

Министерство образования и науки  
Донецкой народной республики  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых

Методические указания  
к индивидуальной расчетной работе  
по курсу «Крепление горных выработок»

Донецк - 2017

Описание параметров залегания выработки для индивидуальной расчетной работе по курсу «Крепление горных выработок»

Условия: выработка проводится по напластованию на глубине  $H$ . Угол падения пород  $\alpha$ . Характеристика слоев пород: 1 - R, m; 2 - R, m ... Ширина в проходке  $b$ , высота  $h$ . Срок службы выработки  $t$ . Выработка сухая, находится вне тектонических нарушений. Крепь металлическая арочная податливая. Способ охраны выработки бутовая полоса с органной крепью. Подготовительная выработка эксплуатируется три года: два - до влияния первого очистного забоя, один последующих - до погашения вторым очистным забоем.

Последняя цифра в зачетки	Ширина в проходке $b$ , м	Высота в проходке $h$ , м	Срок службы выработки $t$ , год	Глубина заложении $H$ , м	Обрушаемость основной кровли	Угол залегания пологого (крутого) пласта $\alpha$ , °	Характеристика слоев кровли и почвы выработки									
							1		2		3 (уголь)		4		5	
							R	m	R	m	R	m	R	m	R	m
0	2,95	2,68	5	700	Легко	15 (65)	81	10,8	60	2,1	20	1,5	38	2,4	65	4,0
1	3,27	2,76	6	750	Средне	12 (73)	91	9,5	55	2,6	19	0,8	47	2,7	48	8,0
2	3,57	3,01	7	800	Тяжело	8 (86)	105	7,2	48	2,2	18	1,4	36	3,0	53	6,0
3	4,18	3,13	8	850	Легко	10 (71)	86	10,2	62	2,1	17	1,8	34	0,6	49	7,5
4	4,75	3,44	9	900	Средне	11 (82)	99	11,3	54	2,3	18	0,9	25	1,5	64	7,7
5	5,2	3,55	10	950	Тяжело	14 (76)	106	18,5	36	2,5	16	1,1	27	1,8	52	6,9
6	5,44	3,97	11	1000	Легко	5 (88)	80	14,8	47	2,7	21	1,3	29	2,5	50	4,2
7	4,12	3,56	6	1050	Средне	13 (64)	82	12,7	66	1,8	22	1,6	42	2,3	63	4,7
8	4,75	3,62	8	1100	Тяжело	18 (62)	96	8,1	36	1,9	19	1,5	34	2,1	51	5,2
9	3,6	2,92	9	1150	Средне	16 (68)	93	8,4	30	2,2	17	2,1	41	2,2	62	5,3

## I. Основные исходные данные и расчетные положения

1. 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  $\Delta$  и окончательно устанавливают необходимые размеры сечения выработки в проходке путем увеличения размеров в свету на значение  $\Delta$ ;

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

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

3. Расчетное сопротивление сжатию слоев пород в массиве определяют  $3\sigma$  с учетом нарушенности массива по формуле:

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

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. Протодыяконову  $f$  пересчет в МПа производят по формуле:  $R = 10f$ . Формула справедлива при  $f \geq 3$ );  $k_c$  - 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 ... 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  $k_c = 1$ .

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

5. 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:

$$R_{c, \text{ср}} = \frac{R_{c_1} m_1 + R_{c_2} m_2 + \dots + R_{c_n} m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (2)$$

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

Для выработок, проведенных по напластованию в условиях пологих и наклонных пластов и вкрест напластования при любом залегании,  $R_{c, \text{ср}}$  определяют по формуле (2) для кровли с охватом 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,  $R_{c, \text{ср}}$  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. 4.

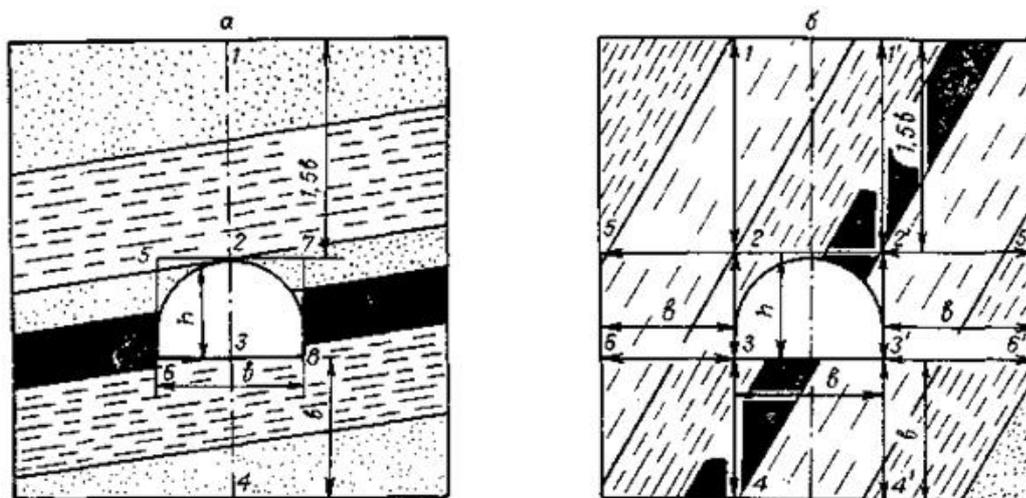


Рис. 1. Схемы к определению расчетного сопротивления пород сжатию: а - пологое и наклонное, б - крутонаклонное и крутое падение

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

**6.** 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  $R_c$  которых колеблются в пределах до 30 %; для этого участка  $R_{c,ср}$  определяют по формуле (2);

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

Для выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ, дополнительно определяют расчетное сопротивление пород сжатию  $R_{c,ср}$ , как средневзвешенное из вычисленных значений  $R_c$  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' для условий крутонаклонного и крутого падения - см. рис. 1, б).

## II. Расчет параметров рамной податливой крепи в выработках вне влияния очистных работ

### *Полевые и пластовые выработки*

**7.** 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  $R_{c,ср}$ . Выбор основной рамной податливой замкнутой крепи с обратным сводом производят по наибольшей величине смещений пород кровли, почвы или боков,  $U_{кр}$ ,  $U_{пч}$ ,  $U_b$ , 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).

8. 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:

$$\begin{aligned} U_{с.кр} &= U_{т.кр} k_{\alpha} k_{\theta} k_{\beta} k_{\gamma}, \\ U_{с.пч} &= U_{т.пч} k_{\alpha} k_{\theta} k_{\beta} k_{\gamma}, \\ U_{с.б} &= U_{т.б} k_{\alpha} k_{\theta} k_{\beta} k_{\gamma}. \end{aligned} \quad (3)$$

где  $U_{т.кр}$ ,  $U_{т.пч}$ ,  $U_{т.б}$  - смещения пород, определяемые по графикам (рис. 2) в зависимости от расчетного значения  $R_c$  пород кровли, почвы или каждого из боков и глубины расположения выработки  $H$ ;

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

$k_{\alpha}$  - коэффициент влияния угла залегания пород и направления проходки выработки относительно напластования пород, определяемый по табл. 2;

$k_{\theta}$  - коэффициент, характеризующий влияние направления смещения пород; для боковых смещений пород  $k_{\theta}$  принимают по табл. 2;

