P_1^{н} = 42$ кПа, $P_1 = 155{,}4$ кН/м. $n_1 \geqslant \dfrac{P_1 - nN_s}{N_{s_1}}$. Предусматриваем в качестве средства усиления деревянные стойки ($N_{s_1} = 200$ кН).

$$n_1 \geqslant \frac{155{,}4 - 0{,}8 \cdot 190}{200} \approx 0.$$ Усиление крепи не требуется.

ж. Условия аналогичны примеру е, но в качестве основной принимаем деревянную крепь, $N_s = 70$ кН при $b = 3{,}4$ м (см. прил. 1, п. 6).

Решение: 1) По аналогии с примером е имеем $U_{о.кр} = 54$ мм, $P^{н} = 25$ кПа, $P = 85$ кН/м, $n \geqslant P/N_s \geqslant 85/70 \geqslant 1{,}2$ рамы/м. Принимаем $n = 1{,}25$ деревянные рамы/м. 2) $U_{кр} = 104$ мм, $P_1^{н} = 42$ кПа, $P_1 = 142{,}8$ кН/м. $n_1 \geqslant \dfrac{P_1 - nN_s}{N_{s_1}}$. Предусматриваем в качестве средств усиления крепи деревянные стойки:

$$n \geqslant \frac{142{,}8 - 1{,}25 \times 70}{200} = \frac{55}{200} \geqslant 0{,}27 \text{ ст/м}.$$

Допустима установка под прогон деревянных стоек с плотностью 0,625 ст/м.

4. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВПРИСЕЧКУ БЕЗ ОСТАВЛЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ПОЛОСЫ

Условия: выработка (рис. 25) проводится по напластованию на глубине 500 м. Угол падения 10°. Вмещающие породы показаны на рис. 26. Характеристика слоев: *1* — песчано-глинистый сланец. $R_c = 52$ МПа, $m = 8$ м, *2* — глинистый сланец, $R_c = 30$ МПа, $m = 1$ м, *3* — уголь, $R_c = 12$ МПа, $m = 2{,}5$ м; *4* — глинистый сланец, $R_c = 28$ МПа, $m = 1{,}5$ м; *5* — песчаный сланец, $R_c = 60$ МПа, $m = 3$ м. Расстояние от свода арки до пласта 0,5 м. Выработка пройдена комбайновым способом, сечение в свету до осадки 9 м^2, ширина в проходке 3,5 м, высота 3 м. Срок службы выработки 2 года. Выработка сухая, вне тектонических нарушений. Кровля — среднеобрушающаяся.

Решение: 1) Определяем расчетную прочность пород. Для всех пород принимаем $k_c = 0{,}9$ (см. табл. 1). Тогда получим $R_{c_1} = 52 \cdot 0{,}9 = 46{,}8$ МПа, $R_{c_2} = 30 \cdot 0{,}9 = 27$ МПа, $R_{c_3} = 12 \times \times 0{,}9 = 10{,}8$ МПа, $R_{c_4} = 28 \cdot 0{,}9 = 25{,}2$ МПа, $R_{c_5} = 60 \cdot 0{,}9 = = 54$ МПа.

Расчетная прочность пород кровли составит

$$R_{\text{с. кр}} = \frac{46{,}8 \cdot 4{,}75 + 27 \cdot 0{,}5}{4{,}75 + 0{,}5} = \frac{235{,}8}{5{,}25} = 44{,}9 \text{ МПа}.$$

$$R_{\text{с. пч}} = \frac{25{,}2 \cdot 1{,}5 + 54 \cdot 2{,}0}{3{,}5} = \frac{145{,}8}{3{,}5} = 41{,}7 \text{ МПа}.$$

Средневзвешенная прочность пород кровли и почвы равна

$$R_{\text{с. ср}} = \frac{4{,}75 \cdot 46{,}8 + 1{,}27 + 2{,}5 \cdot 10{,}8 + 1{,}5 \cdot 25{,}2 + 2 \cdot 54}{5{,}25 + 3{,}0 + 3{,}5} = \frac{422{,}1}{117{,}5} = 35{,}9 \text{ МПа}.$$

Вначале выбираем основную крепь. Для этого определяем смещения пород по формуле:

$$U'_{\text{кр}} = (U'_{\text{пр}} + 2v'_0)k' k_s k_{\text{к}},$$

где $U'_{\text{пр}} = 160$ мм, при $H = 500$ м и $R_{\text{с. ср}} = 35{,}9$ МПа, $v'_0 = = 48$ мм/мес, $k_s = 0{,}95$ (при $S = 9{,}0$ м^2), $k' = 1$ (по условию полной присечки), $k_{\text{к}} = 0{,}48$ (см. рис. 5, при $R_{\text{с. кр}} = 44{,}9$ МПа и $R_{\text{с. пч}} = 41{,}7$ МПа).

$$U'_{\text{кр}} = (160 + 2 \cdot 48) \cdot 0{,}95 \cdot 1 \cdot 0{,}48 = 116{,}7 \text{ мм}.$$

По величине $U'_{\text{кр}}$ определяем нагрузку $P^{\text{н}}$. Из табл. 4 получаем $P^{\text{н}} = 42$ кПа. Затем находим $P = P^{\text{н}} k_{\text{п}} k_{\text{пр}} b$, где $k_{\text{п}} = 1{,}0$, $k_{\text{пр}} = 0{,}6$ (комбайновая проходка), $b = 3{,}5$ м, $P^{\text{н}} = 42$ кПа.

$$P = 1 \cdot 076 \cdot 3{,}5 \cdot 42 = 88{,}2 \text{ кН/м}.$$

Плотность основной крепи $n \geqslant P/N_s \geqslant 88{,}2/190 \geqslant 0{,}46$ рамы/м. Принимаем крепь типа КМП-А3 из СВП-22 (замки с прямыми планками и скобами с резьбой) с плотностью 0,8 рамы/м.

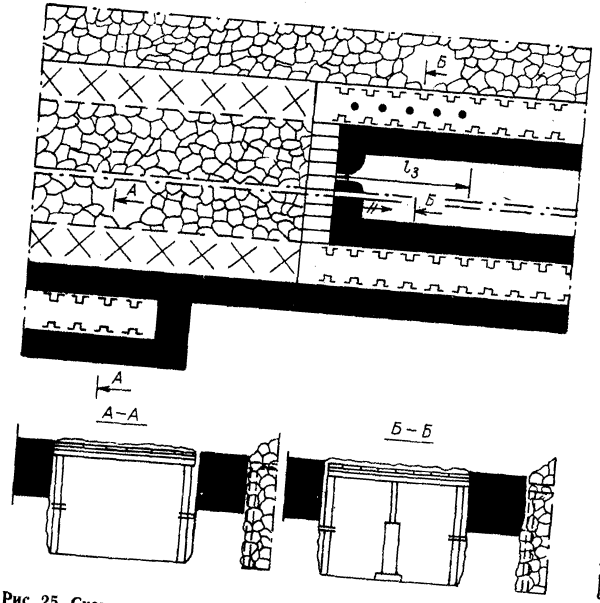


Рис. 25. Схема проведения выработок вприсечку к выработанному пространству

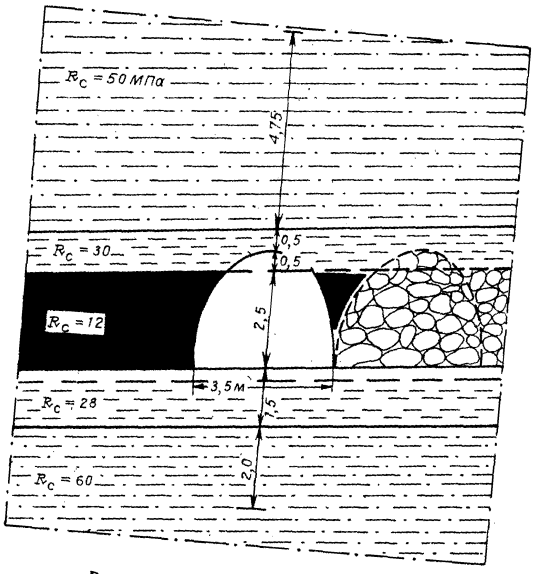


Рис. 26. Расчетная схема к примеру 4

2) Средства усиления выбираем на основании расчета смещений пород кровли по формуле:

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

где $U'_{кр} = 116{,}7$ мм, $U'_1 = 420$ мм, $k_{кр} = 1$, $k_s = 0{,}95$, $k_к = 0{,}48$, $k' = 1$.

$$U_{кр} = 116{,}7 + 420 \cdot 1 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}48 \cdot 1 = 308 \text{ мм}.$$

Определяем нагрузку P''_1. Из табл. 4 имеем $P''_1 = 80$ кПа.

Находим суммарную нагрузку на крепь в зоне влияния очистных работ по формуле (8):

$$P_1 = 1{,}0 \cdot 0{,}6 \cdot 3{,}5 \cdot 80 = 168 \text{ кН/м}.$$

По формуле (14), предусматривая в качестве средств усиления деревянные стойки, определяем их плотность:

$$n_1 = \frac{168 - 0{,}8 \cdot 190}{200} \geqslant 0{,}1 \text{ ст/м}.$$

Окончательно плотность установки стоек усиления принимаем по технологическим условиям равной 0,4 стойки/м, т. е. под каждую вторую раму под прогон.

3. Выбираем металлическую крепь по податливости в соответствии с п. 17:

$$\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} k_{ус}.$$

При $k_{ос} = 1$, $k_{ус} = 1$ имеем $\Delta \geqslant 308$ мм.

Принимаем трехзвенную крепь КМП-А3 из СВП-22 с податливостью 400 мм плотностью 0,8 рамы/м. В зоне влияния очистных работ на расстоянии 30 м впереди очистного забоя (см. табл. 13) основную крепь усиливаем деревянными стойками под каждую вторую раму под прогон.

Примечание. В качестве примера в табл. 42 даны результаты выбора металлической податливой крепи для присечных выработок, поддерживаемых на других глубинах и в других породах при прочих условиях, указанных в примере 4.

Таблица 42

H, м	Параметры основной крепи и средств усиления крепи присечных выработок при $R_{с.\,ср}$, МПа			
	20	40	60	80
300	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, $n = 0{,}8$ рамы/м Без усиления крепи			
600	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, $n = 0{,}8$ рамы/м			
	Металлические стойки трения, $n_1 = 0{,}8$ ст./м	Без усиления крепи		

Окончание табл. 42

H, м	Параметры основной крепи и средств усиления крепи присечных выработок при $R_{с.\,ср}$, МПа			
	20	40	60	80
900	КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = = 1 рама/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8 рамы/м		
	Металлические стойки трения, n = = 0,8 ст/м		Без усиления крепи	
1200	КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 1 рамы/м	n = 0,8 рамы/м	n = 0,8 рамы/м	n = 0,8 рамы/м
	Металлические стойки трения n = 1 ст/м	n_1 = 0,8 ст/м	n_1 = 0,8 ст/м	Без усиления крепи
1500	КМП-А5 с ножкой 700. мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,1 рамы/м	n = 1 рама/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8 рамы/м	
	Металлические стойки трения n_1 = 1,1 ст/м	n_1 = 1 ст/м	n_1 = 0,8 ст/м	n_1 = 0,4 ст/м, т. е. под подхват 1 стойка на 2 рамы

5. ВЫРАБОТКА, СОХРАНЯЕМАЯ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Условия: $H = 600$ м, $S = 13$ м^2, $b = 4{,}1$ м, $h = 3{,}6$ м, кровля в пределах 1,5 ширины выработки: песчаный сланец, $m = 5{,}95$ м, $R_с = 50$ МПа; песчано-глинистый сланец, $m = 2$ м, $R_с = 30$ МПа; уголь, $m = 1{,}8$ м, $R_с = 12$ МПа, почва в пределах ширины выработки: песчано-глинистый сланец, $m = 1{,}8$ м, $R_с = 28$ МПа; песчаный сланец, $m = 2{,}5$ м, $R_с = 60$ МПа (рис. 27).

Выработка эксплуатируется три года: один — до влияния первого очистного забоя, два последующих — до погашения вторым очистным забоем. Выработка пройдена буровзрывным способом. За первым очистным забоем она охраняется органной крепью. Основная кровля пласта — среднеобрушающаяся.

Решение: 1) Определяем расчетную прочность пород: принимаем $k_с = 0{,}9$. Тогда $R_{с_1} = 50 \cdot 0{,}9 = 45$ МПа, $R_{с_2} = 30 \times \times 0{,}9 = 27$ МПа, $R_{с_3} = 12 \cdot 0{,}9 = 10{,}8$ МПа, $R_с = 28 \cdot 0{,}9 = = 25{,}2$ МПа, $R_с = 60 \cdot 0{,}9 = 54$ МПа.

$$R_{с.\,кр} = \frac{5.95 \cdot 45 + 0{,}2 \cdot 27}{6{,}15} = \frac{273{,}15}{6{,}15} = 44{,}4 \text{ МПа};$$

$$R_{с.\,пч} = \frac{1{,}8 \cdot 25{,}2 + 2{,}3 \cdot 54}{1{,}8 + 2{,}3} = \frac{169{,}56}{4{,}1} = 41{,}4 \text{ МПа};$$

$$R_{с.\,ср} = \frac{273{,}15 + 169{,}56 + 27 \cdot 1{,}8 + 10{,}8 \cdot 1{,}8}{13{,}85} = 36{,}9 \text{ МПа};$$

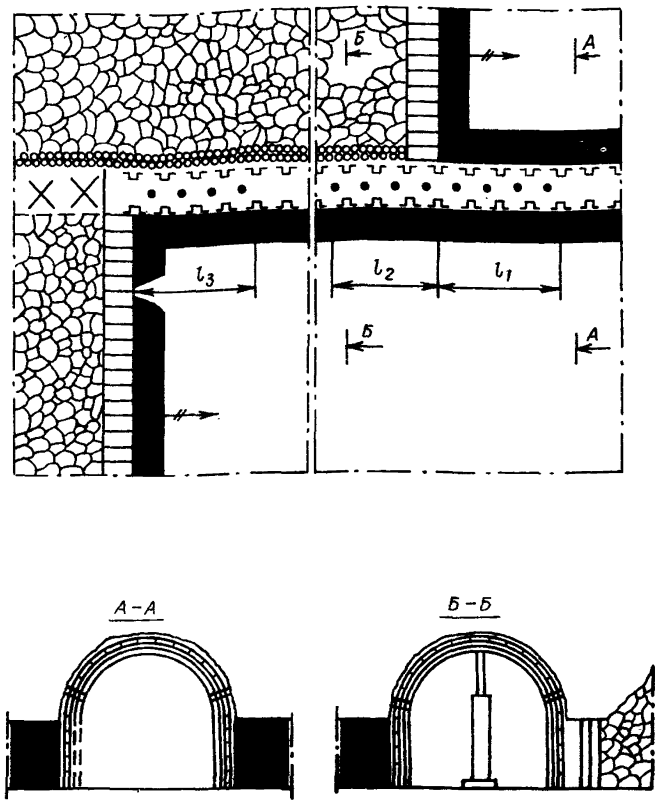


Рис. 27. Схема расположения выработок, сохраняемых для повторного использования

2) Выбираем основную крепь, устанавливаемую при проведении выработки. Для этого определяем смещения пород кровли по формуле (3), где $k_\alpha = 1$ (см. табл. 2 при $\alpha \leqslant 20°$); $k_ш = 0{,}62$ — см. формулу (4),

$$k_в = 1,\ k_l = 1,\ U_{т.кр} = 120 \text{ мм},\ U_{о.кр} = 74{,}4 \text{ мм}.$$

По величине $U_{о.кр}$ определяем нагрузку $P^{н}$. Из табл. 4 имеем $P^{н} = 38$ кПа. По формуле $P = P^{н}k_{п}k_{пр}b$, где $P^{н} = 38$ кПа, $K_{п} = 1$, $k_{пр} = 1$, $b = 4{,}1$ м, имеем

$$P = 38 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 155{,}8 \text{ кН/м}.$$

Плотность основной крепи $n \geqslant P/N_s \geqslant 0{,}71$ рамы/м.

Принимаем $n = 0{,}8$ рамы/м. Выбираем крепь КМП-А3 из СВП-22 с замками типа ЗСД.

2. Выбор средств усиления впереди первого очистного забоя производим на основании расчета смещений пород по формуле (12)

$$U_{кр} = U_{о.кр} + U_1 k_{кр} k_s k_{к},$$

где $U_{о.кр} = 74{,}4$ мм, $k_{кр} = 1$, $k_s = 1{,}15$, $k_{к} = 0{,}48$, $U_1 = 590$ мм.

$$U_{кр} = 74{,}4 + 590 \cdot 1 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}48 = 400 \text{ мм}.$$

Определяем нагрузку $P_1^{н}$ по величине $U_{кр} = 400$ мм. Из табл. 4 имеем $P_1^{н} = 101$ кПа. Вычисляем суммарную нагрузку на крепь в зоне влияния первого очистного забоя:

$$P_1 = 101 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 414{,}1 \text{ кН/м}.$$

По формуле (14), предусматривая в качестве средств усиления металлические стойки трения, определяем их плотность:

$$n_1 = \frac{P_1 - nN_s}{N_{s_1}} \geqslant \frac{414{,}1 - 1{,}0 \cdot 220}{250} \geqslant 0{,}78 \text{ стойки/м}.$$

Принимаем $n_1 = 0{,}8$ стойки/м.

Протяженность участка усиления крепи равна 25 м (см. табл. 14).

3. Для определения средств усиления крепи позади забоя первой лавы и впереди второго очистного забоя рассчитываем смещения пород по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (2U_1 k_{к} + mk_{охр}k_{t_1})k_{кр}k_s,$$

где $U_{о.кр} = 74{,}4$ мм, $U_1 = 590$ мм, $k_{к} = 0{,}48$, $m = 1{,}8$ м, $k_{охр} = 0{,}2$ (см. п. 21), $k_{t_1} = 1$ (см. табл. 15), $k_{кр} = 1$, $k_s = 1{,}15$.

$$U_{кр} = 74{,}4 + (2 \cdot 590 \cdot 0{,}48 + 1800 \cdot 0{,}2 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 1{,}15 = 1139{,}8 \text{ мм}.$$

Определяем суммарную нагрузку на крепь выработки по величине $U_{кр} = 1139{,}8$ мм:

$$P_2 = P_2^{н}k_{п}k_{пр}b = 647{,}8 \text{ кН/м},$$

где $P_2^{н} = 158$ кПа (см. табл. 4), $k_{п} = 1$, $k_{пр} = 1$, $b = 4{,}1$ м.

Определяем количество средств усиления на 1 м выработки — см. формулу (18):

$$n_2 \geqslant \frac{P_2 - nN_s}{N_{s_2}} \geqslant \frac{647{,}8 - 0{,}8 \cdot 220}{250} \geqslant 1{,}88 \text{ ст/м}.$$

Таблица 43

H, м	Крепь	Параметры основной крепи и средств усиления крепи при $R_{сж\ ср}$, МПа			
		20	40	60	80
300	Основная крепь при проходке	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 1 рамы/м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, n = 1 рама/м		n = 0,8 рамы/м
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	Деревянные стойки или металлические стойки трения, n_1 = 1 ст/м	Металлические стойки трения, n_1 = 1 ст/м		n_1 = 0,8 ст/м
	Средства усиления крепи позади забоя первой и впереди забоя второй лавы	n_2 = 1,6 ст/м под прогон	Металлические стойки трения n_2 = 1 ст/м		n_2 = 1 ст/м под прогон
600	Основная крепь при проходке	КМП-А5 с ножкой 1200 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,33 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8 рамы/м		КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8 рамы/м
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	n_1 = 0,75 ст/м под прогон	Металлические стойки трения n_1 = 0,8 ст/м		
	Средства усиления крепи позади забоя первой и впереди забоя второй лавы	n_2 = 1,5 ст/м под прогон	Металлические стойки трения n_2 = 1,6 ст/м под прогон	n_2 = 1,1 ст/м под прогон	n_2 = 1 ст/ м под прогон
900	Основная крепь при проходке	КМП-А5 с ножкой 1200 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 2 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 1 рама/м		n = 0,8 рамы/м

Окончание табл. 43

H, м	Крепь	Параметры основной крепи и средств усиления крепи при $R_{t\ ср}$, МПа			
		20	40	60	80
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	Металлические стойки трения $n_1 = 1$ ст/м под прогон		$n_1 = 0,8$ ст/м	
	Средства усиления крепи позади забоя первой и впереди забоя второй лавы	Металлические стойки трения $n_2 = 1$ ст/м под прогон	$n_2 = 1,75$ ст/м под прогон	$n_2 = 1,6$ ст/м под прогон	$n_2 = 1,25$ ст/м под прогон
1200	Основная крепь при проходке	КМП-А5 с ножкой 1200 мм из СВП-22, замок ЗПК $n = 2,5$ рамы/м	$n = 1,67$ рамы/м	$n = 1$ рама/м	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, $n = 0,8$ рамы/м
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	Без усиления крепи	Металлические стойки трения $n_1 = 0,5$ ст/м под прогон	$n_1 = 1$ ст/м	$n_1 = 0,8$ ст/м
	Средства усиления крепи позади забоя первой и впереди забоя второй лавы	Металлические стойки трения, $n_2 = 1,75$ ст/м под прогон	$n_2 = 1,25$ ст/м под прогон	$n_2 = 1,75$ ст/м под прогон	$n_2 = 1,6$ ст/м под прогон
1500	Основная крепь при проходке	Не рекомендуется	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК $n = 2$ рамы/м	$n = 1,33$ рамы/м	$n = 0,8$ рамы/м
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	»	Металлические стойки трения, $n_1 = 0,5$ ст/м под прогон	$n_1 = 0,6$ ст/м под прогон	$n_1 = 0,8$ ст/м
	То же, позади забоя первой лавы и впереди забоя второй	»	То же, $n_2 = 1,2$ ст/м под прогон	$n_2 = 1,33$ ст/м	$n_2 = 1,6$ ст/м

Принимаем $n_2 = 2$ ст/м. На участках усиления l_2 и l_3 (см. табл. 14) надо устанавливать по две металлические стойки трения на 1 м под прогон.

4. Проверяем крепь по податливости

$$\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} k_{ус}.$$

$$\Delta \geqslant 1139{,}8 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}59 \geqslant 659 \text{ мм}.$$

Принимаем КМП-А5 с ножкой 900 мм; $\Delta = 800$ мм; из СВП-22; плотностью 1 рама/м с установкой на участке l_1 под крепь 1 стойки/м, а на участках l_2 и l_3 — 2 стойки/м.

Примечание. В качестве примера в табл. 43 показаны результаты выбора металлической податливой крепи для выработок, сохраняемых и используемых повторно на других глубинах и в других породах, но при прочих равных условиях, указанных в примере 1.

6. СПАРЕННЫЕ ВЫРАБОТКИ, ПОГАШАЕМЫЕ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ЦЕЛИКА УГЛЯ

Условия: $R_{с.кр} = 33{,}3$ МПа, $R_{с.пч} = 33{,}3$ МПа, $R_{с.ср} = 30$ МПа, $k_к = 0{,}5$, глубина $H = 900$ м, $m = 1{,}2$ м, $S = 10{,}3$ м^2 ширина выработки 4,1 м, $\alpha = 10°$. Выработка проводится спаренной с целиком между ними 40 м (рис. 28). Общий срок службы три годы: один — до влияния лавы I, два — в зоне влияния лавы I до погашения лавой II. Основная кровля пласта — среднеобрушающаяся. Проходка выработок — комбайновая.

Решение: 1) Выбираем основную крепь в спаренной выработке, на первом этапе находящейся вне зоны влияния очистных работ по аналогии с примером 1:

а) определяем $U_{о.кр} = U_{т.кр} k_\alpha k_ш k_в k_t$, где $k_\alpha = 1$, $k_ш = 0{,}2(4{,}1 - 1) = 0{,}62$, $k_в = 1$, $k_t = 0{,}9$, $U_{т.кр} = 570$ мм.

$$U_{о.кр} = 570 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 0{,}9 = 318 \text{ мм};$$

б) определяем $P^н$ по величине $U_{о.кр} = 318{,}0$ мм. $P^н = 90$ кПа. Вычисляем $P = P^н k_п k_{пр} b = 90 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 369$ кН/м;

в) выбираем крепь КМП-А3 из СВП-22 с замком ЗПК, $n \geqslant 1{,}42$ рамы/м. Принимаем $n = 1{,}43$ рамы/м.

2) Выбор средств усиления крепи в спаренной выработке, охраняемой временным целиком, производим на основании расчета смещений пород кровли по формуле (19);

$$U_{кр} = U_{о.кр} + [U_1^ц(1 + k_ц) + \Delta U_1^ц] k_{кр} k_s k_к,$$

где $U_{о.кр} = 318$ мм, $U_1^ц = 100$ мм (см. рис. 9 при $H = 900$ м, $R_{с.ср} = 30$ МПа, $l_ц = 40$ м), $k_ц = 1{,}15$ (см. табл. 17); $\Delta U_1^ц = 570$ мм; $k_{кр} = 1$, $k_s = 1{,}0$, $k_к = 0{,}5$.

$$U_{кр} = 318 + [100(1 + 1{,}15) + 570] \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 = 670 \text{ мм}.$$

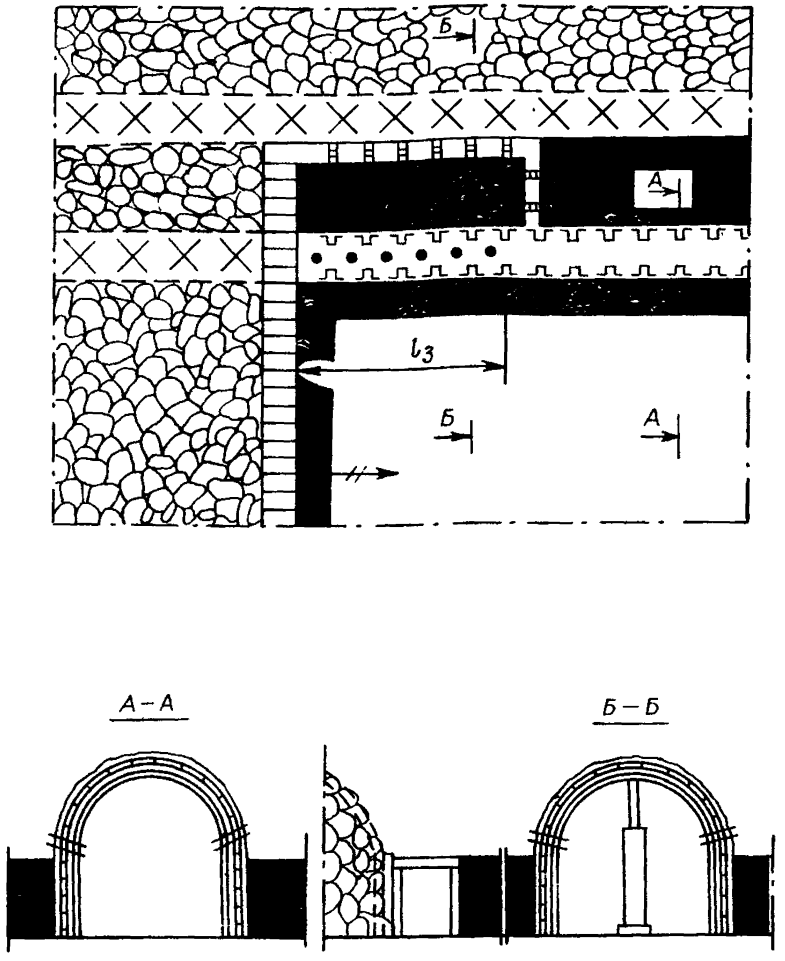


Рис. 28. Схема поддержания спаренных выработок, которые разделяет целик угля, извлекаемый одновременно с очистным забоем

Определяем суммарную нагрузку на крепь выработки:

$$P_1 = P_1' k_п k_{пр} b = 128 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 525 \text{ кН/м},$$

где P_1 — см. табл. 4.

Плотность средств усиления крепи определяем по формуле (14):

$$n_1 \geqslant \frac{P_1 - n N_s}{N_{s_1}} \geqslant \frac{525 - 1{,}43 \cdot 260}{250} \geqslant 0{,}66 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n = 0{,}71$ ст/м, т. е. одна стойка на две рамы под прогон.

3) Крепь по податливости выбираем из условия $\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} \times \times k_{ус}$. При $k_{ос} = 0{,}84$, $k_{ус} = 0{,}86$; имеем $\Delta = 0{,}84 \cdot 0{,}86 \cdot 670 = = 515$ мм. В этом случае предлагаемая крепь КМП-А3 из СВП-22 с податливостью 400 мм не подходит. При условии $U_{кр} > \Delta$ необходимо принимать крепь с большей податливостью. Принимаем КМП-А5 из СВП-22 с дополнительной ножкой длиной 700 мм. Податливость этой крепи составляет 600 мм.

Следовательно, в спаренной выработке устанавливают крепь КМП-А5 с дополнительной ножкой 700 мм, из СВП-22, плотность 1,43 рамы/м с усилением в зоне влияния второй лавы металлическими стойками трения из расчета 0,71 ст/м, т. е. одна стойка на две рамы под прогон.

Далее (табл. 44) приведены примеры выбора крепи в спаренной выработке, охраняемой временным целиком при разных глубинах в породах, но при прочих условиях, соответствующих примеру 6.

Таблица 44

H, м	Крепь, рамер целика	Параметры крепи и средств ее усиления, размеры целиков при $R_{с.ср}$, МПа		
		20	40	60
300	Основная крепь	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, $n = 0{,}8$ рамы/м $b_ц = 30$ м	$b_ц = 25$ м	
	Средства усиления крепи	Металлические стойки трения, $n_1 = 0{,}8$ ст/м	Металлические стойки, $n =$ $= 0{,}8$ ст/м	
600	Основная крепь	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, $n = 1{,}25$ рамы/м, $b_ц = 40$ м	$n = 0{,}8$ рамы/м, $b_ц = 35$ м	
	Средства усиления крепи	Металлические стойки трения, $n_1 = 1{,}25$ ст/м	Металлические стойки, $n_1 =$ $= 0{,}8$ ст/м	
900	Основная крепь	КМП-А5 с ножкой 700 мм, из СВП-22, замок ЗПК, $n =$ $= 1{,}43$ рамы/м, $b_ц = 40$ м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, $n = 1$ рама/м, $b_ц = 35$ м	
	Средства усиления крепи	Металлические стойки трения, $n_1 = 1{,}43$ ст/м	$n_1 = 1$ ст/м	
1200	Основная крепь	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, $n = 2$ рамы/м, $b_ц = 40$ м	КМП-А5 с ножкой 700 мм, из СВП-22, замок ЗПК, $n =$ $= 1{,}33$ рамы/м, $b_ц = 40$ м	КМП-А3 из СВП-22, замок ЗПК, $n = 1{,}1$ рама/м, $b_ц = 40$ м

Окончание табл. 44

H, м	Крепь, размер целика	Параметры крепи и средств ее усиления, размеры целиков при $R_{с\ ср}$, МПа		
		20	40	60
1200	Средства усиления крепи	Металлические стойки трения, $n_1 = 1$ ст/м	$n_1 = 0{,}75$ тс/м	$n_1 = 0{,}5$ ст/м под прогон
1500	Основная крепь	КМП-А5 с ножкой 1200 мм, из СВП-22, замок ЗПК, $n = 2$ рамы/м, $b_ц = 40$ м	КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК, $n = 1{,}67$ рамы/м, $b_ц = 40$ м	$n = 1{,}33$ рамы/м, $b_ц = 40$ м
	Средства усиления крепи	Металлические стойки трения, $n_1 = 1$ ст/м	$n_1 = 0{,}875$ ст/м	$n_1 = 0{,}75$ ст/м под прогон

7. СПАРЕННЫЕ ВЫРАБОТКИ, РАЗДЕЛЕННЫЕ ПОРОДНОЙ ПОЛОСОЙ, СОЗДАВАЕМОЙ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОТРАБОТКЕ ВТОРОЙ ЛАВЫ

а. Условия: $R_{с.\ кр} = 33{,}3$ МПа, $R_{с\ пч} = 33{,}3$ МПа, $R_{с.\ ср} = 30$ МПа, $k_к = 0{,}5$; глубина 900 мм, $m = 1{,}2$ м, $S = 10{,}3$ м^2 (ширина выработки 4,1 м), $\alpha = 10°$ (рис. 29). Выработки проводятся спаренными одиночными забоями на расстоянии 40 м одна от другой. Общий срок службы выработки три года: один до влияния лавы I, два — в зоне влияния лавы I до погашения лавой II. Основная кровля пласта — среднеобрушающаяся. Проходка выработок — комбайновая.

Решение: 1) Выбираем основную крепь по аналогии с примером 6. $U_{о.\ кр} = 318$ мм, $P = 369$ кН/м, крепь КМП-А5 из СВП-22 с замком ЗПК, $n \approx 1{,}43$ рамы/м.

2) Выбираем средства усиления крепи при отработке первой лавы на основании расчета смещений пород по формуле (20):

$$U_{кр} = U_{о.\ кр} + (0{,}2m + 0{,}8U_1 k_к k_{кр}) k_s.$$

$$U_{кр} = 318 + (0{,}2 \cdot 1200 + 0{,}8 \cdot 810 \cdot 0{,}5 \cdot 1) \cdot 1 = 882 \text{ мм};$$

$$P_1'' = 140 \text{ кПа}, \quad P = 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 \cdot 140 = 574 \text{ кН/м};$$

$$n_1 \geqslant \frac{574 - 143 \cdot 260}{250} \geqslant 0{,}6 \text{ ст/м}.$$

Принимаем плотность установки средств усиления $n_1 = 0{,}71$ стойки/м под прогон. Участок крепи впереди забоя первой лавы — 25 м.