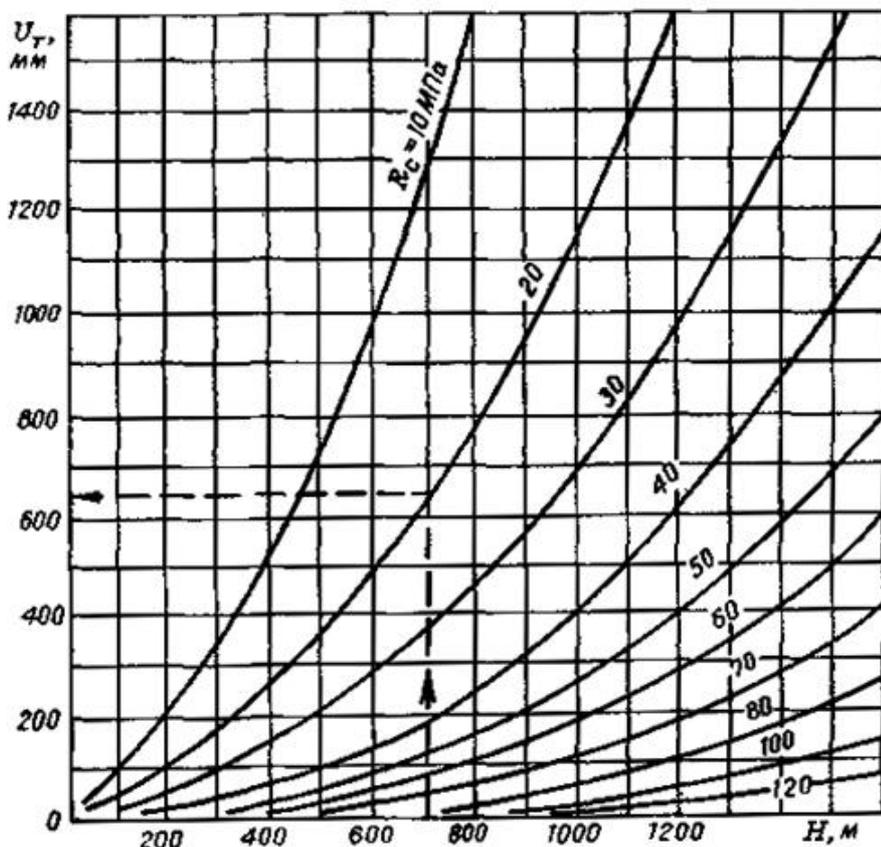


Рис. 2. Графики для определения типового смещения пород

Таблица 2

Групп	Выработки	$\alpha \leq 20^\circ$		$\alpha = 21 - 30^\circ$		$\alpha = 31 - 40^\circ$		$\alpha = 41 - 50^\circ$		$\alpha > 50^\circ$	
		$k_\alpha$	$k_\theta$	$k_\alpha$	$k_\theta$	$k_\alpha$	$k_\theta$	$k_\alpha$	$k_\theta$	$k_\alpha$	$k_\theta$
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

$k_{ш}$  - коэффициент влияния ширины выработки, определяемый для кровли и почвы по формулам (4), а для боков - (5).

$$k_{ш} = 0,2(b - 1), (4)$$

$$k_{ш} = 0,2(h - 1), (5)$$

где  $b$ ,  $h$  - соответственно ширина и высота выработки в проходке (в метрах);

$k_v$  - коэффициент воздействия других выработок, для одиночных выработок принимают  $k_v = 1$ ; 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  $k_v = 1$ , если расстояние между параллельными выработками, определяемое по формуле (6), исключает их взаимное влияние.

$$L_d \geq (b_1 + b_2)k_L, (6)$$

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  $\alpha$  до 35°, в знаменателе - при  $\alpha$  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  $k_t$  принимают как для горизонтальных 1-й группы.

Если фактическое расстояние между параллельными выработками  $L_\phi$  менее  $L_d$ , то величину коэффициента  $k_B$  для параллельных выработок определяют по формуле:

$$k_B = L_d/L_\phi, (7)$$

где  $L_d$  - расстояние между параллельными выработками, исключаящее их взаимное влияние.

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

Для подготавливающих выработок  $k_B = 1$ .

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  $t \geq 15$  лет и других значениях  $H/R_{с.ср}$  коэффициент  $k_t = 1$ .

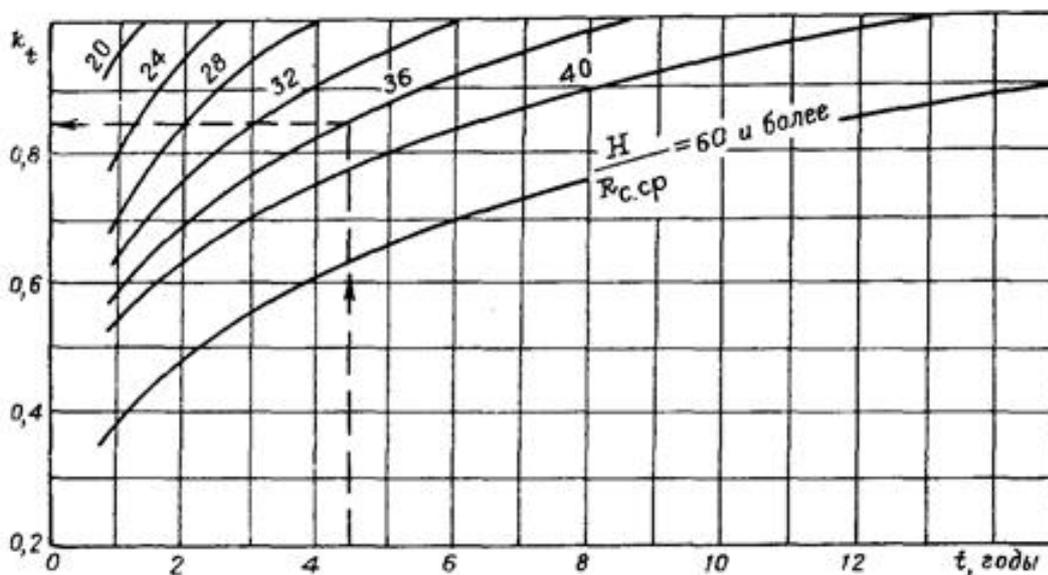


Рис. 3. График для определения  $k_t$ .

#### Определение расчетной нагрузки на рамную податливую крепь

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

$$P = P^H k_\Pi k_{пр} b, (8)$$

$$P = P^H k_\Pi k_{пр} h, (9)$$

где  $P^H$  - нормативная удельная нагрузка, определяемая по табл. 4 в зависимости от смещений пород и ширины выработки в проходке. Для

незамкнутой крепи  $R^H$  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;  $R^H$ , кПа) определяют интерполяцией ближайших значений.

Коэффициент  $k_n$  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 пространства любым способом - равным 1;  $b$  - ширина выработки в проходке;  $h$  - высота выработки, м.

Таблица 4

Расчетные смещения пород $U$ , мм	$R^H$ , 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	$k_n$
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

### *Выбор типа крепи и ее сопротивления*

**10.** 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*

**11.** 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  $N_s$ :

$$n \geq P/N_s. (10)$$

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.

**12.** 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*

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

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

$$\Delta \geq U_{кр}, (11)$$

где  $\Delta$  - конструктивная податливость крепи, мм (см. прил. 1);

$U_{кр}$  - расчетные смещения пород кровли, мм (см. п. 8);

если плотность установки крепи, принятая по п. 11, превышает 1 раму/м, а также если используют дополнительные средства усиления, то податливость крепи принимают менее расчетных смещений пород кровли из условия  $\Delta \geq U_{кр}k_{ос}$  (при установке в выработке только основной крепи);

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

$\Delta \geq U_{кр} k_{ос} k_{анк}$  (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.

Таблица 7 Основная крепь

Р, 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

$P_1$ , 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

$P_a$ , 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

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. IV.