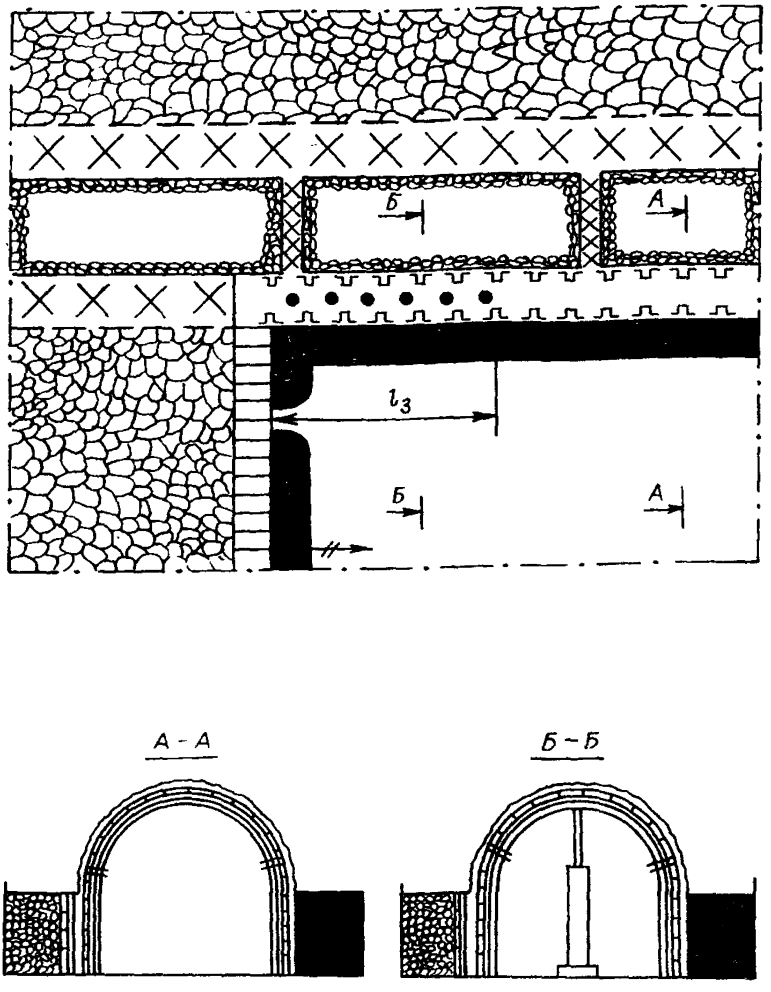


Рис. 29. Схема поддержания спаренных выработок, разделенных породной полосой, выкладываемой во время их проходки

3) Выбираем средства дополнительного усиления крепи впереди забоя второй лавы на основании расчета смещений пород по формуле (22):

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (1{,}8U_1 k_{кр} k_к + 0{,}36m)k_s.$$

$$U_{кр} = 318 + (1{,}8 \cdot 810 \cdot 1 \cdot 0{,}5 + 0{,}36 \cdot 1200) \cdot 1 = 1480 \text{ мм}.$$

$$P_2^н = 180 \text{ МПа}; \; P_2 = 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 \cdot 180 = 738 \text{ кН/м}.$$

$n_2 \geqslant \frac{738 - 1{,}43 \cdot 260}{250} \geqslant 1{,}46$ ст/м. Впереди забоя второй лавы необходимо увеличить плотность средств усиления крепи. Принимаем $n_2 = 1{,}43$ ст/м.

4) Податливость крепи проверяем по формуле:

$$\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} k_{ус} \geqslant 1480 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}63 = 792 \text{ мм}.$$

Следовательно, в спаренной выработке необходимо применять КМП-А5 с ножкой 900 мм, из СВП-22, замок ЗПК, $n = 1{,}43$ рамы/м с установкой впереди забоя лавы I на 25 м под прогон стоек усиления плотностью 0,71 ст/м, а позади забоя лавы I на 65 м и впереди забоя лавы II на 35 м — металлических стоек трения, плотностью 1,43 ст/м.

б. Условия: аналогичны примеру *а*, но спаренные выработки проводят общим забоем по углю.

Решение: 1) Выбираем основную крепь в спаренных выработках на основании расчета смещений по формуле:

$$U_{о.\,кр} = 0{,}2 m k_s,$$

где $m = 1{,}2$ м, $k_s = 1$ (при $S = 10{,}3$ м^2, см. табл. 11).

$$U_{о.\,кр} = 0{,}2 \cdot 1200 \cdot 1 = 240 \text{ мм}.$$

$P^н = 78$ кПа (см. табл. 4); $P = 78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 319{,}8$ кН/м.

Принимаем КМП-А5 из СВП-22 с замком ЗПК, $n \geqslant 319{,}8/260 \geqslant 1{,}25$. Принимаем 1,25 рамы/м.

2) Выбираем средства усиления крепи при отработке первой лавы на основании расчета смещений пород по формуле (21):

$$U_{кр} = (0{,}2m + 0{,}8U_1 k_к k_{кр}) k_s,$$

где $m = 1200$ мм, $U_1 = 810$ мм (см. рис. 4), $k_к = 0{,}5$ (см. рис. 5), $k_{кр} = 1$ (см. табл. 10), $k_s = 1$;

$$U_{кр} = (0{,}2 \cdot 1200 + 0{,}8 \cdot 810 \cdot 0{,}5 \cdot 1) \cdot 1 = 564 \text{ мм}.$$

$P_1^н = 118$ кПа, $P_1 = 118 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 483{,}8$ кН/м.

$n_1 \geqslant \frac{483{,}8 - 1{,}25 \cdot 260}{250} \geqslant 0{,}64$ ст/м. Принимаем $n_1 = 0{,}625$ ст/м, т. е. одну стойку под прогон на две рамы.

3) Выбираем средства дополнительного усиления крепи впереди забоя второй лавы на основании расчета смещений пород по формуле (23):

$$U_{кр} = (1{,}8 U_1 k_{кр} k_к + 0{,}36m) k_s,$$

где $U_1 = 810$ мм, $k_{кр} = 1$, $k_к = 0{,}5$, $m = 1{,}2$ м, $k_s = 1$;

$$U_{кр} = (1{,}8 \cdot 810 \cdot 1 \cdot 0{,}5 + 0{,}36 \cdot 1200) \cdot 1 = 1161 \text{ мм}.$$

$P_2^н = 160$ кПа, $P_2 = 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 \cdot 160 = 656$ кН/м.

Таблица 45

H, м	Крепь	Параметры основной крепи и средств ее усиления при $R_{с\ ср}$, МПа			
		20	40	60	80
600	Основная крепь	КМП-А5 с ножкой 1200 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = = 1,25 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 900 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = = 0,8 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 0,8 рамы/м	
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	Металлические стойки трения, n_1 = 1,25 ст/м	n_1 = 0,4 ст/ м под прогон		Без усиления крепи
	То же, второй	То же, n_2 = 1,5 ст/м под прогон	То же, n_2 = 0,8 ст/м		Металлические стойки трения, n_2 = 0,4 ст/м под прогон
900	Основная крепь	КМП-А5 с ножкой 1200 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = = 1,33 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22, замок ЗПК, n = 1 рама/м	n = 0,8 рамы/м	
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	n_1 = 0,75 ст/м под прогон	Металлические стойки трения, n_1 = 1 ст/м	n_1 = 0,4 ст/м под прогон	
	То же, впереди забоя второй лавы	То же, n_2 = 1,5 ст/м	То же, n_2 = 2 ст/м	То же, n_2 = 0,8 ст/м	
1200	Основная крепь	КМП-А5 с ножкой 1200 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = = 1,67 рамы/м	КМП-А5 с ножкой 900 мм, из СВП-22, замок ЗПК, n = 1,33 рамы/м	n = 0,8 рамы/м	
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	n_1 = 0,875 ст/м под прогон	Металлические стойки трения, n_1 = 0,75 ст/м под прогон	n_1 = 0,8 ст/м	n_1 = 0,4 ст/м под прогон

Окончание табл. 45

H, м	Крепь	Параметры основной крепи и средств ее усиления при $R_{с.ср}$, МПа			
		20	40	60	80
	То же, впереди забоя второй лавы	То же, $n_2 = 1{,}75$ ст/м	То же, $n_2 = 1{,}33$ ст/м	То же, $n_2 = 1{,}5$ ст/м	То же, $n_2 = 0{,}8$ ст/м
1500	Основная крепь	КМП-А5 с ножкой 1200 мм, из СВП-22, замок ЗПК, $n = 2{,}0$ рамы/м	КМП-А5 с ножкой 900 мм, из СВП-22, замок ЗПК, $n = 1{,}67$ рамы/м	$n = 1{,}25$ рамы/м	$n = 0{,}8$ рамы/м
	Средства усиления крепи впереди забоя первой лавы	$n_1 = 0{,}875$ ст/м под прогон	Металлические стойки трения, $n_1 = 0{,}83$ ст/м под прогон	$n_1 = 0{,}875$ ст/м под прогон	$n_1 = 0{,}8$ ст/м
	То же, впереди забоя второй лавы	под прогон	То же, $n_2 = 1{,}25$ ст/м под прогон	под прогон	То же, $n_2 = 1$ ст/м под прогон

$n_2 \geqslant \frac{656 - 1{,}25 \cdot 260}{250} \geqslant 1{,}32$ ст/м. Принимаем $n_2 = 1{,}25$ ст/м, т. е. под каждую раму.

4) Податливость крепи проверяем по формуле:

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

где $k_{ос} = 0{,}87$ (см. табл. 7), $k_{ус} = 0{,}65$, $U_{кр} = 1161$ мм.

$$\Delta \geqslant 0{,}87 \cdot 0{,}65 \cdot 1161 \geqslant 656{,}5 \text{ мм}$$

Принимаем КМП-А5 с ножкой 900 мм, $\Delta = 800$ мм, из СВП-22, с замком ЗПК, плотность 1,25 рамы/м, с установкой впереди забоя первой лавы одной металлической стойки под прогон на две рамы, а позади забоя первой и впереди забоя второй лавы — одной стойки усиления под каждую раму.

Примеры выбора крепи и средств усиления в спаренной выработке, используемой при отработке второй лавы, если между спаренными выработками во время проходки извлекается целик и возводится породная полоса, показаны в табл. 45.

8. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ (ОФОРМЛЯЕМАЯ) ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Условия: $R_{с.кр} = 33{,}3$ МПа, $R_{с.пч} = 33{,}3$ МПа, $R_{с.ср} = 30$ МПа, $k_к = 0{,}5$, $H = 900$ м, $m = 1{,}2$ м, $S = 10{,}3$ м^2, ширина выработки 4,1 м. Выработка охраняется породной полосой (рис. 30).

Решение: 1) Определяем смещения пород кровли по формуле (26):

$$U_{кр} = k_{охр} m k_s,$$

где $k_{охр} = 0{,}2$ (см. п. 21), $m = 1200$ мм, $k_s = 1$ (см. табл. 11);

$$U_{кр} = 0{,}2 \cdot 1200 \cdot 1 = 240 \text{ мм}.$$

2) Расчетную нагрузку на крепь находим согласно п. 13 по величине $U_{кр} = 240$ мм. Из табл. 4 имеем $P^н = 78$ кПа.

$$P = 78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 320 \text{ кН/м};$$

3) Плотность установки рам крепи определяем по формуле (12), принимая КМП-А3 из СВП-22 с сопротивлением 260 кН (замок ЗПК):

$$n \geqslant 320/260 = 1{,}25 \text{ рамы/м}.$$

4) Проверяем металлическую крепь по податливости: $\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} \geqslant 240 \cdot 0{,}87 \geqslant 209$ мм. Крепь КМП-А3 по податливости подходит.

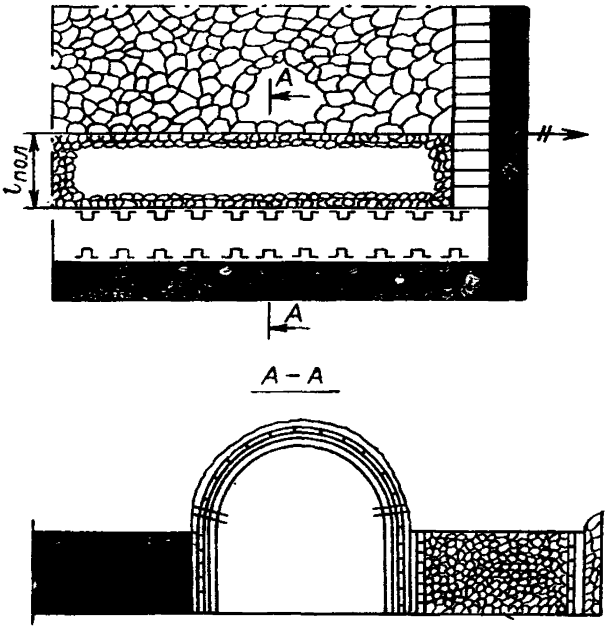


Рис. 30. Схема расположения выработок, проводимых (оформляемых) позади очистного забоя

Далее, в табл. 46 показаны примеры выбора крепи в выработках, оформляемых позади очистного забоя, при $m = 1 - 1{,}5$ м и способах охраны выработки породной полосой, возводимой с помощью пневмозакладочных комплексов, двойными двусторонними породными полосами или одинарной полосой, выкладываемой вручную.

Таблица 46

m, м	n, рам/м, основной крепи (КМП-А3, СВП-22, ЗПК) при охране выработки полосами		
	породной	двойными двусторонними	бутовой
1,0	1,0	1,33	1,33
1,2	1,25	1,67	1,67
1,5	1,33	1,67	2,0

Примечание. Породная полоса выкладывается комплексом, двойные двусторонние и бутовая — вручную.

9. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ (ОФОРМЛЯЕМАЯ) ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ И СОХРАНЯЕМАЯ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Условия: аналогичны примеру 8. Основная кровля среднеобрушающаяся (рис. 31).

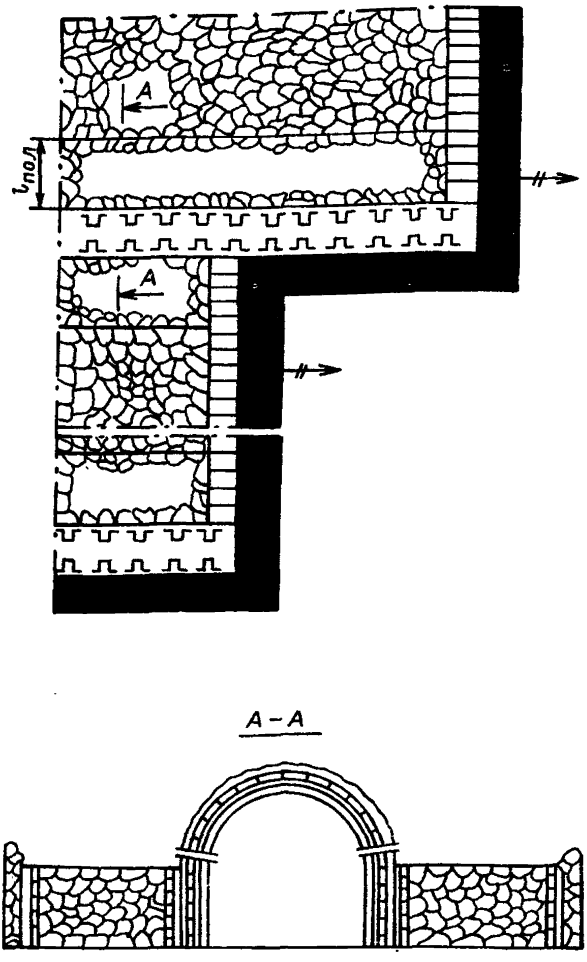


Рис. 31. Схема расположения выработок, проводимых (оформляемых) за очистным забоем и сохраняемых для повторного использования

Р е ш е н и е: 1) Выбираем основную крепь по аналогии с примером 8; имеем: КМП-А3, СВП-22, замок ЗПК с плотностью 1,25 рамы/м (для $m = 1{,}2$ м).

2) Выбираем средства усиления крепи в зоне влияния отрабатываемой лавы с помощью формулы (28):

$$U_{кр} = (k_{охр} m + U_2 k_{т.р} k_к) k_s,$$

где $k_{охр} = 0{,}2$, $m = 1200$ мм, $U_2 = U_1 = 820$ мм (см. рис. 4 для $H = 900$ м и $R_{с\,ср} = 30$ МПа), $k_к = 0{,}5$ (см. рис. 5, *а*), $k_s = 1$ (см. табл. 11 при $S = 10{,}3$ м^2).

$$U_{кр} = (0{,}2 \cdot 1200 + 820 \cdot 1 \cdot 0{,}5) \cdot 1 = 240 + 410 = 650 \text{ мм}.$$

Суммарную нагрузку определяем согласно п. 13 по величине $U_{кр} = 650$ мм, имеем $P_1^н = 126$ кПа, $P_1 = 516$ кН/м. По формуле (14) имеем $n_1 \geqslant \frac{516 - 1{,}25 \cdot 260}{250} \geqslant 0{,}83$ ст/м.

Принимаем $n_1 = 1{,}25$ ст/м, стойки устанавливают под каждую раму на участке протяженностью 30 м (см. табл. 12) впереди движущегося очистного забоя;

3) Проверяем металлическую рамную крепь по податливости, исходя из условия (11), где $U_{кр} = 650$ мм, $k_{ос} = 0{,}88$; $k_{ус} = 0{,}65$ (см. табл. 7); $\Delta \geqslant 650 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}65 \geqslant 372$ мм. Условие (11) удовлетворяется, следовательно крепь КМП-А3 обеспечит сохранность выработки.

Далее, в табл. 47, показаны примеры выбора крепи и средств ее усиления в выработках, оформляемых позади очистного забоя и повторно используемых для отработки смежных лав. Выработки охраняются одинарной породной полосой, выкладываемой пневмозакладочным комплексом.