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

*Выработки, проводимые по обрушенным породам выработанного пространства*

14. 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 исследуемым породам, то смещения пород кровли увеличивают в 1,5 раза, а почвы - уменьшают вдвое.

Расчетную нагрузку на крепь выработки определяют по п. 9. Тип крепи и плотность установки рам выбирают по пп. 10 и 11. Металлическую крепь по податливости выбирают в соответствии с п. 13.

### **III. Расчет параметров рамной податливой крепи выработок, расположенных в зоне влияния очистных работ на пологих и наклонных пластах**

*Выработки, погашаемые за очистным забоем*

15. 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. 8 расчета нагрузки на основную крепь по величине  $U_{о.кр}$  в соответствии с п. 9 Соппротивление крепи и плотность установки рам основной крепи определяют по пп. 10 и 11

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

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

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

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

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.;

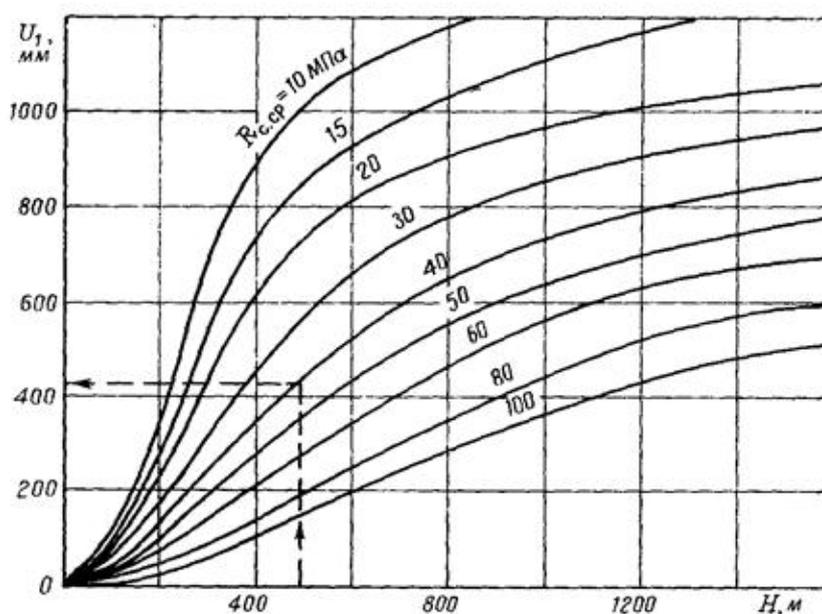


Рис. 4. Смещения пород в зоне временного опорного давления очистного забоя

$k_{кр}$  - коэффициент влияния класса кровли по обрушаемости, указанный в табл. 10;

Таблица 10  $k_{кр}$  для кровли

легкообрушающейся	среднеобрушающейся	труднообрушающейся
0,8	1,0	1,2

$k_s$  - коэффициент, учитывающий влияние площади сечения выработки в свету до осадки, определяемый по табл. 11;

Таблица 11

S, м <sup>2</sup>	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

$k_k$  - коэффициент, характеризующий долю смещений пород кровли в общих смещениях пород в выработках, определяемый по графикам рис. 5.

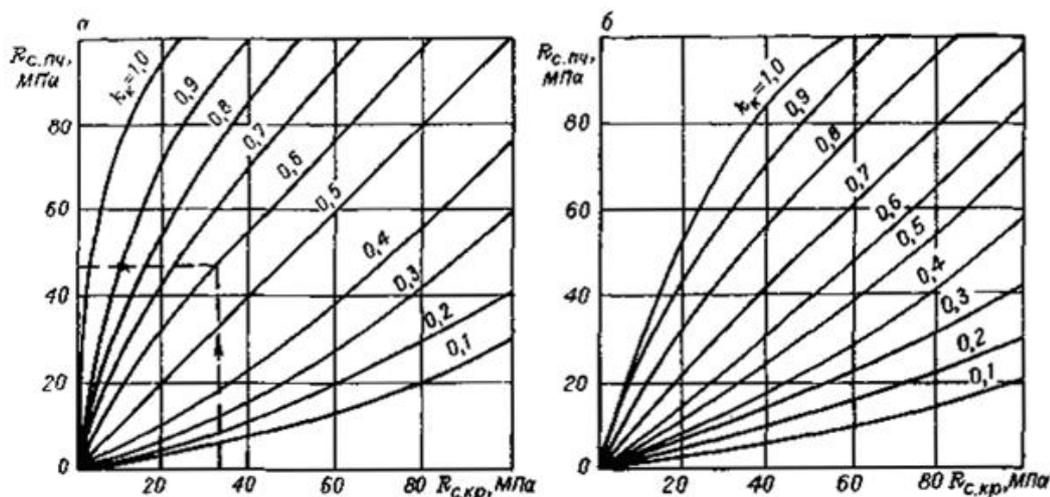


Рис. 5. Графики для определения коэффициента  $k_k$ :

Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы определяют (см. п. 9) по величине  $U_{кр}$ . Количество средств усиления на 1 м выработки  $n_1$  находят из выражения:

$$n_1 \geq (P_1 - nN_s)/N_{s1}, \text{ но не менее } n_1 = 0,5n, \quad (14)$$

где  $P_1$  - суммарная нагрузка на крепь, кН/м;

$n$  и  $N_s$  - соответственно плотность установки и сопротивление одной рамы основной крепи;

$N_{s1}$  - 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. 2);

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

а - для пологого и наклонного, б - для крутого и крутонаклонного падения

Таблица 12 Расстояние от очистного забоя при кровле, м

Глубина, 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*

**16.** 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. 9.

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

где  $U'_{пр}$  - смещения пород (мм) при проведении выработок вприсечку к выработанному пространству в типовых условиях (рис. 6);

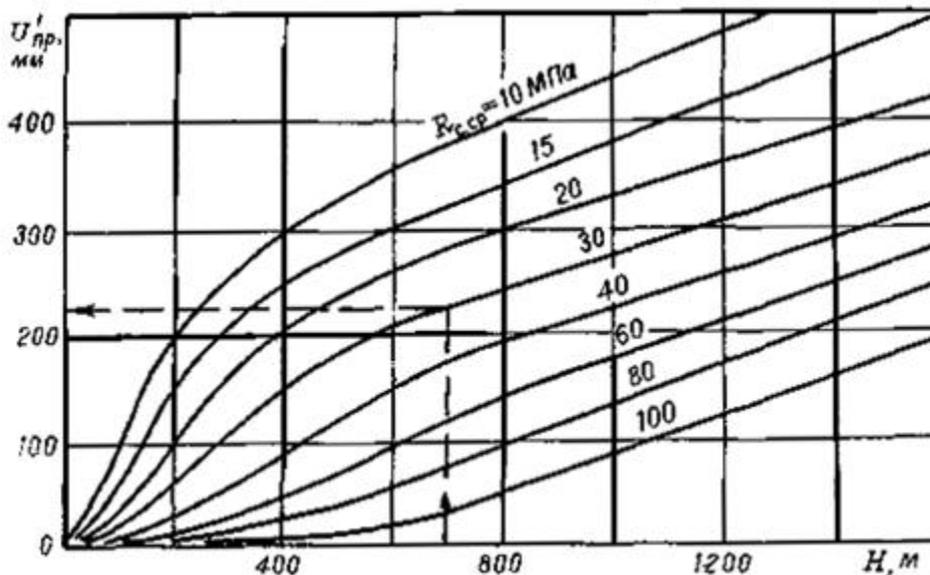


Рис. 6. Смещения пород в присечных выработках вне зоны влияния собственного очистного забоя

$k_s, k_k$  - см. п. 15;

$v'_0$  - средняя скорость смещения пород (мм/мес) в течение двух месяцев после прохода забоя присечной выработки, 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 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. 10 и 11;

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:

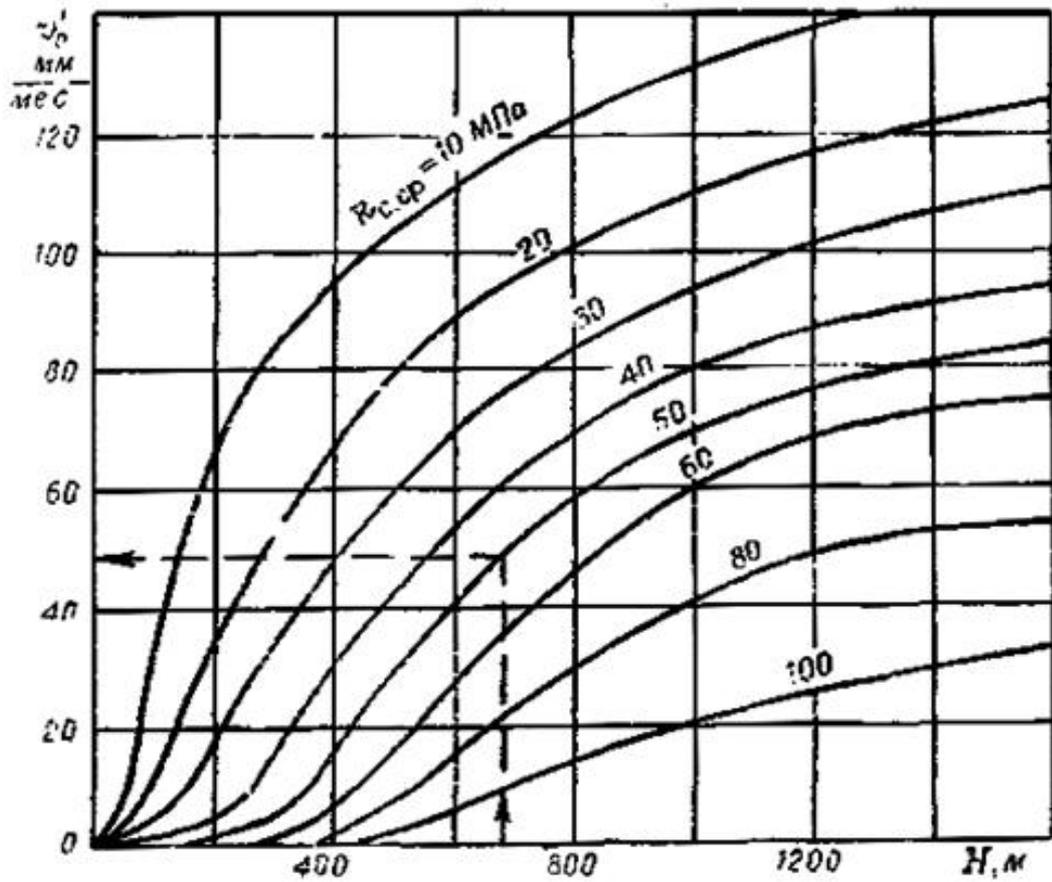


Рис. 7. Скорость смещения пород в присечных выработках вне зоны влияния собственного очистного забоя

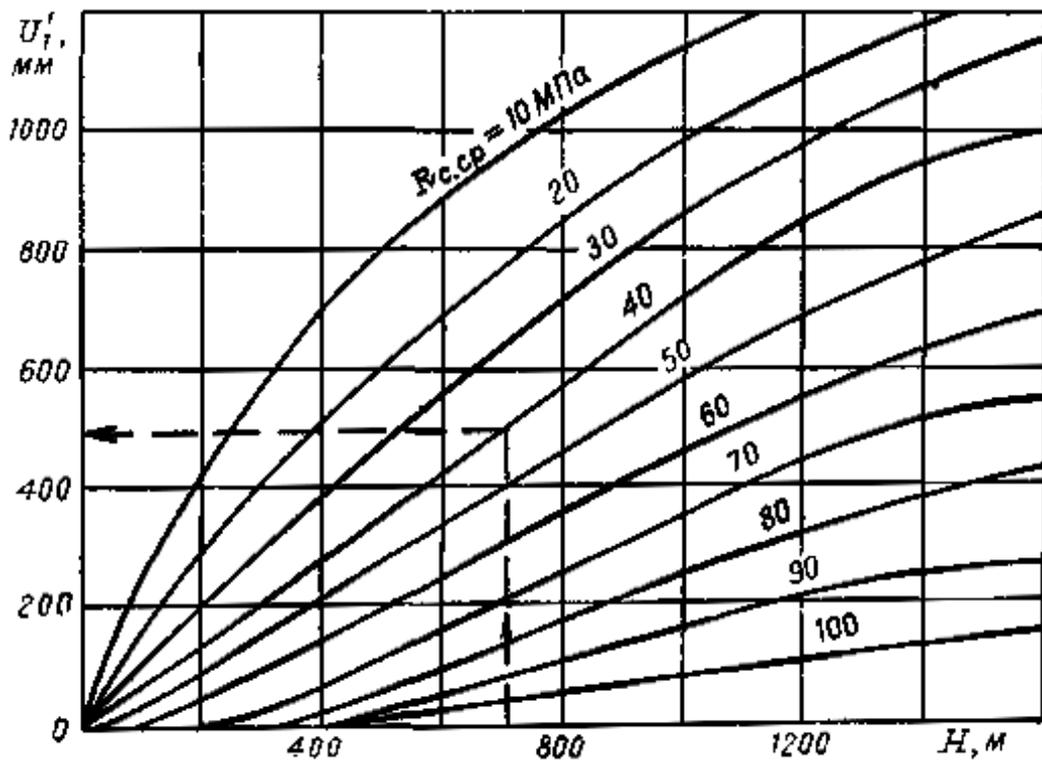


Рис. 8. Смещения пород в присечных выработках в зоне влияния собственного очистного забоя

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

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

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

г) металлическую рамную крепь по податливости выбирают в соответствии с п. 13 по величине  $U'_{кр}$ ;

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

Таблица 13 Расстояние от очистного забоя, м, при кровле

Глубина, м	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*

**17.** 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. 8, и расчета нагрузки на основную крепь по величине  $U_{о.кр}$  в соответствии с п. 9. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи принимают по пп. 10 и 11;

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. 15. Средства усиления перед забоем первой лавы устанавливают на расстояниях  $l_1$ , указанных в табл. 14;

Таблица 14 Расстояние от очистного забоя, м, при кровле

Глубина, м	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 можно увеличивать бел 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:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (2U_1k_k + mk_{охр}k_{t1})k_{кр}k_s, (17)$$

где  $U_{о.кр}$  - см. п. 8;

$U_1, k_k, k_{кр}, k_s$  - см. п. 11;

$m$  - 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  $k_{охр} = 0,1$ ;

$k_{t1}$  - 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
$k_{t1}$	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. 9 по величине общих смещений пород кровли из формулы (17). Количество средств усиления на 1 м выработки определяют по формуле:

$$n_2 \geq (P_2 - nN_s)/N_{s2}, (18)$$

где  $n$  - плотность установки основной крепи;

$n_2$  - плотность установки средств усиления крепи позади забоя первой и перед забоем второй лав;

$N_s, N_{s2}$  - 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 устанавливаются соответственно на расстояниях  $l_2$  и  $l_3$  (см. табл. 14);

г) выбор металлической рамной крепи по податливости производят в соответствии с п. 13 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\*

**18.** 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. 8, и расчета нагрузки на основную крепь по величине  $U_{o,кр}$  в соответствии с п. 9. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи выбирают по пп. 10 и 11.