Таблица 47

H, м	m, м	Параметры основной крепи и средств ее усиления при $R_{с.ст}$, МПа			
		20	30	40	50
300	1,0	КМП-А3, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}0$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 0{,}65$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}4$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}3$ ст/м под прогон	
600	1,0	КМП-А5 с ножкой 700 мм. СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}0$ р./м	КМП-А3, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}0$ рамы/м		
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 0{,}85$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}8$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant$ ст/м под прогон	
900	1,0	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}1$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 1$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}85$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}8$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}7$ ст/м под прогон
1200	1,0	КМП-А5 с ножкой 700 м, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}25$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 1$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}9$ ст/м под прогон	$n \geqslant 0{,}85$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}8$ ст/м под прогон
1500	1,0	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}33$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 1$ ст/м под прогон		$n_1 \geqslant 0{,}9$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}85$ ст/м под прогон

H, м	m, м	Параметры основной крепи и средств ее усиления при $R_{с\ ср}$, МПа			
		20	30	40	50
300	1,5	КМП-А3, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}33$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 0{,}5$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}2$ ст/м под прогон		
600	1,5	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, $n = 1{,}33$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 0{,}6$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}5$ ст/м под прогон		$n_1 \geqslant 0{,}3$ ст/м под прогон
900	1,5	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}33$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 0{,}65$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}6$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}5$ ст/м под прогон	
1200	1,5	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}67$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 0{,}7$ ст/м под прогон		$n_1 \geqslant 0{,}6$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}5$ ст/м под прогон
1500	1,5	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 2{,}0$ рамы/м			
		Металлические стойки трения			
		$n_1 \geqslant 0{,}8$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}7$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}6$ ст/м под прогон	$n_1 \geqslant 0{,}5$ ст/м под прогон

10. ВЫРАБОТКА ВНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

Условия: откаточный штрек, $b = 4$ м, $h = 3$ м, $S = 10$ м^2, пройден буровзрывным способом по пласту мощностью $m = 2$ м с углом падения $\alpha = 60°$ (рис. 32).

В основной кровле залегает алевролит мощностью 5,5 м и прочностью $R_с = 40$ МПа. Непосредственная кровля — аргиллит, $R_с = 25$ МПа, $m = 2{,}5$ м. Прочность угля 10 МПа. В непосредственной почве залегает алевролит, $R_с = 40$ МПа, $m = 2$ м. Ниже расположен мощный песчаник, $R_с = 80$ МПа. Срок службы выработки 10 лет, глубина $H = 800$ м, тектоническая нарушенность незначительная, обводненность слабая.

Решение: 1) Определяем расчетное сопротивление сжатию пород в кровле, почве и боках в соответствии с п. 8. Коэффициент $k_с$ (см. табл. 1) принимаем 0,9.

Согласно условию и рис. 32 по формуле (2) определяем

$$R_{с.\,ср} = 0{,}9\,\frac{40 \cdot 3{,}0 + 25 \cdot 3 + 25 \cdot 0{,}7 + 10 \cdot 4{,}4 + 40 \cdot 0{,}9}{12} = 21{,}9 \text{ МПа};$$

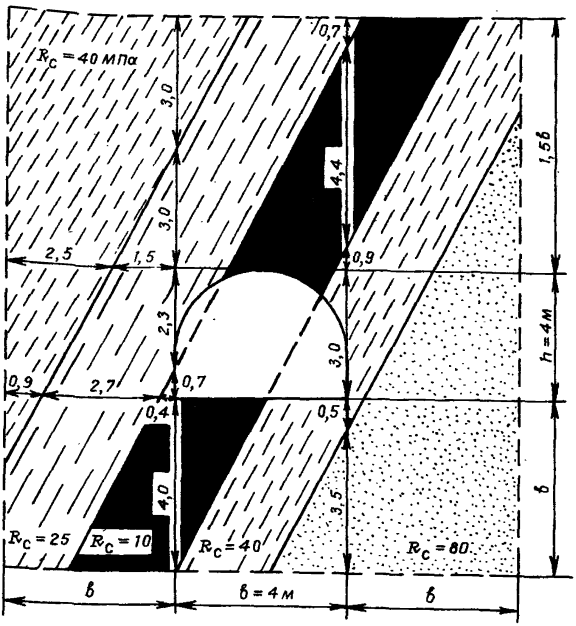


Рис. 32. Расчетная схема к примеру 10

$$R_{\text{с. пч}} = 0{,}9\,\frac{10\cdot 4 + 40\cdot 0{,}5 + 80\cdot 3{,}5}{8} = 38{,}2 \text{ МПа},$$

$$R_{\text{с. в. б}} = 0{,}9\,\frac{3{,}4\cdot 40 + 4{,}2\cdot 25 + 0{,}4\cdot 10}{8} = 27{,}6 \text{ МПа},$$

$$R_{\text{с. ср}} = 28{,}2 \text{ МПа}.$$

2) Находим расчетные смещения пород по формулам (3) при $k_\alpha = 0{,}6$ (см. табл. 2), $k_\theta = 1{,}5$, $k_{\text{ш}} = 0{,}6$ (для кровли и почвы) и 0,4 — для боков — см. формулы (4) и (5), $k_{\text{в}} = 1$, $k_l = 1$, $U_{\text{т. кр}} = 750$ мм, $U_{\text{т. пч}} = 290$ мм, $U_{\text{т. в. б}} = 550$ мм (см. рис. 2, при $H = 800$ м и соответствующих значениях $R_{\text{с. кр}}$, $R_{\text{с. пч}}$, $R_{\text{с. б}}$):

$$U_{\text{о. кр}} = 750\cdot 0{,}6\cdot 0{,}6\cdot 1\cdot 1 = 270 \text{ мм}, \quad U_{\text{о. пч}} = 290\cdot 0{,}6\cdot 0{,}6\cdot 1\cdot 1 = 104{,}4 \text{мм},$$

$$U_{\text{о. в. б.}} = 550\cdot 0{,}6\cdot 1{,}5\cdot 0{,}4\cdot 1 = 198 \text{ мм},$$

$$U_{\text{о. общ}} = 270 + 104{,}4 = 374{,}4 \text{ мм},$$

$$U = \sqrt{U^2_{\text{о. кр}} + U^2_{\text{о. в. б}}} = \sqrt{270^2 + 198^2} = 335 \text{мм}.$$

3) Определяем расчетную нагрузку P, пользуясь формулами (8) и (9) по величине U при $k_{\text{п}} = 1$, $k_{\text{пр}} = 1$, $P^{\text{н}} = 91$ кПа.

$$P = P^{\text{н}} k_{\text{п}} k_{\text{пр}} b = 91 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 364 \text{ кН/м};$$

4) Выбираем крепь КМП-А4 из СВП-22 с замками ЗПК, $N_s = 260$ кН, $\Delta = 400$ (см. прил. 1). По формуле (12) определяем плотность установки рам крепи $n \geqslant 364/260 \geqslant 1{,}4$ рамы/м. Принимаем $n = 1{,}43$ рамы/м.

5) Проверяем выбранную крепь по податливости по формуле (30) при $k_{\text{ос}} = 0{,}85$, $k_{\text{ус}} = 1$ (см. табл. 7, 8).

$$\Delta \geqslant 0{,}7 \cdot 374{,}4 \cdot 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1 \geqslant 223 \text{ мм}.$$

Условие удовлетворяется. Таким образом, принимаем крепь КМП-А4 из СВП-22 с замком ЗПК, плотность установки 1,43 рамы/м.

11. ВЫРАБОТКА, ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ В УСЛОВИЯХ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

У с л о в и я аналогичны примеру 10. Основная кровля пласта — среднеобрушающаяся.

Р е ш е н и е: 1) Основную крепь и плотность ее установки принимаем аналогично примеру 10: крепь КМП-А4 из СВП-22 с замком ЗПК ($\Delta = 400$ мм, $N_s = 260$ кН), $n = 1{,}43$ рамы/м.

2) Выбираем средства усиления крепи на основании расчета смещений пород кровли по формуле (31):

$$U_{\text{кр}} = U_{\text{о. кр}} + U_{\text{I}} k_{\text{к}} k_{\text{кр}} k_s k'_{\alpha},$$

где $U_{\text{о. кр}} = 270$ мм (см. пример 10), $U_{\text{I}} = 420$ мм (см. рис. 11, при $H = 800$ м и $R_{\text{с. ср}} = 28{,}2$ МПа), $k_{\text{к}} = 0{,}84$ (при $R_{\text{с. кр}} = 21{,}9$ МПа, $R_{\text{с. пч}} = 38{,}2$ МПа) — из рис. 5 *б*, $k_{\text{кр}} = 1$ (см. табл. 10), $k_s = 1$ (см. табл. 11), $k'_{\alpha} = 1$ (см. п. 28).

$$U_{\text{кр}} = 270 \cdot 420 \cdot 0{,}84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 623 \text{ мм}.$$

По формуле (8) находим общую расчетную нагрузку на крепь при $P^{\text{н}}_{\text{I}} = 122$ кПа (из табл. 4 при $U_{\text{кр}} = 623$ мм):

$$P_{\text{I}} = 122 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 488 \text{ кН/м}.$$

В качестве средств усиления выбираем деревянные стойки с $N_{s_1} = 200$ кН (см. прил. 1).

По формуле (14) определяем необходимую плотность установки средств усиления:

$$n_{\text{I}} \geqslant \frac{P_{\text{I}} - nN_s}{N_{s_1}} \geqslant \frac{488 - 1{,}43 \cdot 260}{200} \geqslant 0{,}6 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n_1 = 0{,}71$ ст/м, т. е. стойки усиления необходимо устанавливать под прогон на две рамы на длине не менее 30 м (см. табл. 12). Согласно табл. 8 имеем $k_{ус} = 0{,}85$.

3) Проверяем основную крепь по податливости, пользуясь формулой (30), исходя из общих смещений, определяемых по формуле (32):

$$U_{общ} = U_{о.\,кр} + U_{о.\,пч} + U_1 k_{кр} k_s k'_\alpha = 270 + 104 + 420 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 794 \text{ мм};$$

$$\Delta \geqslant 0{,}7 U_{общ} k_{ос} k_{ус} \geqslant 0{,}7 \cdot 794 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}85 \geqslant 397 \text{ мм}.$$

Таким образом, принимаем крепь КМП-А4 из СВП-22 с замком ЗПК, плотность установки 1,43 рамы/м. Не менее чем за 30 м перед забоем лавы принимаем средства усиления — деревянные стойки, устанавливаемые из расчета одной на две рамы под прогон.

12. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВПЕРЕДИ ЗАБОЯ ЛАВЫ И СОХРАНЯЕМАЯ ЗА НИМ НА ВЕСЬ СРОК СЛУЖБЫ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА В УСЛОВИЯХ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

У с л о в и я аналогичны примеру 10. Основная кровля пласта — среднеобрушающаяся. Срок службы выработки после отхода очистного забоя $t_1 = 18$ мес. Со стороны выработанного пространства выработка охраняется бутовой полосой высотой $m' = m$, $k'_{охр} = 0{,}15$.

Р е ш е н и е: 1) Основную крепь и плотность ее установки принимаем аналогично примеру 10: крепь КМП-А4 из СВП-22 с замком ЗПК ($\Delta = 400$ мм, $N_s = 260$ кН), $n = 1{,}43$ рамы/м.

2) Выбираем средства усиления крепи аналогично примеру 11. Принимаем в качестве средств усиления основной крепи деревянные стойки, $n_1 = 0{,}71$ ст/м.

3) Выбираем средства усиления крепи за очистным забоем на основании расчета смещений пород кровли по формуле (33):

$$U_{кр} = U_{о.\,кр} + (U_1 k_к + m k'_{охр}) k_{кр} k_s k'_\alpha,$$

где $U_{о.\,кр} = 270$ мм, $U_1 = 420$ мм, $k_к = 0{,}84$, $m = 2000$ мм, $k'_{охр} = 0{,}15$, $k_{кр} = 1$, $k_s = 1$, $k'_\alpha = 1$, $R_{с.\,ср} = 28{,}2$ МПа, $U_{кр} = 922{,}6$ мм.

По формуле (8) определяем суммарную нагрузку P_2 на крепь при $P_2^н = 151$ кПа (по табл. 4 при $U_{кр} = 923$ мм).

$$P_2 = P_2^н k_л k_{пр} b = 151 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 604 \text{ кН/м}.$$

В качестве средств усиления крепи за очистным забоем принимаем металлические стойки ($N_{s_2} = 250$ кН). По формуле (18) находим плотность их установки:

$$n_2 \geqslant \frac{P_2 - n N_s}{N_{s_2}} \geqslant \frac{604 - 1{,}43 \cdot 260}{250} \geqslant 0{,}93 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n_2 = 1{,}0$ ст/м.

4) Проверяем основную крепь по податливости, пользуясь выражением (30), исходя из общих смещений пород, определяемых по формуле (34):

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{о. кр}} + U_{\text{о. пч}} + (U_1 + mk'_{\text{охр}} + v_1 t_1) k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha,$$

где $v_1 = 37$ мм/мес (из рис. 12 при $H = 800$ м, $R_{\text{с. ср}} = 28{,}2$ МПа).

$$U_{\text{общ}} = 270 + 104 + (420 + 2000 \cdot 0{,}15 + 37 \cdot 18) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1769 \text{ мм}.$$

$$\Delta \geqslant 0{,}7 U_{\text{общ}} k_{\text{ос}} k_{\text{ус}},$$

где $k_{\text{ос}} = 0{,}85$; $k_{\text{ус}} = 0{,}7$. Имеем $\Delta \leqslant 1053$ мм. Условие (30) не удовлетворяется.

Следовательно, необходимо применять крепь с большей податливостью, например, КМП-А5 и увеличивать плотность средств усиления или предусматривать профилактический ремонт.

13. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВПЕРЕДИ ЗАБОЯ И СОХРАНЯЕМАЯ ЗА НИМ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ПОВТОРНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИ ОТРАБОТКЕ НИЖЕЛЕЖАЩЕГО ЭТАЖА (ПОДЭТАЖА) В УСЛОВИЯХ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

Условия аналогичны примерам 10—12 (см. рис. 27). Откаточный штрек сохраняется за лавой с помощью деревянной органной крепи и используется в качестве вентиляционного при отработке нижележащей лавы. Срок службы выработки за верхней лавой (до погашения после прохода нижней) $t = 12$ мес.

Решени: 1) Принята крепь КМП-А4 (по аналогии в качестве основной, $N_s = 260$ кН, $\Delta = 400$ мм), плотность 1,43 рамы/м. При этом $U_{\text{о. кр}} = 270$ мм, $U_{\text{о. пч}} = 104{,}4$ мм, $U_1 = 420$ мм, $v_1 = 11$ мм/мес, $k_{\text{п}} = k_{\text{пр}} = k_s = k_{\text{кр}} = k'_\alpha = 1$, $k_{\text{к}} = 0{,}84$, $k'_{\text{охр}} = 0{,}12$;

2) Средства усиления впереди забоя первой лавы выбираем на основании смещений пород кровли $U_{\text{кр}}$, определяемых по формуле (31):

$$U_{\text{кр}} = U_{\text{о. кр}} + U_1 k_{\text{к}} k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha = 270 + 420 \cdot 0{,}84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 623 \text{ мм}.$$

По формуле (8) находим расчетную нагрузку на крепь при $P_1^{\text{н}} = 121$ кПа (см. табл. 4 при $U_{\text{кр}} = 623$ мм).

$$P_1 = 121 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 = 484 \text{ кН/м}.$$

В качестве крепи усиления выбираем деревянные стойки с $N_{s_1} = 200$ кН и по формуле (14) определяем их расчетную плотность:

$$n_1 \geqslant \frac{P^1 - nN_s}{N_{s_1}} \geqslant \frac{484 - 1{,}43 \cdot 260}{200} \geqslant 0{,}57 \text{ ст/м}.$$

Впереди первой (верхней) лавы средства усиления крепи принимаем 0,71 ст/м под прогон.

Проверяем основную крепь (по податливости) по формуле (30), на основании общих смещений пород, получаемых из выражения (32):

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{о. кр}} + U_{\text{о. пч}} + U_1 k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha = 270 + 104 + 420 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 794 \text{ мм}.$$

По формуле (31) находим: $0{,}7 \cdot 794 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}83 = 392$ мм $< \Delta$. Условие по податливости соблюдается.

3) Средства усиления крепи позади первой и впереди второй лавы выбираем на основании смещений пород кровли $U_{\text{кр}}$, определяемых по формуле (35):

$$U_{\text{кр}} = U_{\text{о. кр}} + (2U_1 k_{\text{к}} + mk'_{\text{охр}}) k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha = 270 + (2 \cdot 420 \cdot 0{,}84 + 2000 \cdot 0{,}12) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1215 \text{ мм}.$$

По формуле (8) находим общую нагрузку P_2 на крепь при $P_2^{\text{н}} = 161$ кПа (см. табл. 4 при $U_{\text{кр}} = 1215$ мм);

$$P_2 = P_2^{\text{н}} k_{\text{п}} k_{\text{пр}} b = 161 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 644 \text{ кН/м}.$$

По формуле (18) определяем расчетную плотность n_2 средств усиления (при $N_{s_2} = 200$ кН — деревянные стойки).

$$n_2 \geqslant \frac{P_2 - nN_s}{N_{s_2}} \geqslant \frac{644 - 1{,}43 \cdot 260}{200} \geqslant 1{,}37 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n_2 = 1{,}43$ ст/м.

Проверяем по податливости основную крепь по формуле (30), в которой $U_{\text{общ}}$ находим из выражения (36):

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{о. кр}} + U_{\text{о. пч}} + (2U_1 + mk'_{\text{охр}} + v_1 t_1) k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha = 270 + 104 + (2 \cdot 420 + 2000 \cdot 0{,}12 + 37 \cdot 12) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1898 \text{ мм}.$$

По формуле (30) получим $0{,}7 \cdot 1898 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}63 = 712$ мм.

Условие (30) не удовлетворяется. Увеличив плотность только средств усиления, в данном случае погасить смещения пород невозможно.

Следует увеличить плотность как средств усиления впереди второй лавы, так и основной крепи, сооружаемой в процессе проведения выработки. Тогда, приняв $n = 2{,}5$ рамы/м ($P = 650$ кН/м, $k_{\text{ос}} = 0{,}59$) и $n_2 = 2{,}5$ ст/м ($k_{\text{ус}} = 0{,}55$) по формуле (30) имеем:

$$\Delta \geqslant 0{,}7 \cdot 1898 \cdot 0{,}59 \cdot 0{,}55 = 431 \text{ мм}.$$

Таким образом, при проведении данной выработки, планируемой к повторному использованию, следует применять крепь КМП-А4 с плотностью 2,5 рамы/м, усиливать впереди забоя первой лавы деревянными стойками с плотностью 1,25 ст/м под прогон, а позади первой и впереди второй лавы — с плотностью 2,5 ст/м.

14. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВПРИСЕЧКУ К ВЫРАБОТАННОМУ ПРОСТРАНСТВУ В УСЛОВИЯХ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

Условия аналогичны примеру 10 (см. рис. 25). Выработка шириной 4 м, высотой 3 м проводится вприсечку к выработанному пространству с оставлением угольной стенки толщиной 2 м. Срок службы выработки $t = 18$ мес.

На основании решения предыдущих примеров имеем: $R_{\text{с. пч}} = 38{,}2$ МПа, $R_{\text{с. кр}} = 21{,}9$ МПа, $R_{\text{с. ср}} = 28{,}2$ МПа, $k = 0{,}84$, $k_{\text{кр}} = k_s = k'_\alpha = 1$, $k_{\text{п}} = k_{\text{пр}} = 1$.

Решение: 1) Основную крепь выбираем на основании расчетных смещений пород кровли $U'_{\text{о. кр}}$, определяемых по формуле (37):

$$U'_{\text{о. кр}} = (U'_{\text{пр}} + 2v'_{\text{о}})k'k_s k'_\alpha k_{\text{к}},$$

где $U'_{\text{пр}} = 170$ мм (из рис. 14 при $R_{\text{с. ср}} = 28{,}2$ МПа и $H = 800$ м), $k' = 0{,}7$ (см. п. 17), $v'_{\text{о}} = 40$ мм/мес (из рис. 15 при $R_{\text{с. ср}} = 28{,}2$ МПа и $H = 800$ м).

$$U'_{\text{о. кр}} = (170 + 2 \cdot 40) \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}84 = 147 \text{ мм}.$$

По значению $U'_{\text{о. кр}}$ из табл. 4 находим $P^{\text{н}} = 56$ кПа и по формуле (8) $P = P^{\text{н}} k_{\text{п}} k_{\text{пр}} b = 56 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 224$ кН.

Выбираем крепь КМП-А4 ($N_s = 260$ кН, $\Delta = 400$ мм) и по формуле (11) находим $n \geqslant P/N_s = 0{,}86$ рам/м. Принимаем $n = 1$ рама/м.

2) Выбираем средства усиления на основании смещений пород кровли $U'_{\text{кр}}$, рассчитываемых по формуле (38):

$$U'_{\text{кр}} = U'_{\text{о. кр}} + U'_1 k' k_{\text{к}} k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha,$$

где $U'_1 = U_1 = 420$ мм (см. решения предыдущих примеров).

$$U'_{\text{кр}} = 147 + 420 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 394 \text{ мм}.$$

Из табл. 4 по значению $U'_{\text{кр}} = 394$ мм находим $P_1^{\text{н}} = 100$ кПа и по формуле (8) $P_1 = 100 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 400$ кН/м.

В качестве средств усиления принимаем деревянные стойки ($N_{s_1} = 200$ кН) и по формуле (14) находим:

$$n_1 \geqslant \frac{P_1 - nN_s}{N_{s_1}} \geqslant \frac{400 - 1 \cdot 260}{200} \geqslant 0{,}7 \text{ ст/м}$$

Принимаем $n_1 = 1$ ст/м, $k_{\text{ус}} = 0{,}7$;

3) Проверяем по податливости основную крепь по формуле (30) в которой $U_{\text{общ}}$ определяем по формуле:

$$U_{\text{общ}} = U'_{\text{о. кр}} + U'_{\text{о. пч}} + [v'_{\text{о}}(t - 2) + U'_1]k' k_{\text{кр}} k_s k'_\alpha,$$

где $U'_{\text{о. пч}} = U'_{\text{пр}}(1 - k_{\text{к}})k' k_s k'_\alpha = 170(1 - 0{,}84) \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1 = 19$ мм.

$$U_{\text{общ}} = 147 + 19 + [40(18 - 2) + 420] \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 908 \text{ мм}.$$

При $K_{oc} = 0{,}94$, $k_{yc} = 0{,}7$ (см. ранее) имеем:

$$0{,}7 \cdot 908 \cdot 1 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}94 = 418 \text{ мм} > \Delta.$$

Условие не выполняется, следовательно, необходимо увеличить плотность основной крепи и средств усиления, например, до $n = 1{,}25$ рам/м и $n_1 = 1{,}25$ ст/м. При этом $k_{oc} = 0{,}87$, $k_{yc} = 0{,}65$, и тогда $0{,}7 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}65 \cdot 908 = 359$ мм $\leqslant \Delta$.

4) Таким образом, в расматриваемых условиях в присечной выработке необходимо использовать крепь КМП-А4 с замками ЗПК, с плотностью установки 1,25 рамы/м и на протяжении не менее 35 м (см. табл. 12) впереди забоя лавы устанавливать под каждую раму одну деревянную стойку усиления.

15. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ (ОФОРМЛЯЕМАЯ) ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ И ПОДДЕРЖИВАЕМАЯ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ В УСЛОВИЯХ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

У с л о в и я: вентиляционный штрек (см. рис. 30), $b = 4$ м, $h = 3$ м, $S = 10$ м^2 (горно-геологические условия аналогичны примеру 10) оформляется за лавой и поодерживается в выработанном пространстве с помощью бутовой полосы высотой $m' = 2$ м в течение $t = 12$ мес.

Р е ш е н и е: 1) Основную крепь выбираем по расчетным смещениям пород кровли, определяемым по формуле (41):

$$U_{кр} = k'_{охр} m' k_s k'_{\alpha},$$

где $k'_{охр} = 0{,}15$ (см. табл. 19), $k_s = k'_{\alpha} = 1$ (см. решения предыдущих примеров).

$$U_{кр} = 0{,}15 \cdot 2000 \cdot 1 \cdot 1 = 300 \text{ мм}.$$

По величине $U_{кр} = 300$ мм находим $P^{н} = 86$ кПа и по формуле (8) определяем $P = P^{н} k_{п} k_{пр} b$ при $k_{п} = k_{пр} = 1$ (см. решения предыдущих примеров)

$$P = 86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 344 \text{ кН/м}.$$

Принимаем крепь КМП-А4 ($N_s = 260$ кН, $\Delta = 400$ мм) и по формуле (11) находим $n \geqslant P/N_s = 344/260 = 1{,}32$ рамы/м. По табл. 7 принимаем $n = 1{,}33$ рамы/м ($k_{oc} = 0{,}85$).

2) Проверяем по податливости металлическую крепь по формуле (30), в которой $U_{общ}$ находим из выражения (42):

$$U_{общ} = (m' k'_{охр} + v_2 t) k_s k'_{\alpha},$$

где $v_2 = 51$ мм/мес (см. рис. 15 при $H = 800$ м, $R_{с.ср} = 28{,}2$ МПа).

$$U_{общ} = 0{,}15 \cdot 200 + 51 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 1 = 912 \text{ мм}.$$

По формуле (30) получим $0{,}7 \cdot 0{,}85 \cdot 912 = 543$ мм.

Поскольку условие (30) не удовлетворяется, принимаем крепь с большей податливостью, а именно КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, с замком ЗПК ($\Delta = 600$ мм, $N_s = 260$ кН) плотностью 1,33 рамы/м.

16. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВПЕРЕДИ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ ПО ЗАВАЛУ (ОБРУШЕННЫМ ПОРОДАМ) И ПОДДЕРЖИВАЕМАЯ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ В УСЛОВИЯХ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

У с л о в и я аналогичны примеру 10, вентиляционный штрек проводится по завалу (обрушенным породам) и поддерживается в выработанном пространстве до погашения лавой в течение 12 мес.

Р е ш е н и е: 1) Основную крепь выбираем на основании расчетных смещений U с учетом коэффициента 1,5. Из решения примера 10 имеем: $U_{о.кр} = 270$ мм, $U_{о.пч} = 104$ мм, $U_{о.в.б} = 165{,}6$ мм. Расчетное смещение, согласно формуле (29), $U = 317$ мм.

По значениям 1,5 $U = 1{,}5 \cdot 317 = 475{,}5$ м находим из табл. 4 значение $P^н = 108$ кПа. По формуле (8) при $k_п = k_{пр} = 1$, $b = 4$ м имеем $P = 108 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 432$ кН/м.

Принимаем крепь КМП-А4 ($N_s = 260$ кН, $\Delta = 400$ мм) и по формуле (10) находим:

$$n \geqslant 432/260 \geqslant 1{,}66 \text{ рамы/м}$$

Принимаем $n = 1{,}67$ рам/м с $k_{oc} = 0{,}81$.

2) Средства усиления крепи выбираем на основании расчетных смещений пород кровли, определяемых по формуле (43):

$$U_{кр} = 1{,}5U_{о.кр} + (U_1 + v_2 t)k_к k_{кр} k_s k'_\alpha,$$

где $U_1 = 430$ мм, $k_к = 0{,}82$, $k_{кр} = k_s = k'_\alpha = 1$, $v_2 = 51$ мм/мес (из рис. 15 при $H = 800$ м и $R_{с.ср} = 26{,}3$ МПа).

$$U_{кр} = 1{,}5 \cdot 270 + (430 + 51 \cdot 12) \cdot 0{,}82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1280{,}0 \text{ мм}.$$

По значению $U_{кр} = 1280{,}0$ мм из табл. 4 находим $P_1^н = 164$ кПа и по формуле (8) $P_1 = 162 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 656$ кН/м.

Выбираем в качестве средств усиления деревянные стойки ($N_{s_1} = 200$ кН) и по формуле (14) находим:

$$n_1 \geqslant \frac{656 - 1{,}67 \cdot 260}{200} \geqslant 1{,}1 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n_1 = 1{,}1$ ст/м под прогон ($k_{ус} = 0{,}7$).

3) Проверяем по податливости основную крепь по формуле (30), в которой $U_{общ}$ находим по формуле (44):

$$U_{общ} = 1{,}5U_{о.кр} + 0{,}5U_{о.пч} + (U_1 + v_2 t)k_{кр} k_s k'_\alpha =$$
$$= 1{,}5 \cdot 270 + 0{,}5 \cdot 104 + (420 + 51 \cdot 12) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1499 \text{ мм}.$$

По формуле (30) при $k_{oc} = 0{,}81$, $k_{yc} = 0{,}68$ получим:

$$0{,}7 \cdot 0{,}81 \cdot 0{,}68 \cdot 1489 = 574 \text{ мм} > \Delta.$$

Условие не удовлетворяется, необходима крепь с большей податливостью. Принимаем КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22, с замком ЗПК ($\Delta = 600$ мм, $N_s = 260$ кН), плотность 1,67 рамы/м. Впереди забоя лавы на расстоянии 35 м устанавливаем в качестве средств усиления крепи деревянные стойки под прогон ($n_1 = 1{,}1$ ст/м).

17. ВЫРАБОТКА, ПРОЙДЕННАЯ В РАЗГРУЖЕННОЙ ЗОНЕ ОТ НАДРАБОТКИ И ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ

Выработка проводится в разгруженной зоне под выработанным пространством пласта на расстоянии от него 20 м по нормали.

Р е ш е н и е аналогично примеру 3, но при расчете смещений пород по формулам (3) и (12) правую часть выражений умножаем на коэффициент, принимаемый равным 0,8.

18. ВЫРАБОТКА, ПРОЙДЕННАЯ В РАЗГРУЖЕННОЙ ЗОНЕ ОТ ПОДРАБОТКИ И ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ

У с л о в и я аналогичны примеру 3. Выработка проводится в разгруженной зоне над выработанным пространством пласта на расстоянии 40 м по нормали.

Р е ш е н и е аналогично примеру 3, но при расчете смещений пород по формулам (3) и (12) правую часть выражений умножаем на коэффициент, принимаемый равным 0,8.

19. ВЫРАБОТКА, ПРОЙДЕННАЯ И ПОДДЕРЖИВАЕМАЯ ПОД КРАЕВОЙ ЧАСТЬЮ ВЫШЕЛЕЖАЩЕГО ПЛАСТА И ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ

У с л о в и я: $R_{с.ср} = 20$ МПа, $H = 600$ м, $\alpha = 10°$, $h_н = 20$ м. Выработка находится под кромкой надрабатывающего пласта, в толще междупластья нет мощных слоев песчаника, $k_{кр} = 1$, $k_s = 1$ ($S = 10{,}3$ м^2), проходка — комбайновая. Ширина выработки 4,1 м.

Р е ш е н и е: 1) Выбираем основную крепь и средства ее усиления для участка выработки, находящегося под кромкой надрабатывающего пласта. Для этого определим $k_{од}$, установив

отношение $h_н/h_{б.н}$. Из табл. 26, задаваясь условием $\Delta > 500$ мм, найдем $h_{б.н} = 0{,}5h_{б.н.табл}$, где $h_{б.н.табл} = 110$ м. Следовательно, $h_{б.н} = 55$ м. По условию $h_н = 20$ м. Отношение $h_н/h_{б.н} = 20/55 = 0{,}36$. По табл. 20 определяем $k_{од} = 1{,}6$.

2) Зная $k_{од}$, выбираем крепь и средства ее усиления на основании расчета смещений пород по формулам (3) и (12) с введением $k_{од}$:

$$U_{о.кр} = U_{т.кр} k_\alpha k_ш k_в k_l k_{од},$$

где $U_{т.кр} = 500$ мм (рис. 2), $k_\alpha = 1$, $k_ш = 0{,}62$, $k_в = 1$, $k_l = 0{,}9$ (при $H/R_{с.ср} = 30$, по рис. 3), $k_{од} = 1{,}6$; $U_{о.кр} = 500 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \times \times 1 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}6 = 448$ мм, $P^н = 106$ кПа, $P = P^н k_п k_{пр} b$, где $k_п = 1$, $k_{пр} = 1$ (табл. 6), $b = 4{,}1$ м.

$P = 106 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 434{,}6$ кН/м.

Принимаем крепь КМП-А5 из СВП-22 с замком ЗПК, тогда $n = 435/260 = 1{,}67$ рамы/м; Принимаем $n = 1{,}67$ рамы/м;

б) выбор средств усиления крепи:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + U_1 k_{кр} k_s k_к k_{од},$$

где $U_{о\ кр} = 448$ мм, $U_1 = 810$ мм (рис. 4), $k_{кр} = 1$ (кровля среднеобрушающая), $k_s = 1$ (табл. 11), $k_к = 0{,}5$, $k_{од} = 1{,}6$. $U_{кр} = = 448 + 810 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}6 = 1096$ мм; $P_1^н = 157$ кПа, $P_1 = = 644$ кН/м, $n_1 \geqslant \dfrac{644 - 1{,}67 \cdot 260}{250} \geqslant 0{,}83$ ст/м. Принимаем $n_1 = = 0{,}835$ ст/м, т. е. одна стойка под прогон на две рамы;

в) проверка крепи по податливости:

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

где $U_{кр} = 1096$ мм, $k_{ос} = 0{,}81$, $k_{ус} = 0{,}78$, $\Delta \geqslant 1096 \cdot 0{,}81 \cdot 0{,}78 \geqslant \geqslant 692$ мм.

Для участков выработки, попадающих в зону ПГД от кромки подрабатывающего пласта, принимаем крепь КМП-А5 с ножкой 900 мм, из СВП-22, с замком ЗПК, $n = 1{,}67$ рамы/м, с усилением в зоне временного опорного давления отрабатываемой лавы металлическими стойками трения из расчета одна стойка под прогон на две рамы.

20. ВЫРАБОТКА, ПРОЙДЕННАЯ И ПОДДЕРЖИВАЕМАЯ НАД ЦЕЛИКОМ УГЛЯ, ОСТАВЛЕННЫМ В НИЖЕЛЕЖАЩЕМ ПЛАСТЕ, И ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ

У с л о в и я: $R_{с.ср} = 20$ МПа, $H = 600$ м, угол падения 20°, мощность подрабатывающего пласта 1,5 м, пород междупластья — 40 м, выработка проводится комбайном, $S = 10{,}3$ м^2, $b = 4{,}1$ м, основная кровля — среднеобрушающаяся.