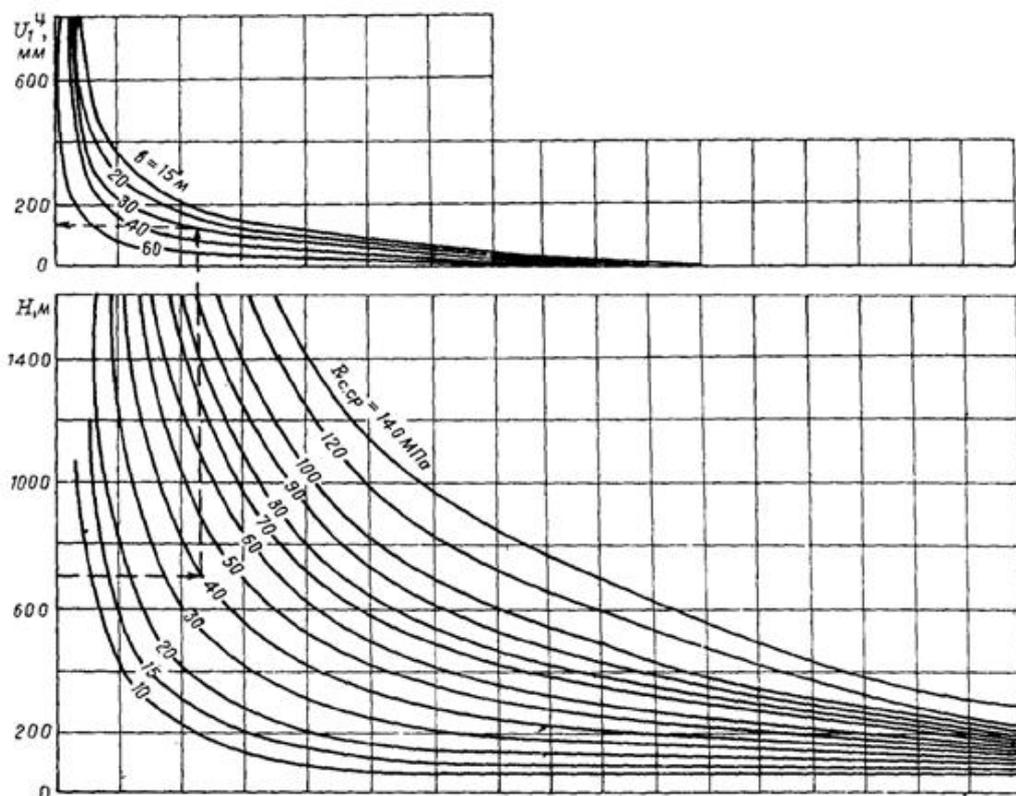


Рис. 9. Номограмма для определения  $U_1^u$

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

$$U_{кр} = U_{o,кр} + [U_1^u (1 + k_u) + \Delta U_1^u] k_{кр} k_s k_k, \quad (19)$$

где  $U_{o,кр}$  - смещения пород кровли выработки (мм) в период поддержания ее вне влияния очистных работ (по п. 8);

$U_1^u$  - 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);

Таблица 16 Ширина, м, временных целиков угля на глубине, м

Сопротивление угля сжатию, МПа	менее 300	300 - 600	600 и более
Менее 20	20	30	40
20 и более	15	26	35

$\Delta U_1^u$  - смещения пород (мм) позади забоя первой лавы, определяемые по номограмме (рис. 10);

$k_c$  - коэффициент влияния второго очистного забоя, устанавливаемый в зависимости от ширины целика угля по табл. 17.

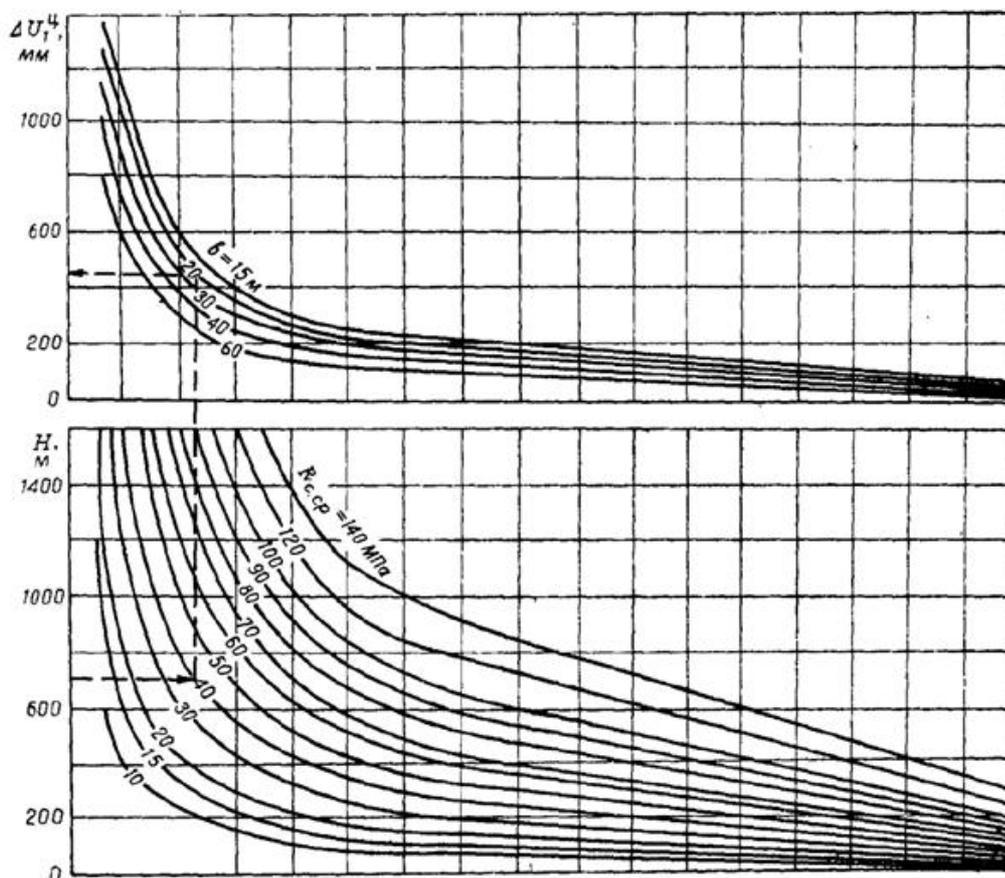


Рис. 10. Номограмма для определения  $\Delta U_1^u$

Таблица 17

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

Суммарную нагрузку на крепь за весь срок службы находят согласно п. 9 по величине  $U_{кр}$  - см. формулу (19). Количество средств усиления на 1 м выработки определяют из выражения (14), см. п. 15:

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 Расстояние от очистного забоя при кровле, м

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

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

**19.** 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. 8, а для случая проведения спаренных выработок общим забоем по пласту угля - по формуле  $U_{o.кр} = 0,2mk_s$ . Нагрузки на основную крепь рассчитывают по величине  $U_{o.кр}$  в соответствии с п. 9.

Соппротивление крепи и плотность установки рам основной крепи получают по пп. 10 и 11;

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

$$U_{кр} = U_{o.кр} + (0,2m + 0,8U_1k_{кр}k_k)k_s; \quad (20)$$

общим забоем по углю

$$U_{кр} = (0,2m + 0,8U_1k_kk_{кр})k_s, \quad (21)$$

где  $U_{o.кр}$  - см. п. 12,  $U_1$ ,  $k_k$ ,  $k_{кр}$ ,  $k_s$  - см. п. 15,  $m$  - см. п. 17.