Р е ш е н и е: 1) Определяем $k_{од}$ по табл. 22 на основании отношения $h_п/1{,}5h_{б.п}$. Из табл. 28 находим $h_{б.п} = 0{,}88h_{б.п.табл}$, где $h_{б.п.табл} = 135$ м (см. табл. 29). Следовательно, $h_{б.п} = 0{,}88 \times \times 135 = 119$ м.

Отношение $h_п/1{,}5h_{б.п}$ равно $40/202{,}5 = 0{,}198$. При этом отношении величина $k_{од} = 3{,}5$ (см. табл. 22).

2) Зная $k_{од}$, выбираем крепь и средства ее усиления на основании расчета смещений пород по формулам (3) и (12) с введением $k_{од}$;

а) выбираем основную крепь:

$$U_{о.кр} = U_{т.кр} k_\alpha k_ш k_в k_l k_{од},$$

где $U_{т.кр} = 500$ мм (см. рис. 2), $k_\alpha = 1$, $k_ш = 0{,}62$, $k_в = 1$, $k_l = = 0{,}9$ (см. рис. 3), $k_{од} = 3{,}5$.

$U_{о.кр} = 500 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 3{,}5 = 976{,}5$ мм.

$P = P^н k_п k_{пр} b$, где $P^н = 150$ кПа, $k_п = 1$, $k_{пр} = 1$, $b = 4{,}1$ м, $P = 615$ кН/м. Принимаем крепь КМП-А5 с ножкой 1200 мм и замком типа ЗПК ($\Delta = 1000$ мм, $N_s = 260$ кН), $n \geqslant 615/260 \geqslant \geqslant 2{,}36$ рамы/м. Принимаем $n = 2{,}5$ рамы/м;

б) выбираем средства усиления крепи:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + U_1 k_{кр} k_s k_к k_{од},$$

где $U_{о.кр} = 976{,}5$ мм, $U_1 = 810$ мм, $k_{кр} = 1$, $k_s = 1$, $k_к = 0{,}5$; $k_{од} = 3{,}5$; $U_{кр} = 976{,}5 + 810 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 3{,}5 = 2394$ мм; $P_1^н = 220$ кПа, $P_1 = 902$ кН/м, $n_1 \geqslant \dfrac{902 - 2{,}5 \cdot 260}{250} \geqslant 1$ ст/м;

в) проверяем по податливости металлическую рамную крепь:

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

где $\Delta = 1000$ мм, $U_{кр} = 2394$ мм, $k_{ос} = 0{,}6$, $k_{ус} = 0{,}7$. $\Delta \geqslant 2394 \times \times 0{,}6 \cdot 0{,}7 \geqslant 1005{,}5$ мм. Условие соблюдается.

Принимаем крепь КМП-А5 с ножкой 1200 мм, имеющую податливость 1000 мм (см. прил. 1), из СВП-22, с замком ЗПК. Плотность установки крепи при проходке в зоне ПГД 2,5 рамы/м. В зоне временного опорного давления собственной лавы плотность установки средств усиления (металлических стоек трения) — одна стойка под прогон на 2,5 рамы.

21. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В СЛАБЫХ НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ (НА БУРОУГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ДНЕПРОВСКОГО БАССЕЙНА)

У с л о в и я: *бортовой штрек проводится на глубине* 80 м по углю ($R_{с.ср} = 0{,}4$ МПа, $k_с = 1$), в кровле и почве оставляются защитные пачки угля толщиной 0,5 м. Залегание пласта горизонтальное, $\alpha = 1 - 2°$. Выше пласта залегает слой глин мощностью

5 м, в почве обводненные пески ($m = 3$ м). В результате дренажных работ напор подземных вод отсутствует, выработка обводнена. Бортовой штрек проводится вне влияния смежных выработок, тектонические нарушения отсутствуют. Срок службы выработки — три года.

Параметры выработки: $S_{св} = 7$ м^2, $S_{пр} = 10$ м^2, ширина выработки в свету $b_{св} = 3{,}2$ м, в проходке $b_{пр} = 3{,}8$ м, $h_{св} = 2{,}1$ м, $h_{пр} = 2{,}7$ м.

Р е ш е н и е: 1) Смещения пород кровли определяем по формуле:

$$U_{о.\,кр} = [U_{пр} + 12v(t - 1)]k_в k_s,$$

где $U_{пр} = 180$ мм (по графику рис. 16, *а* при $H = 80$ м и $R_{с.\,ср} = 0{,}4$ МПа); $v = 2{,}5$ мм/мес (по графику рис. 18, для условий режима незатухающей ползучести), а с учетом обводненности выработки $v = 2{,}5 \cdot 5 = 12{,}5$ мм/мес (см. п. 40); $k_s = 0{,}85$ (табл. 11), $k_в = 1$ (см. п. 9).

$$U_{о.\,кр} = (180 + 12 \cdot 12{,}5 \cdot 2) \cdot 1 \cdot 0{,}85 = 408 \text{ мм}.$$

2) Нагрузки на 1 м выработки определяем по формуле: $P = P^н b$, где $b = 3{,}8$ м, $P^н = 101$ кПа (при $U_{о.\,кр} = 408$ мм, $h = 3{,}8$ м);

$$P = 3{,}8 \cdot 101 = 384 \text{ кН/м}.$$

3) Выбираем крепь согласно п. 14 по прил. 1, исходя из ширины выработки. Принимаем трапециевидную крепь КМП-Т (П) из СВП-22 с замком ЗПК ($N_s = 260$ кН).

Плотность установки крепи $n \geqslant P/N_s \geqslant 384/260 \geqslant 1{,}47$ рамы/м. Принимаем $n = 1{,}43$ рамы/м.

4) Проверку крепи по податливости производим по формуле (11) из условия $\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос}$, где $U_{кр} = 408{,}0$ мм, $k_{ос} = 0{,}85$. $\Delta \geqslant 408 \cdot 0{,}85 \geqslant 347$ мм. Конструктивная податливость принятой крепи выше ($\Delta = 700$ мм). Следовательно, крепь отвечает условиям поддержания выработки. Далее в табл. 48 показаны примеры выбора основной крепи, устанавливаемой при проходке в выработке, проводимой в слабых неустойчивых необводненных породах при остальных условиях, соответствующих примеру 21.

Таблица 48

H, м	Параметры крепи и средств ее усиления при $R_{с.\,ср}$, МПа		
	0,25	0,32	0,4
50	КМП-Т (П) из СВП-22, замок ЗПК, $\Delta = 700$ мм $n = 1{,}0$ рамы/м	$n = 0{,}8$ рамы/м	$n = 0{,}8$ рамы/м
80	То же, $n = 1{,}43$ рамы/м	То же, $n = 1{,}25$ рамы/м	То же, $n = 1{,}1$ рамы/м
120	То же, $n = 2$ рамы/м		То же, $n = 1{,}67$ рамы/м

22. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ В СЛАБЫХ НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ И ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ НА ШАХТАХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

У с л о в и я: выемочная выработка производится по напластованию пород на глубине 370 м. Угол падения пород 2—5°. Вмещающие породы обладают естественной влажностью. Литологический состав показан на рис. 33. Характеристика слоев пород: *1* — алевролит, $m > 5$ м, $R_c = 15$ МПа; *2* — аргиллит, $m = 2$ м, $R_c = 12$ МПа; *3* — уголь, $m = 1{,}2$ м, $R_c = 30$ МПа; *4* — аргиллит, $R_c = 10$ МПа, $m = 3$ м; *5* — алевролит, $m > 6$ м, $R_c = 17$ МПа.

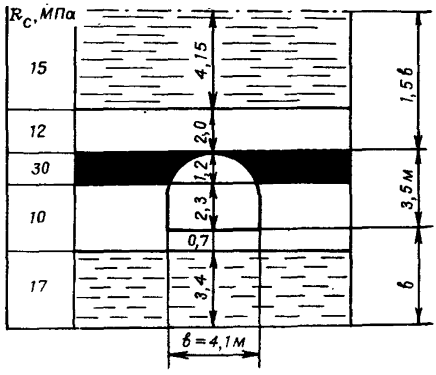


Рис. 33. Расчетная схема к примеру 22

Выработка проводится комбайновым способом, $S_{св}$ до осадки 9,2 м^2, ширина в проходке 4,1 м, высота 3,5 м, срок службы 5 лет.

Р е ш е н и е: 1) Определяем расчетную прочность пород. Для всех пород принимаем $k_c = 0{,}9$ (см. табл. 1). Тогда $R_{c_1} = 15 \cdot 0{,}9 = 13{,}5$ МПа, $R_{c_2} = 12 \cdot 0{,}9 = 10{,}8$ МПа, $R_{c_3} = 30 \cdot 0{,}9 = 27$ МПа, $R_{c_4} = 10 \cdot 0{,}9 = 9$ МПа, $R_{c_5} = 17 \cdot 0{,}9 = 15{,}3$ МПа. Средневзвешенное расчетное сопротивление пород сжатию

$$R_{c.\,ср} = \frac{13{,}5 \cdot 4{,}15 + 10{,}8 \cdot 2 + 27 \cdot 1{,}2 + 9 \cdot 3 + 15{,}3 \cdot 3{,}4}{4{,}15 + 2 + 1{,}2 + 3 + 3{,}4} = \frac{189{,}05}{13{,}75} =$$

$$= 13{,}75 \text{ МПа}.$$

Расчетное сопротивление пород кровли сжатию $R_{с.\,кр} = 12{,}6$ МПа, почвы — 14,2 МПа.

2) Для выбора основной крепи рассчитываем смещения пород со стороны кровли по формуле (45):

$$U_{о.\,кр} = [U_{пр} + 12v(t - 1)]k_в k_s,$$

где $U_{пр} = 260$ мм (по графику рис. 16, *б* при $H = 370$ м и $R_{с.\,ср} = 13{,}75$ МПа). $v = 5{,}5$ мм (по графику рис. 17, *б*), $t = 5$ лет,

$k_s = 0{,}95$ (см. табл. 11), $k_в = 1$ (см. п. 12); $U_{о.кр} = (360 + 12 \times$ $\times 5{,}5 \cdot 4) \cdot 0{,}95 \cdot 1 = 498$ мм.

3) Нагрузки на крепь определяем по формуле (46): $P = P^н b$, где $b = 4{,}1$ м, $P^н = 110$ кПа. $P = 4{,}1 \cdot 110 = 451{,}5$ кН/м.

Выбираем крепь КМП-А3 из СВП-22 с замком ЗПК. При $N_s = 260$ кН плотность установки крепи $n \geqslant 451{,}5/260 \geqslant 2$ рамы/м.

4) Выбираем средства усиления крепи в зоне влияния временного опорного давления на основании расчета смещений пород кровли по формуле: $U_{кр} = U_{о.кр} + U_{1.кр} k_s$, где $U_{о.кр} = 498$ мм, $U_{1.кр} = 170$ мм (по рис. 19, *б*), $k_s = 0{,}95$, $U_{кр} = 498 + 170 \times$ $\times 0{,}95 = 659{,}5$ мм.

Определяем расчетную суммарную нагрузку на крепь. $P_1^н =$ $= 126$ кПа (из табл. 4), $P_1 = 4{,}1 \cdot 126 = 517$ кН/м. Плотность средств усиления $n_1 \geqslant \dfrac{517 - 2 \cdot 260}{200} \approx 0$.

5) Проверяем принятую крепь по податливости, используя формулу (11). Имеем $\Delta \geqslant 659 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \geqslant 527$ мм. Таким образом, крепь КМП-А3 не подходит. Более рациональна КМП-А5 из СВП-22 с сопротивлением 260 кН, ножкой 700 мм ($\Delta = 600$ мм), из СВП-22, с плотностью 2 рамы/м, замок ЗПК. В зоне влияния очистных работ впереди очистного забоя усиление крепи не производится.

Далее, в табл. 49 показаны примеры выбора основной крепи и средств ее усиления в выработке, проведенной в слабых неустойчивых породах и погашаемой за очистным забоем, при других породах на различных глубинах, но при прочих условиях, соответствующих примеру 22.

Таблица 49

<table>
<tr><td rowspan="2">H, м</td><td colspan="4">Параметры крепи и средств ее усиления при $R_{с.ср}$, МПа</td></tr>
<tr><td>2</td><td>6</td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td>100</td><td>КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 2{,}5$ рамы/м</td><td colspan="2">КМП-А3, СВП-22, ЗПК
$n = 1{,}1$ рамы/м | $n = 0{,}8$ рамы/м</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Без усиления крепи</td></tr>
<tr><td>300</td><td rowspan="2">Не рекомендуется</td><td>КМП-А5 с ножкой 1200 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 2{,}5$ рамы/м</td><td>КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}67$ рамы/м</td><td>КМП-А3, СВП-22 ЗПК, $n = 1{,}1$ рамы/м</td></tr>
<tr><td colspan="3">Металлические стойки под прогон и на лежан, $n_1 = 0{,}5$ ст/м</td></tr>
<tr><td>500</td><td colspan="2" rowspan="2">Не рекомендуется</td><td>КМП-А5 с ножкой 1200 мм, СВП-27, ЗПК, $n = 2{,}5$ рамы/м</td><td>КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-27, ЗПК, $n = 2$ рамы/м</td></tr>
<tr><td colspan="2">Металлические стойки под прогон и на лежан, $n_1 = 0{,}5$ ст/м</td></tr>
</table>

23. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ В СЛАБЫХ НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ ВПРИСЕЧКУ К ВЫРАБОТАННОМУ ПРОСТРАНСТВУ НА ШАХТАХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Условия аналогичны примеру 22. Присечная выработка поддерживается два года до начала влияния очистных работ.

Решение: 1) Выбираем основную крепь в присечной выработке на основании расчета смещений пород кровли по формуле:

$$U'_{\text{о. кр}} = [U'_{\text{о. кр}} + 12v'_{\text{о}}(t_{\text{о}} - 1)]k_s,$$

где $U'_{\text{о. кр}_1} = 160$ мм (см. рис. 20, *б* при $H = 370$ м и $R_{\text{с. ср}} = 13{,}75$ МПа), $v'_{\text{о}} = 5{,}5$ мм/мес (см. рис. 21, *б*) $k_s = 0{,}95$ (см. табл. 11), $t_{\text{о}} = 2$ года.

$$U'_{\text{о. кр}} = (160 + 12 \cdot 5{,}5 \cdot 1)0{,}95 = 215 \text{ мм}.$$

По табл. 4 определяем $P^{\text{н}} = 73$ кПа. По формуле (46) $P = P^{\text{н}}b = 4{,}1 \cdot 73 = 299$ кН/м.

Принимаем крепь КМП-А3 из СВП-22 с замком ЗПК ($N_s = 260$ кН).

Плотность крепи $n \geqslant 299/250 \geqslant 1{,}38$. Принимаем $n = 1{,}43$ рамы/м.

2) Выбираем средства усиления в присечной выработке на основании расчета смещений пород кровли по формуле:

$$U'_{\text{кр}} = U'_{\text{о. кр}} + U'_{\text{1. кр}}k_s,$$

где $U'_{\text{о. кр}} = 215{,}0$ мм, $U'_{\text{1. кр}} = 355$ (из рис. 22, *б*), $k_s = 0{,}95$.

Имеем $U'_{\text{кр}} = 215{,}0 + 355 \cdot 0{,}95 = 552{,}0$ мм.

Определяем суммарную нагрузку на крепь при $b = 4{,}1$ м, $P^{\text{н}}_1 = 115$ кПа (из табл. 4). $P_1 = 4{,}1 \cdot 115 = 471$ кН/м.

Предусматриваем в качестве средств усиления деревянные стойки.

Плотность установки средств усиления $n_1 \geqslant \frac{471 - 1{,}43 \cdot 260}{250} \geqslant$ $\geqslant 0{,}4$ ст/м. Принимаем $n_1 = 0{,}715$ ст/м, т. е. стойку под прогон и на лежан под две рамы.

3) Проверяем податливость металлической крепи:

$$\Delta \geqslant U'_{\text{кр}}k_{\text{ос}}k_{\text{ус}} \geqslant 552{,}0 \cdot 0{,}89 \cdot 0{,}91 = 447 \text{ мм}.$$

Крепь КМП-А3 по этому параметру подходит.

В итоге принимаем в присечной выработке крепь КМП-А3 из СВП-22, с замком ЗПК, плотностью 1,43 рамы/м, с ее усилением впереди очистного забоя деревянными стойками, устанавливаемыми на лежан и под прогон, из расчета одна стойка под две рамы.

Далее, в табл. 50 показаны примеры выбора основной крепи и средств ее усиления в присечной выработке, проводимой в слабых неустойчивых породах, при других породах, на различных глубинах, но при прочих условиях, соответствующих примеру 23.

Таблица 50

H, м	Параметры крепи и средств ее усиления при $R_{с\ ср}$, МПа			
	2	6	10	20
100	КМП-А3 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}43$ рамы/м	КМП-А3, СВП-22, ЗПК, $n = 1$ рама/м	КМП-А3, СВП-22, ЗПК, $n = 0{,}8$ рамы/м	
	Металлические стойки трения под прогон и на лежан, $n_1 = 0{,}715$ ст/м	$n_1 = 0{,}5$ ст/м	$n_1 = 0{,}4$ ст/м	Без усиления крепи
300	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, $n = 1{,}67$ рамы/м	$n = 1{,}43$ рамы/м	КМП-А3, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}1$ рамы/м	$n = 0{,}8$ рамы/м
	Металлические стойки трения под прогон и на лежан, $n_1 = 0{,}835$ ст/м	$n_1 = 0{,}715$ ст/м	$n_1 = 1{,}1$ ст/м	$n_1 = 0{,}4$ ст/м
500	КМП-А5 с ножкой 900 мм, СВП-22, ЗПК $n = 2{,}5$ рамы/м	$n = 1{,}67$ рамы/м	КМП-А5 с ножкой 700 мм, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}43$ рамы/м	КМП-А3, СВП-22, ЗПК, $n = 1{,}1$ рамы/м
	Металлические стойки трения под прогон и на лежан, $n_1 = 1{,}25$ ст/м	$n_1 = 0{,}835$ ст/м	$n_1 = 0{,}715$ ст/м	$n_1 = 1{,}1$ ст/м

Приложение 3

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СМЕЩЕНИЙ ПОРОД ПОЧВЫ

1. ВЫРАБОТКИ ВНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

1.1. Смещения пород определяют по формуле:

$$U_{\text{о. пч}} = U_{\text{т. пч}} k_{\alpha} k_{\text{ш}} k_{\text{в}} k_{l}. \qquad (5)$$

Условные обозначения — см. п. 12.

При $U_{\text{о. пч}}$ более 200 мм в рельсовых выработках и более 500 мм в вентиляционных (без транспорта) и конвейерных выработках необходимо применять активные способы борьбы с пучением пород почвы.

1.2. Область наиболее эффективного применения скважинной (СР), щелевой (ЩР), взрывощелевой (ВЩР) разгрузки и способа АРПУ в выработках вне влияния очистных работ:

H, м	600	800	1000	1500
R_c	20—35	30—40	40—60	50—70

В этих условиях расчет смещений пород почвы следует вести по формуле:

$$U_{\text{о. пч}} = U_{\text{т. пч}} k_{\alpha} k_{\text{ш}} k_{\text{в}} k_{l} k_{\text{акт}}, \qquad (51)$$

где коэффициент $k_{\text{акт}}$ равен для СР — 0,5; для ЩР — 0,4, для ВЩР — 0,35, для АРПУ — 0,25.

2. ВЫРАБОТКИ, ПОГАШАЕМЫЕ ЗА 1-М ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ

2.1. Смещения пород почвы для выработки одиночной лавы определяют по формуле:

$$U_{\text{пч}} = U_{\text{о. пч}} + U_1 k_{\text{кр}} k_s (1 - k_{\text{к}}), \qquad (52)$$

а для средней выработки спаренных лав при отставании второго очистного забоя от первого не более 20 м — по формуле:

$$U_{\text{пч}} = U_{\text{о. пч}} + 1{,}3 U_1 k_s (1 - k_{\text{к}}). \qquad (53)$$

Условные обозначения — см. п. 19.

2.2. Если в выработке применяются активные способы борьбы с пучением пород почвы (скважинной, щелевой или взрывощелевой разгрузки), то расчет смещений пород почвы ведут по формулам:

$$U_{пч} = |U_{о.пч} + U_1 k_{кр} k_s (1 - k_к)| k_{акт},$$

$$U_{пч} = [U_{о.пч} + 1{,}3 U_1 k_{кр} k_s (1 - k_к)] k_{акт}, \quad (54)$$

где $k_{акт}$ равен для СР — 0,65, для ЩР — 0,5, для ВЩР — 0,4.

2.3. Область наиболее эффективного применения СР, ЩР и ВЩР в выработках, погашаемых за 1-м очистным забоем, приведена в табл. 38.

3. ВЫРАБОТКИ, ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ И ПОГАШАЕМЫЕ ЗА 2-М ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ

3.1. Смещения пород почвы в повторно используемой выработке определяют по формуле:

$$U_{пч} = U_{о.пч} + [2U_1(1 - k_к) + v_1 t_1] k_s k_{кр}. \quad (55)$$

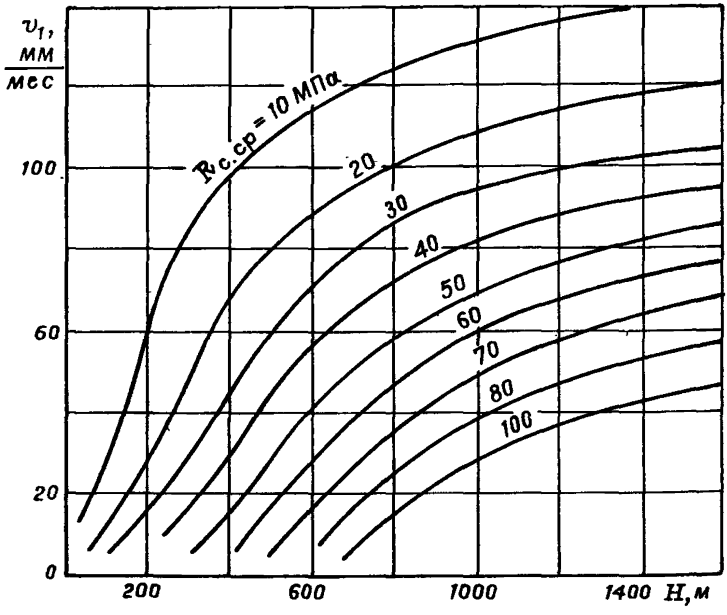


Рис. 34. Скорость смещения пород в зоне влияния остаточного опорного давления в выработках, охраняемых искусственными ограждениями

Условные обозначения — см. пп. 12, 19, 21; v_1 — средняя скорость смещения пород (мм/мес) в зоне остаточного опорного давления, определяемая по графику рис. 34, t_1 — время поддержания выработки в зоне остаточного опорного давления, мес.

3.2. Если в выработках применяют способы борьбы с пучением пород почвы (скважинной, щелевой, взрывощелевой разгрузки, отсечного торпедирования), то расчет смещений пород почвы ведут по формулам:

$$U_{\text{пч}} = U_{0.\text{пч}} + [2U_1(1 - k_{\text{к}}) + v_1 t_1]k_s k_{\text{кр}} k_{\text{акт}}, \qquad (56)$$

где $k_{\text{акт}}$ равен для СР — 0,45, ЩР — 0,6, ВЩР — 0,5, отсечного торпедирования — 0,35 (при $H/R_{\text{с}} < 5k_{\text{акт}} = 0{,}4$, при $H/R_{\text{с}} = 5...20$ $k_{\text{акт}} = 0{,}3$).

3.3. Область наиболее эффективного применения СР, ЩР, ВЩР в повторно используемых выработках приведена в табл. 38.

4. ВЫРАБОТКИ, ПРОВОДИМЫЕ ВПРИСЕЧКУ К ВЫРАБОТАННОМУ ПРОСТРАНСТВУ

4.1. Смещения пород почвы в присечной выработке определяют по формуле:

$$U'_{\text{пч}} = U'_{0.\text{пч}} + U'_1 k_{\text{кр}} k_s k'(1 - k_{\text{к}}). \qquad (57)$$

Условные обозначения — см. п. 19, 20.

4.2. Если в присечных выработках для борьбы с пучением применяют отсечное торпедирование, то расчет смещений пород почвы производят по формуле:

$$U'_{\text{пч}} = U'_{0.\text{пч}} + U'_1 k_{\text{кр}} k_s k'(1 - k_{\text{к}}) k_{\text{акт}}, \qquad (58)$$

где $k_{\text{акт}} = 0{,}35$.

5. ВЫРАБОТКИ, ПРОВОДИМЫЕ (ОФОРМЛЯЕМЫЕ) ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ

5.1. Смещения пород почвы в оформляемых выработках определяют по формуле:

$$U_{\text{пч}} = (U_{\text{оф}} - k_{\text{охр}} m)k_s, \qquad (59)$$

а для случая охраны выработок двойными двусторонними бутовыми полосами

$$U_{\text{пч}} = 0{,}8(U_{\text{оф}} - k_{\text{охр}} m)k_s. \qquad (60)$$

Условные обозначения — см. п. 25. $U_{\text{оф}}$ — см. рис. 35.

5.2. Наиболее эффективная область применения взрывощелевой разгрузки в оформляемых выработках: глубины 600—800 м и $R_{\text{с}} = 50$—60 МПа.

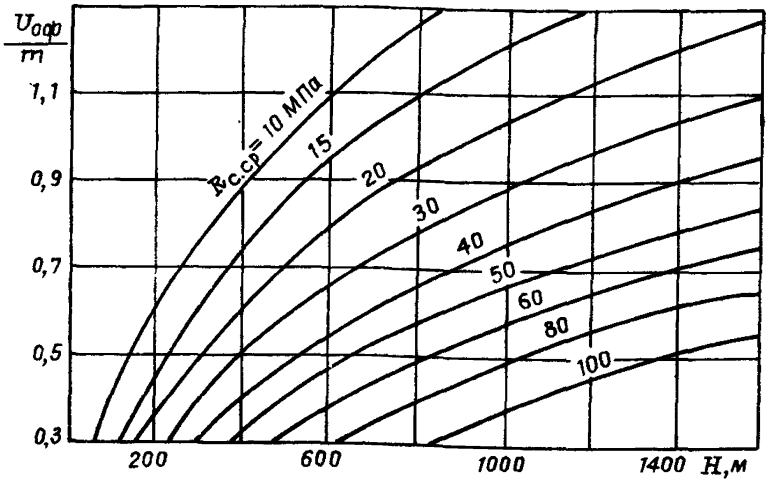


Рис. 35. Смещения пород в выработках, проводимых позади очистного забоя и охраняемых породными полосами

Расчет смещений пород почвы при применении ВЩР производят соответственно по формулам:

$$U_{пч} = 0{,}3k_s(U_{оф} - k_{охр}m), \quad (61)$$

$$U_{пч} = 0{,}24k_s(U_{оф} - k_{охр}m). \quad (62)$$

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ТИПА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПЕЙ В ВЫРАБОТКАХ, В КОТОРЫХ ПРИМЕНЯЮТСЯ СПОСОБЫ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

1. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ПОЛОГОГО ПАДЕНИЯ

Согласно табл. 38 способы активного управления механическим состоянием пород, вмещающих выработки, целесообразны для пород прочностью 20—30 МПа на глубинах 900—1200 м и 20—40 МПа на глубинах 1200—1500 м.

Условия: выработка проводится по напластованию на глубине 1200 м, угол падения пород 15°. Средняя прочность пород кровли 20 МПа.

Выработка пройдена комбайновым способом, сечение в свету 10,3 м^2, ширина выработки 4,12 м. Срок службы выработки 10 лет, выработка сухая, вне тектонических нарушений. Производится упрочнение пород кровли.

Решение: 1) Смещение пород определяем по формуле:

$$U_{\text{о. кр}} = U_{\text{т. кр}} k_{\alpha} k_{\text{ш}} k_{\text{в}} k_{l} k_{\text{акт}},$$

где $k_{\alpha} = 1$ (см. табл. 2 при $\alpha < 20°$), $k_{\text{ш}} = 0{,}2(4{,}12 - 1) = 0{,}62$, $k_{\text{в}} = 1$ (см. п. 12), $k_{l} = 0{,}8$ (см. рис. 3), $U_{\text{т. кр}} = 1600$ мм, $k_{\text{акт}} = 0{,}7$.

$$U_{\text{о. кр}} = 1600 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}7 = 555 \text{ мм}.$$

2) Нагрузку на 1 м выработки определяем на основании $U_{\text{о. кр}}$ по формуле:

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

где $P^{\text{н}} = 116$ кПа (по табл. 4 при $U_{\text{о. кр}} = 555$ м и $b = 4{,}12$ м) $k_{\text{п}} = 1{,}1$ (см. табл. 5), $k_{\text{пр}} = 1$ (при $H/R_{\text{с}} = 60$ — см. табл. 6), $b = 4{,}12$ м (по условию), $k_{\text{акт}} = 0{,}7$ (см. п. 55).

$$P = 116 \cdot 1{,}1 \cdot 1 \cdot 4{,}12 = 478 \text{ кН/м}.$$

3) Принимаем крепь согласно п. 14 по прил. 1, исходя из ширины выработки. При $b = 4{,}12$ м принимаем КМП-А3 из СВП-22 с замком типа ЗПК с сопротивлением в податливом режиме $N_s = 260$ кН.

4) Плотность крепи выбираем согласно п. 15 по формуле: $N \geqslant P/N_s \geqslant 478/260 \geqslant 1{,}8$ рамы/м. Принимаем $n = 2$ рамы/м.

5) Проверяем податливость крепи при $P = 478$ кН/м из условия $\Delta \geqslant U_{\text{о. кр}} k_{\text{ос}}$. Имеем из табл. 7 $k_{\text{ос}} = 0{,}75$, тогда $k_{\text{акт}} = 555 \cdot 0{,}75 = 416$ мм. Крепь приемлема по податливости.

6) Сопоставляя табл. 32 и данные рассматриваемого примера, видим, что применение способов активного управления механическим состоянием вмещающего выработки массива позволяет вместо крепи КМП-А5 применять КМП-А3, вместо плотности 2,5 рамы/м принимать с запасом 2 рамы/м.

2. ВЫРАБОТКА, ПОГАШАЕМАЯ ЗА ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ

Согласно табл. 38 способы активного управления горным давлением в погашаемых выработках целесообразны в зависимости от мощности пласта при глубинах порядка 600 м в породах прочностью 20—35 МПа, при $H = 900$ м — в породах, $R_c = 20$—50 МПа; при $H = 1200$ м — в породах, $R_c = 20$—70 МПа; при $H = 1500$ м — в породах, $R_c = 30$—90 МПа.

Условия аналогичны примеру 1 данного приложения, $H = 1200$ м, $R_{c.ср} = 20$ МПа, $S = 10{,}3$ м^2, кровля среднеобрушающаяся.

Решение: 1) По аналогии с примером 1 сначала выбираем основную крепь. Для этого определяем смещения $U_{о.кр}$ и $U_{о.пч}$ предусматривая при проходке проведение ВЩР.

$$U_{о.кр} = U_{т.кр} k_\alpha k_ш k_в k_l k_{акт},$$
$$U_{о.пч} = U_{т.пч} k_\alpha k_ш k_в k_l k_{акт}.$$

Имеем $U_{т.кр} = U_{т.пч} = 1600$ мм, $k_\alpha = 1$, $k_ш = 0{,}62$, $k_в = 1$, $k_l = 0{,}4$ (при $H/R_c = 60$ по графику рис. 3), $k_{акт} = 1$ (для кровли), $k_{акт} = 0{,}4$ (для почвы).

$$U_{о.кр} = 1600 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 0{,}4 \cdot 1 = 397 \text{ мм},$$
$$U_{о.пч} = 1600 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}4 = 159 \text{ мм}.$$

2) По величине $U_{о.кр} = 397$ мм определяем нагрузку на крепь: $P = P^н k_п k_{пр} b = 101 \cdot 1{,}15 \cdot 1 \cdot 4{,}12 = 478$ кН. Принимаем КМП-А3 из СВП-22 с замком ЗПК ($N_s = 260$ кН).

3) Определяем плотность установки основной крепи: $n \geqslant P/N_s \geqslant 478/280 \geqslant 1{,}8$. Принимаем $n = 2$ рамы/м.

4) Выбираем средства усиления основной крепи на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + U_1 k_{кр} k_s k_к k_{акт},$$

где $U_{о.кр} = 397$ мм, $U_1 = 100$ мм, $k_{кр} = 1$, $k_s = 1$, $k_к = 0{,}5$; $k_{акт} = 1$.

Имеем: $U_{кр} = 397 + 1000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 1 = 897$ мм.

5) Суммарную расчетную нагрузку на крепь выработки определяем за весь срок службы согласно п. 10 по величине $U_{кр} = 897$ мм. $P_1 = P_1^н k_п k_{пр} b$; $P_1 = 144 \cdot 1{,}1 \cdot 1 \cdot 4{,}12 = 653$ кН/м.

6) Плотность n_1 установки средств усиления основной крепи (металлические стойки, $N_{s_1} = 250$ кН) определяем из выражения:

$$n_1 \geqslant \frac{P_1 - nN_s}{N_{s_1}};\ n_1 \geqslant \frac{653 - 2 \cdot 260}{250} \geqslant 0{,}5 \text{ ст/м}.$$

7) Проверяем КМП-А3 по податливости:

$$\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} k_{ус};\ 400 \geqslant 897 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}9;\ 400 < 605.$$

Крепь по податливости не удовлетворяет. Необходима КМП-А5.

8) Смещения пород почвы в погашаемой выработке (в случае применения ВЩР) определяют по формуле:

$$U_{пч} = U_{о.\,пч} + U_1 k_{кр} k_s (1 - k_к) k_{акт},$$

где $U_{о.\,пч} = 159$ мм, $U_1 = 1000$мм, $k_{кр} = 1$, $k_s = 1$, $k_к = 0{,}5$, $k_{акт} = 0{,}4$ (для почвы при ВЩР):

$$U_{пч} = 159 + 1000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}4 = 359 \text{ мм}.$$

Проведенное техническое мероприятие обеспечивает сохранение выработки в эксплуатационном состоянии, параметры крепи — 2 рамы КМП-А5 из СВП-22 с ножкой 700 мм и с замком ЗПК, средства усиления — металлические стойки из расчета 0,5 ст/м под прогон.