Суммарную нагрузку на крепь и средства ее усиления рассчитывают по п. 9 по величине  $U_{кр}$ , см. формулы (20) или (21).

Количество средств усиления крепи на 1 м выработки определяют по формуле (14), см. п. 15;

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

$$U_{кр} = U_{o.кр} + (1,8U_1k_{кр}k_k + 0,36m)k_s, \quad (22)$$

общим забоем по пласту угля

$$U_{кр} = (1,8U_1k_{кр}k_k + 0,36m)k_s, \quad (23)$$

где  $m$  - см. п. 17.

Суммарную нагрузку на крепь и средства усиления при отработке второй лавы определяют согласно п. 9 по величинам  $U_{кр}$  - см. формулы (22) или (23). Количество средств усиления крепи на 1 м выработки находят по формуле (18), см. п. 17;

д) металлическую рамную крепь по податливости выбирают в соответствии с п. 13 по смещениям пород кровли  $U_{кр}$  - см. формулы (22), (23).

**20.** Основную крепь в спаренных выработках, погашаемых после отработки первой лавы, выбирают на основании п. 19, а, средства усиления - по расчету смещений пород из выражений:

$$U_{кр} = U_{о.кр} + (0,2m + U_1 k_k k_{кр}) k_s - (24)$$

при проведении спаренных выработок одиночными забоями;

$$U_{кр} = (0,2T + U_1 k_k k_{кр}) k_s - (25)$$

общим забоем по углю.

*Выработки, проводимые (оформляемые) за очистным забоем*

**21.** 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 стругами) следующий:

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

$$U_{кр} = k_{охр} m k_s, (26)$$

а для случая охраны выработки двойными двусторонними бутовыми полосами

$$U_{кр} = 0,32mk_s, (27)$$

где  $m$  - вынимаемая мощность пласта, м;

$k_{охр}$  - см. п. 17;

$k_s$  - см. табл. 11, и расчета нагрузки на основную крепь по величинам  $U_{кр}$ , определяемым по формулам (26) или (27) в соответствии с п. 9. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи выбирают по пп. 10 и 11;

в) выбирают металлическую рамную крепь по податливости в соответствии с п. 13 по величине  $U_{кр}$  - см. формулы (26), (27).

Выработки, проводимые (оформляемые) за очистным забоем и сохраняемые для повторного использования. 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. 17.

22. 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. 9. Сопротивление крепи и плотность установки рам основной крепи выбирают по пп. 10 и 11;

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

$$U_{кр} = (k_{охр}m + U_2k_{кр}k_k)k_s, (28)$$

$k_{охр}$  - см. п. 17;

$m$  - вынимаемая мощность пласта, м;

$k_{кр}$  - по табл. 10;

$k_s$  - по табл. 11;

$k_k$  - 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).

#### **IV. Расчет параметров рамной податливой крепи в выработках на крутонаклонных и крутых пластах**

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

### *Выработки, не подверженные влиянию очистных работ*

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

а) по формулам (3) определяют смещения пород отдельно в кровле  $U_{o.кр}$ , почве  $U_{o.пч}$  и боках  $U_{o.б}$  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. I, 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  $P^H$ . При этом расчетное смещение пород  $U$ , по которому определяют  $P^H$ , оценивают из выражения:

$$U = \sqrt{U_{o.кр}^2 + U_{o.вис.б}^2} \quad (29)$$

где  $U_{o.кр}$ ,  $U_{o.вис.б}$  - 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. 11 по ближайшему расчетному значению  $n$ ;

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

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

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

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

где  $\Delta$  - конструктивная податливость крепи, мм;  $k_{ос}$ ,  $k_{ус}$ ,  $k_{анк}$  - 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*

**24.** 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. 23;

б) выбирают средства усиления в зоне влияния очистных работ на

основании общих смещений пород  $U_{кр}$  в кровле выработки за весь срок ее службы, определяемых по формуле:

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

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

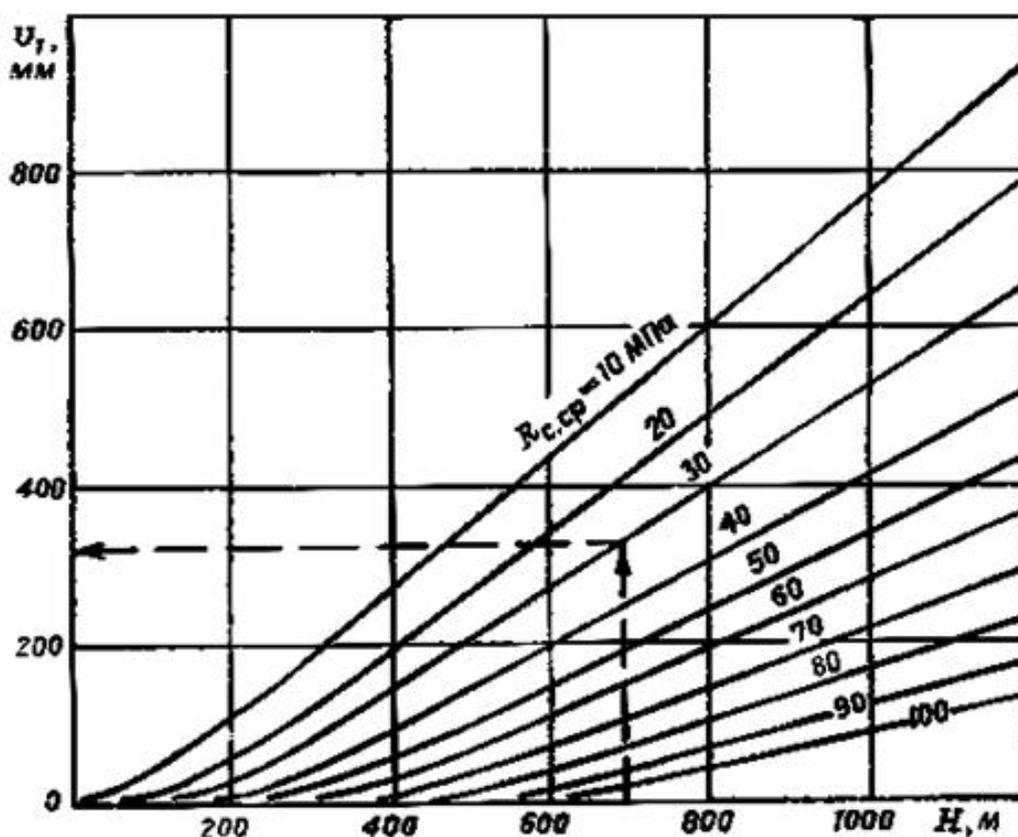


Рис. 11. Смещения пород за период влияния временного опорного давления очистного забоя

По вычисленному значению  $U_{кр}$  находят нормативную нагрузку  $P^н$  (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  $N_{s1}$  выбранных средств усиления (см. п. 6 прил. 1) из формулы (14) находят необходимую плотность  $p_1$  средств усиления крепи;

в) средства усиления крепи устанавливаются впереди очистного забоя на расстояниях, приведенных в табл. 12 - (см. п. 15);

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

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

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

25. 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. 23 и 24;

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

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

где  $U_{\text{о.кр}}$ ,  $U_1$  - см. пп. 23, 24;  $m$  - вынимаемая мощность пласта, м;  $k'_{\text{охр}}$  - коэффициент влияния средств охраны, указанный в табл. 19.