9) Сопоставляя табл. 34 и данные рассматриваемого примера, видим, что применение ВЩР позволяет вместо крепи КМП-А5 с ножкой 900 мм из СВП-22 с замком ЗПК и $n = 2{,}5$ рамы/м применять КМП-А5 с ножкой 700 мм ($n = 2$ рамы/м), но со стойками усиления из расчета 0,5 ст/м под прогон.

3. ВЫРАБОТКА, СОХРАНЯЕМАЯ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Условия: $H = 1200$ м, мощность пласта 1,8 м, кровля пласта представлена слоем породы прочностью 22 МПа ($R_c = k_c R = 0{,}9 \cdot 22 = 20$ МПа), его мощность над выработкой 2,7 м. Выработка шириной 4,12 м, высотой 3,6 м эксплуатируется один год до влияния 1-го очистного забоя и один год до погашения 2-м очистным забоем. За 1-м очистным забоем выработка охраняется органной крепью. Основная кровля труднообрушающаяся. Для улучшения условий поддержания выработки вдоль нее проводят отсечное торпедирование кровли.

Решение: 1) Выбор основной крепи проводят на основании смещений пород кровли. По аналогии с примером 2 имеем: КМП-А5 из СВП-22 с ножкой 700 мм, замок ЗПК, $n = 2$ рамы/м.

2) Выбор средств усиления производят на основании смещений пород по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.\,кр} + U_1 k_{кр} k_s k_к k_{акт},$$

где $U_{о.кр} = 397$ мм, $U_1 = 1000$ мм, $k_{кр} = 1{,}2$, $k_s = 1$, $k_к = 0{,}5$, $k_{акт} = 0{,}55$ (для кровли), $U_{кр} = 397 + 1000 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}55 = 804$ мм.

3) Суммарную нагрузку на крепь выработки определяем за весь срок службы согласно п. 10 по величине $U_{кр} = 804$ мм. $P_1 = P_1^{н} k_п k_{пр} b$, $P_1 = 138 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}12 = 568$ кН/м.

4) Плотность установки средств усиления основной крепи (металлические стойки, $N_{s_1} = 250$ кН) определяем из выражения:

$$n_1 \geqslant \frac{P_1 - nN_s}{N_{s_1}} \geqslant \frac{568 - 2 \cdot 260}{250} \geqslant \frac{48}{250} \geqslant 0{,}19 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n_1 = 0{,}5$ ст/м.

5) Выбор средств усиления позади 1-го очистного и впереди 2-го очистного забоя производим на основании расчета смещений пород по формуле:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (2U_1 k_к + mk_{охр} k_{t_1}) k_{кр} k_s k_{акт},$$

где $U_{о.кр} = 397$ мм, $U_1 = 1000$ мм, $k_к = 0{,}5$, $k_{охр} = 0{,}2$, $k_{t_1} = 0{,}75$ (см. табл. 15), $k_{кр} = 1{,}2$, $k_s = 1$, $k_{акт} = 0{,}55$.

$$U_{кр} = 397 + (2 \cdot 1000 \cdot 0{,}5 + 1800 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}75) \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 0{,}55 = 1235 \text{ мм}$$

6) Определяем суммарную нагрузку на крепь выработки по величине $U_{кр} = 1235$ мм:

$$P_2 = P_2^{н} k_п k_{пр} b = 163 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4{,}12 = 672 \text{ кН/м}.$$

7) Определяем количество средств усиления на 1 м выработки

$$n_2 \geqslant \frac{P_2 - nN_s}{N_{s_2}}; \quad n_2 \geqslant \frac{672 - 2 \cdot 260}{250} \geqslant \frac{152}{250} \geqslant 0{,}6 \text{ ст/м}.$$

На участках l_2 и l_3 надо устанавливать под прогон 1 ст/м.

Следовательно, в рассматриваемых условиях при $H = 1200$ м и $R_c = 20$ МПа эксплуатационное состояние повторно используемой выработки при отсечном торпедировании обеспечивается следующими техническими решениями: основная крепь — КМП-А5 из СВП-22 с ножкой 700 мм, замок ЗПК, $n = 2$ рамы/м, средства усиления — впереди 1-го очистного забоя — металлические стойки, $n_1 = 0{,}5$ ст/м, позади 1-го и впереди 2-го очистного забоя — металлические стойки, $n_2 = 1$ ст/м.

8) Проверяем принятые средства крепления по податливости.

$$\Delta \geqslant U_{кр} k_{ос} k_{ус}; \quad 700 \geqslant 1235 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}7 > 650 \text{ мм}.$$

Принятая крепь и средства усиления удовлетворяют требованиям податливости.

9) Сопоставляя табл. 36 для $H = 1200$ м, $R_c = 20$ МПа при среднеобрушающейся кровле и полученные в примере данные (для труднообрушающейся кровли) видно, что применение

отсечного торпедирования позволяет вместо 2,5 рам КМП-А5 с ножкой 1200 мм устанавливать КМП-А5 с ножкой 700 мм плотностью 2 рамы/м, но с усилением в зоне l_1 стойками из расчета 0,5 ст/м. В зонах l_2 и l_3 вместо 1,75 ст/м плотность установки металлических стоек уменьшилась до 1 ст/м.

10) Смещения пород почвы в повторно используемой выработке

$$U_{\text{пч}} = U_{\text{о. пч}} + [2U_1(1 - k_{\text{к}}) + v_1 t_1]k_{\text{кр}} k_s k_{\text{акт}},$$

где $k_{\text{акт}}$ для почвы равно 0,35.

$$U_{\text{о. пч}} = U_{\text{т. пч}} k_\alpha k_{\text{ш}} k_{\text{в}} k_t = 1600 \cdot 1 \cdot 0{,}62 \cdot 1 \cdot 0{,}4 = 397 \text{ мм},$$

$$U_{\text{пч}} = 397 + (2 \cdot 1000 \cdot 0{,}5 + 114 \cdot 12) \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 0{,}35 = 1392 \text{ мм}.$$

11) Первоначальная высота выработки с 3,6 м уменьшилась на 1,4 +0,65 = 2,05 м. Требуемая ПБ высота выработки (не менее 1,8 м) может быть соблюдена при подрывке почвы на 250 мм.

4. ВЫРАБОТКА, ПРОВОДИМАЯ ВПРИСЕЧКУ К ВЫРАБОТАННОМУ ПРОСТРАНСТВУ

Условия: $H = 1200$ м, мощность пласта 1,8 м, кровля, пласта представлена слоем породы ($R_c = 20$ МПа, $m = 2{,}7$ м над выработкой). Основная кровля — труднообрушающаяся ($m = 10$ м, $R_c = 80$ МПа). Ширина выработки 4,1 м, высота 3,6 м. Выработка пройдена с оставлением целика угля шириной 2 м. В выработке производят отсечное торпедирование.

Решение: 1) Выбор основной крепи производят на основании смещений пород кровли. Поскольку в кровле залегает слой слабых пород мощностью более 2 м, то расчет ведут по $R_c = 20$ МПа.

$U'_{\text{о. кр}} = (U'_{\text{пр}} + 2v'_{\text{о}})k'k_s k_{\text{к}}$. При $k_{\text{к}} = 0{,}5$ $U'_{\text{о. кр}} = U'_{\text{о. пч}}$. $U'_{\text{о. кр}} = (360 + 2 \cdot 117) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 = 297$ мм.

2) По величине $U'_{\text{о. кр}} = 297$ мм определяем расчетную нагрузку $P = P^{\text{н}} k_{\text{п}} k_{\text{пр}} b$. Имеем $P = 87 \cdot 1{,}0 \cdot 1 \cdot 4{,}1 = 357$ кН/м. Принимаем крепь КМП-А3 из СВП-22 с замком типа ЗПК ($N_s = 260$ кН).

Определяем плотность установки крепи: $n \geqslant P/N_s$, $n \geqslant 357/260 \geqslant 1{,}37$, принимаем $n = 1{,}43$ рамы/м.

3) По формуле $U'_{\text{кр}} = U'_{\text{о. кр}} + U'_{\text{кр}} k_s k_{\text{к}} k' k_{\text{акт}}$ определяем $U'_{\text{кр}} = 297 + 1080 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}55 = 653{,}4$ мм. По $U'_{\text{кр}} = 653$ мм определяем суммарную расчетную нагрузку на основную крепь и средства ее усиления. Имеем $P_1 = 125 \cdot 1{,}0 \cdot 4{,}1 = 513$ кН/м.

Определяем плотность средств усиления крепи:

$$n_1 \geqslant \frac{P_1 - nN_s}{N_{s_1}};\quad n_1 \geqslant \frac{513 - 1{,}43 \cdot 260}{250} \geqslant \frac{141}{250} \geqslant 0{,}56 \text{ ст/м}.$$

Принимаем $n_1 = 0{,}71$ ст/м.

4) Проверяем крепь по податливости: $\Delta = 400 \geqslant 653 \cdot 0{,}84 \times \times 0{,}83 = 455$ мм. Крепь не удовлетворяет требованиям. Необходимо принимать КМП-А5 с ножкой 700 мм из СВП-22.

5) Определяем смещения пород почвы

$$U'_{\text{пч}} = U'_{\text{о. пч}} + U'_{\text{1}} k_{\text{кр}} k_s (1 - k_{\text{к}}) k' k_{\text{акт}},$$

где $U'_{\text{о. пч}} = 297$ мм, $U'_{\text{1}} = 1080$ мм, $k_{\text{кр}} = 1{,}2$, $k_s = 1$; $k_{\text{к}} = 0{,}5$, $k' = 1$, $k_{\text{акт}} = 0{,}35$.

Имеем $U'_{\text{пч}} = 297 + 1080 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 1 \cdot 0{,}35 = 465$ мм.

6) Проведенное техническое мероприятие обеспечивает сохранение выработки в эксплуатационном состоянии. Параметры крепи: 1,43 рамы/м КМП-А5 из СВП-22 с ножкой 700 мм, с замком ЗПК и усиление крепи металлическими стойками из расчета 0,71 ст/м. За счет уменьшения пучения почвы высота выработки составит $3{,}6 - (0{,}465 + 0{,}455) = 2{,}68$ м.

Если бы не проводилось отсечное торпедирование, в выработке следовало бы устанавливать крепь из расчета 1,67 рамы/м и стойки плотностью 1 ст/м. Пучение пород почвы составило бы 945 мм. Общее уменьшение высоты выработки равнялось бы 1600 мм, а высота выработки — 2,0 м.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУКЦИИ 3
II. ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ 4
III. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ В ВЫРАБОТКАХ ВНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ 8
IV. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ ВЫРАБОТОК, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА ПОЛОГИХ И НАКЛОННЫХ ПЛАСТАХ 15
V. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ В ВЫРАБОТКАХ НА КРУТОНАКЛОННЫХ И КРУТЫХ ПЛАСТАХ . . . 28
VI. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ В ВЫРАБОТКАХ, ПРОВОДИМЫХ В РАЗГРУЖЕННЫХ ЗОНАХ, ПОД ИЛИ НАД КРАЕВЫМИ ЧАСТЯМИ И ЦЕЛИКАМИ УГЛЯ 36
VII. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАМНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ ВЫРАБОТОК, ПРОВОДИМЫХ В СЛАБЫХ НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ 40
VIII. РАСЧЕТ СМЕЩЕНИЙ ПОРОД ПРИ АКТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ВЫРАБОТКАХ 49

Приложение 1. Характеристика рамных податливых крепей 55

1. Перечень рамных металлических крепей 55
2. Параметры металлических податливых крепей 56
3. Параметры податливых сборных железобетонных крепей (по данным ИГД им. А. А. Скочинского) 59
4. Параметры смешанной крепи (по данным КузНИУИ) 59
5. Параметры деревянной крепи 61
6. Параметры средств усиления крепи 62
7. Параметры способов активного управления горным давлением и область их применения 62

Приложение 2. Примеры выбора типа и параметров крепей в выработках 67

1. Выработка, проводимая вне влияния очистных работ в условиях пологого падения 67
2. Выработка, проводимая по обрушенным породам 70
3. Выработка, погашаемая за очистным забоем одиночной лавы 71
4. Выработка, проводимая вприсечку без оставления угольной полосы 76
5. Выработка, сохраняемая для повторного использования 79
6. Спаренные выработки, погашаемые с одновременным извлечением целика угля 84
7. Спаренные выработки, разделенные породной полосой, создаваемой во время проведения, используемые при отработке второй лавы 87
8. Выработка, проводимая (оформляемая) за очистным забоем в выработанном пространстве 92

9. Выработка, проводимая (оформляемая) за очистным забоем и сохраняемая для повторного использования 93
10. Выработка вне влияния очистных работ в условиях крутого падения 96
11. Выработка, погашаемая за очистным забоем в условиях крутого падения 98
12. Выработка, проводимая впереди забоя лавы и сохраняемая за ним на весь срок службы выемочного участка в условиях крутого падения 99
13. Выработка, проводимая впереди забоя и сохраняемая за ним с последующим повторным использованием при отработке нижележащего этажа (подэтажа) в условиях крутого падения 100
14. Выработка, проводимая вприсечку к выработанному пространству в условиях крутого падения 102
15. Выработка, проводимая (оформляемая) за очистным забоем и поддерживаемая в выработанном пространстве в условиях крутого падения 103
16. Выработка, проводимая впереди очистного забоя по завалу (обрушенным породам) и поддерживаемая в выработанном пространстве в условиях крутого падения 104
17. Выработка, пройденная в разгруженной зоне от надработки и погашаемая за очистным забоем одиночной лавы 105
18. Выработка, пройденная в разгруженной зоне от подработки и погашаемая за очистным забоем одиночной лавы 105
19. Выработка, пройденная и поддерживаемая под краевой частью вышележащего пласта и погашаемая за очистным забоем одиночной лавы 105
20. Выработка, пройденная и поддерживаемая над целиком угля, оставленным в нижележащем пласте, и погашаемая за очистным забоем одиночной лавы 106
21. Выработка, проводимая вне влияния очистных работ в слабых неустойчивых породах (на буроугольных шахтах Днепровского бассейна) 107
22. Выработка, проводимая в слабых неустойчивых породах и погашаемая за очистным забоем одиночной лавы на шахтах Западного Донбасса 109
23. Выработка, проводимая в слабых неустойчивых породах вприсечку к выработанному пространству на шахтах Западного Донбасса 111

Приложение 3. Методика расчета смещений пород почвы . . . 113
1. Выработки вне влияния очистных работ 113
2. Выработки, погашаемые за 1-м очистным забоем 113
3. Выработки, повторно используемые и погашаемые за 2-м очистным забоем 114
4 Выработки, проводимые вприсечку к выработанному пространству 115
5 Выработки, проводимые (оформляемые) за очистным забоем . . . 115

Приложение 4. Примеры выбора типа и параметров крепей в выработках, в которых применяются способы активного управления горным давлением 117
1. Выработка, проводимая вне влияния очистных работ в условиях пологого падения 117
2. Выработка, погашаемая за очистным забоем одиночной лавы . . . 118
3. Выработка, сохраняемая для повторного использования 119
4. Выработка, проводимая вприсечку к выработанному пространству 121

СОСТАВИТЕЛИ

Н. П. Бажин, В. Н. Рева, В. В. Райский, О. И. Мельников, Ю. М. Басинский, В. Ф. Богомолов, Л. К. Нейман, Е. А. Иванов, Е. Д. Жариков, Ю. Н. Кулаков, А. М. Обрезан, И. И. Снытkин, А. И. Субботин, В. С. Лудзиш, Э. Ш. Феликс, К. К. Элиманов, С. А. Толмачев, В. П. Дудукалов

Редактор *Е. М. Платонова*
Технический редактор *А. Г. Образцова*
Художественный редактор *С. А. Филимонова*
Оператор ФПВ-1000 *С. Ю. Овчаренко*

Сдано в набор 5.09.91. Подписано в печать 27.12.91 г.
Формат бумаги 60×90/16. Печ. л. 8.
Тираж. 1000. Заказ 47. Цена договорная. Печатный цех ВНИИМИ.

УДК 622.281.5:624.046

Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб, 1991. — 125 с. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела).

ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ, БЕСЦЕЛИКОВЫЕ СПОСОБЫ ОХРАНЫ, СМЕЩЕНИЕ ПОРОД, ПУЧЕНИЕ, ПОДАТЛИВАЯ РАМНАЯ КРЕПЬ, СОПРОТИВЛЕНИЕ И ПОДАТЛИВОСТЬ КРЕПИ, СПОСОБЫ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ

Регламентирован порядок расчета и выбора крепей выработок угольных шахт, находящихся вне зоны и в зоне влияния очистных работ при разработке одиночных и сближенных пологих, наклонных, крутонаклонных и крутых пластов. В соответствии с данной Инструкцией во ВНИМИ разработана программа для ЭВМ. Применение Инструкции обязательно на всех угольных шахтах. С вводом ее в действие отменяется Инструкция по выбору рамной металлической податливой крепи горных выработок (Л.: ВНИМИ, 1986).

Ил. 34, табл. 50

gost.e-ecolog.ru