Таблица 19

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

По величине  $U_{\text{кр}}$  формулы (33) согласно п. 9 определяют нормативную и расчетную нагрузки, а затем из формулы (18) по известным значениям  $n$ ,  $N_s$  и выбранному  $N_{s2}$  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. 23 по формуле (30), причем  $U_{\text{общ}}$  принимают из выражения:

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

В формуле (35)  $U_{\text{о.кр}}$ ,  $U_{\text{о.пч}}$  - смещения пород, определяемые согласно п. 27 по формулам (3),  $k_{\text{кр}}$ ,  $k_s$ ,  $k'_\alpha$  - 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.

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

26. Порядок расчета параметров крепи следующий: а) выбирают тип и плотность основной крепи, устанавливаемой при проходке выработок, в соответствии с п. 23;

б) выбирают средства усиления крепи впереди и позади забоя первой лавы в соответствии с пп. 24, 25;

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

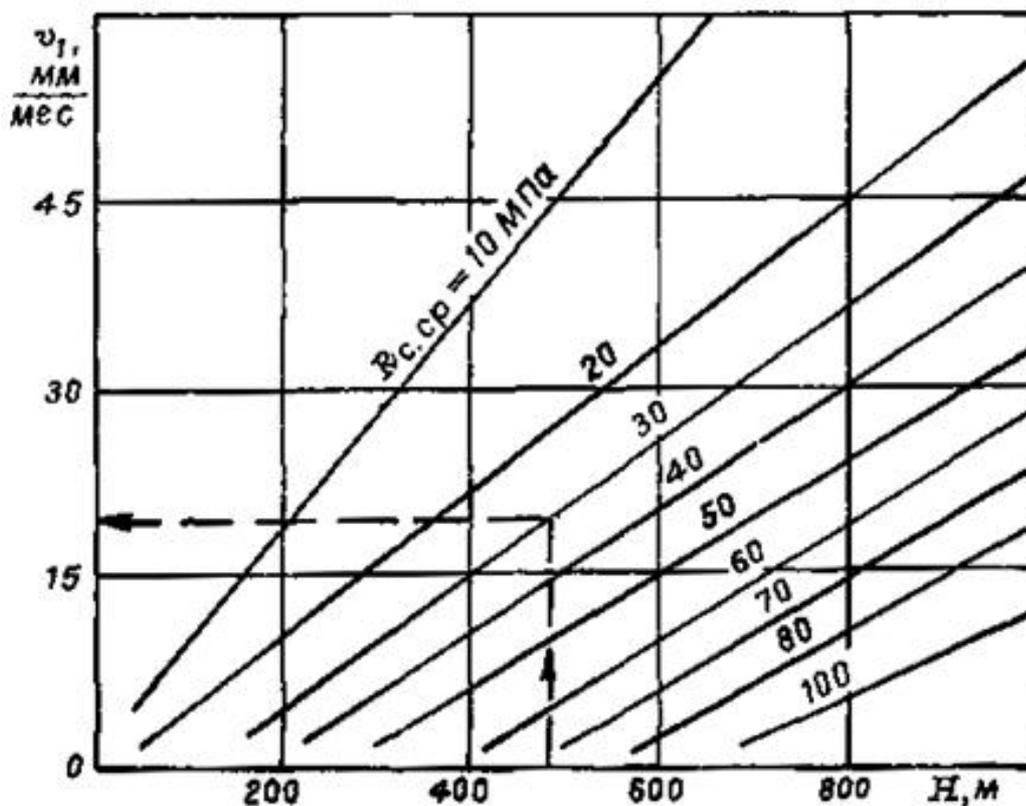


Рис. 12. Скорость смещений пород позади очистного забоя

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

(обозначения - см. пп. 23 - 24);

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:

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

(обозначения по пп. 23 - 25);

*Выработки, проводимые вприсечку к выработанному пространству*

**27.** 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:

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

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);

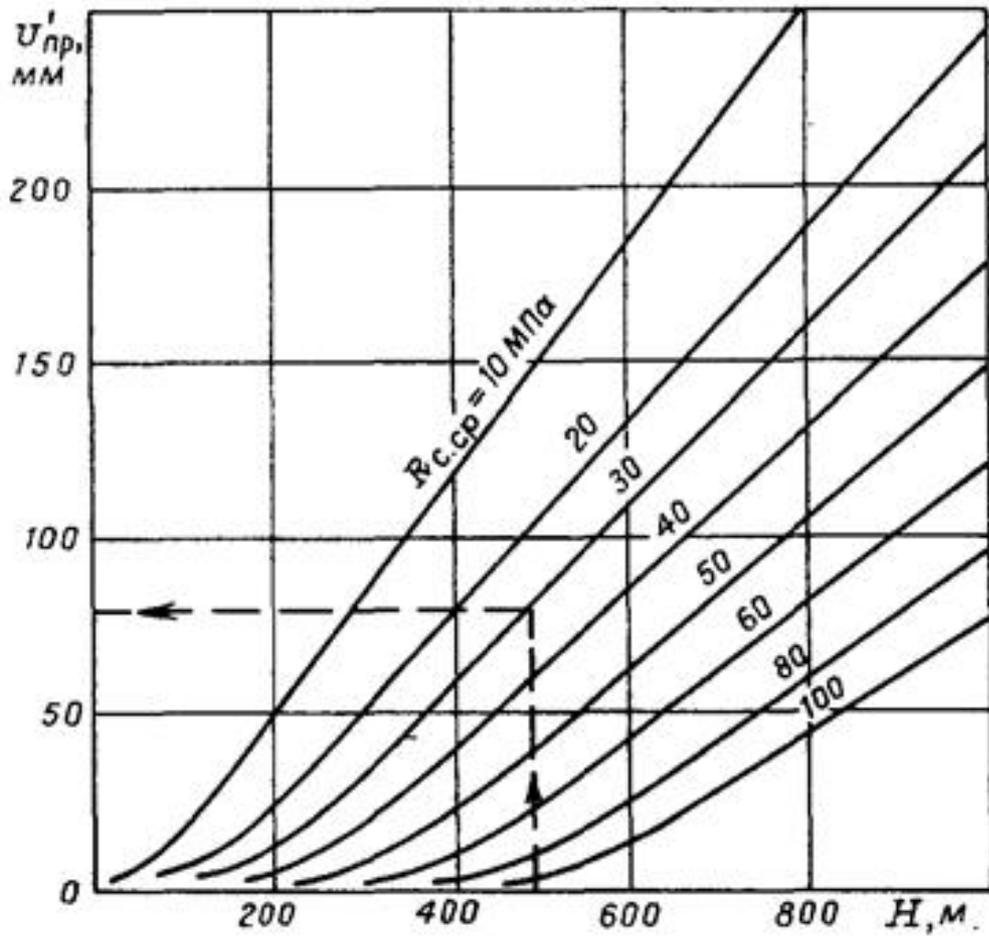


Рис. 13. Смещения пород за период влияния проходческого забоя в присечной выработке

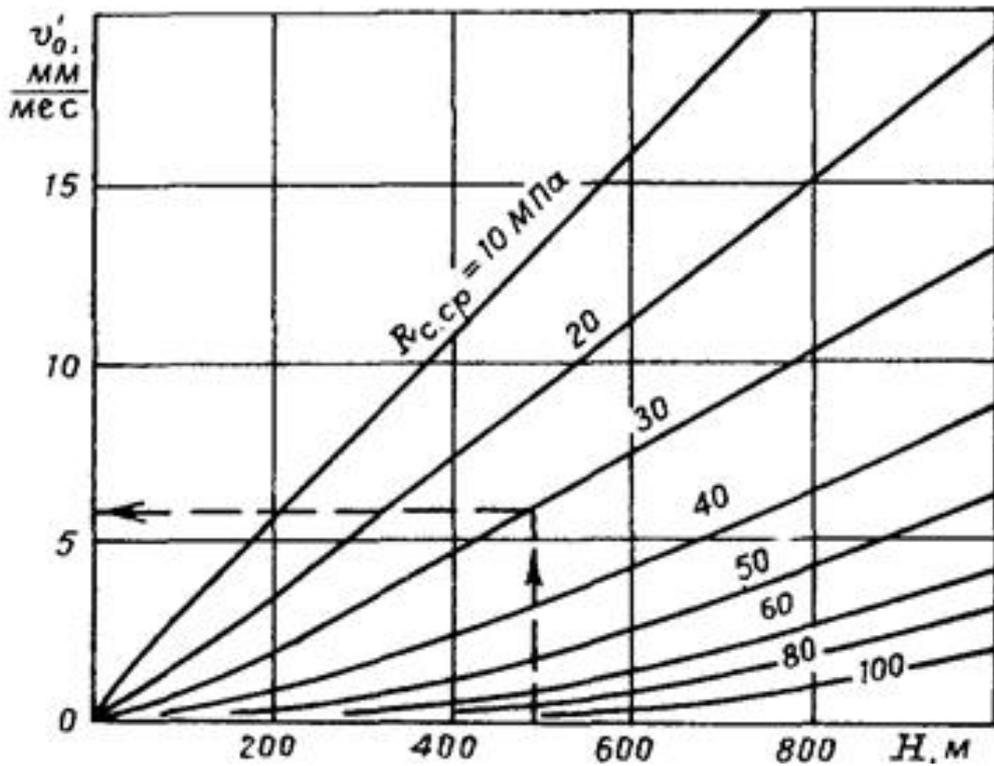


Рис. 14. Скорости смещений пород кровли в присечных выработках

$k'$  - коэффициент влияния места заложения присечной выработки (см. п. 20);

$k_k$  - см. рис. 5, б;

$k'_\alpha$  - см. п. 21;

$k_s$  - см. табл. 11.

По величине  $U'_{o.кр}$  согласно п. 9 определяют нормативную и расчетную нагрузки на 1 м выработки. Затем в соответствии с пп. 10, 11 выбирают тип, сопротивление  $N_s$  и плотность установки  $n$  основной крепи;

б) выбирают средства усиления крепи согласно п. 15 на основании смещений пород  $U'_{кр}$  кровли за весь срок службы выработки, рассчитываемых по формуле:

$$U'_{кр} = U'_{o.кр} + U'_1 k_k k_{кр} k_s k'_\alpha k', \quad (38)$$

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:

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

При этом  $U'_{o.пч}$  определяют из выражения:

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

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

*Выработки, проводимые (оформляемые) за очистным забоем*

**28.** 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:

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

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;

$k'_\alpha$  - см. п. 24.

По найденному значению  $U_{кр}$  из табл. 4 находят нормативную нагрузку  $P^H$ , по формуле (8) определяют расчетную нагрузку на 1 м выработки и в соответствии с пп. 10, 11 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:

$$U_{\text{общ}} = (m'k'_{\text{оxp}} + v_2t) k_s k'_\alpha, \quad (42)$$

где  $v_2$  - скорость смещения пород в выработанном пространстве, мм/мес (рис. 15);

$t$  - срок службы выработки, мес.

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*

**29.** 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  $U_{\text{о.кр}}$  и  $U_{\text{о.вис.б}}$ , 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  $R^H$  принимают согласно табл. 4 по величинам  $1,5U$ . Дальнейший выбор типа и плотности основной крепи производят в соответствии с пп. 10 и 11;

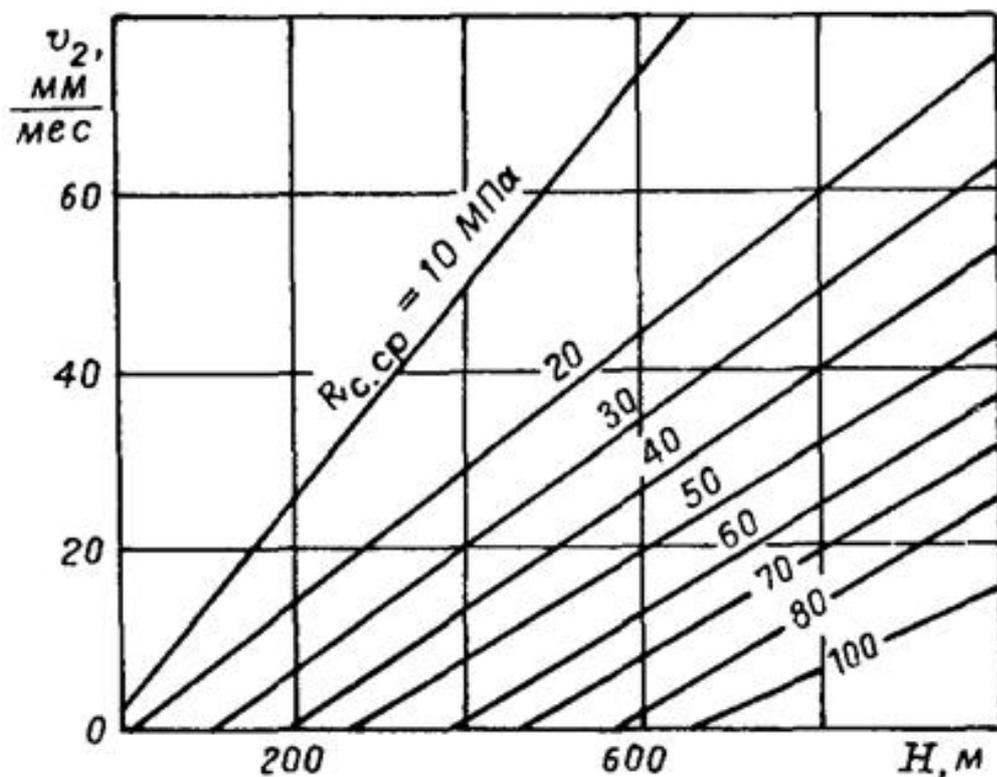


Рис. 15. Скорость смещений пород в выработке позади забоя лавы на вентиляционном горизонте

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

$$U_{кр} = 1,5U_{о.кр} + (U_1 + v_2t) k_k k_{кр} k_s k'_\alpha, (43)$$

где  $U_{о.кр}$  - см. п. 23,  $U_1$  - см. рис. 11,  $k_k$  - см. рис. 5, б;  $k_{кр}$ ,  $k_s$ ,  $k'_\alpha$  - см. п. 24.

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:

$$U_{общ} = 1,5U_{о.кр} + 0,5U_{о.пч} + (U_1 + v_2t) k_{кр} k_s k'_\alpha, (44)$$

где  $t$  - срок службы выработки, мес;

$v_2$  - скорость смещения пород на вентиляционном горизонте, мм/мес (см. рис. 15).

#### *Требования к крепи*

**30.** Во всех перечисленных в пп. 23 - 29 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.

## Приложение 1 Характеристика рамных податливых крепей

### ПАРАМЕТРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЕЙ

Сечение выработки в свету до осадки, м	Ширина выработки в свету до осадки, м	Тип спектрофиля	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	
<b>Арочная КМП-А3</b>						
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
<b>Арочная КМП-А4</b>						
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
<b>Арочная КМП-А5</b>						
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	»

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.

#### Назначение и область применения металлических податливых крепей

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. 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.