

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению практических и самостоятельных занятий по курсу
« СПОСОБЫ ОХРАНЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК»

Р е к о м е н д о в а н ы
на заседании кафедры «Разработка
месторождений полезных
ископаемых».
Протокол № 1 от 28.08.2019 г.

У т в е р ж д е н ы
на заседании учебно-издательского
совета ДонНТУ.
Протокол № от _____ г.

Донецк – 2019 г.

Методические указания к проведению практических и самостоятельных занятий по курсу « СПОСОБЫ ОХРАНЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК» /Новиков А.О. – Донецк: ДонНТУ, 2019, 57 с.

Составитель

проф. А.О. Новиков

Отв. за выпуск

проф. Н.Н. Касьян

Работа №1

Тема: Изучение основных терминов. Определение устойчивости горной выработки по величине критерия напряженности незакрепленных элементов горной выработки.

Цель работы: рассмотреть основные понятия и термины подземной разработки пластовых месторождений. Для заданных горно-геологических условий шахтного поля определить устойчивость горной выработки по величине критерия напряженности незакрепленных элементов горной выработки.

Исходные данные:

Устойчивость выработки определяется исходя из условия прочности вмещающих выработку пород

$$\frac{\gamma H}{R_{сж.}} \cdot \frac{k_3 k_2}{\eta \xi} < 1, \quad (1)$$

где γ – плотность вмещающих пород, т/м³;

$R_{сж.}$ – прочность пород на одноосное сжатие, МПа;

H – глубина размещения выработки, м;

k_3 – коэффициент изменения напряжений в результате влияния других выработок (при расстоянии до выработок более 15м; 15÷10м; 10÷5м и менее 5м k_3 равен, соответственно, 1; 1,5; 2,0 и 2,5);

k_2 – коэффициент концентрации напряжений в результате проведения данной выработки (для выработок круглой и сводчатой форм поперечного сечения $k_2 = 2,75$; для трапециевидной и прямоугольной – $k_2 = 3,0$);

η – коэффициент структурного ослабления пород, характеризующий отношение сцепления по контактам естественных трещин к сцеплению в монолитной породе и зависит от степени нарушенности массива (при отношении $l_m/L = 0,5 \div 0,2$ $\eta = 0,8 \div 0,4$, а при $l_m/L = 0,2 \div 0,07$ – $\eta = 0,4 \div 0,1$, где l_m – расстояние между трещинами, м, а L – ширина выработки, м);

ξ – коэффициент длительной прочности (для кварцитов, гранитов, прочных песчаников, известняков и др. ($f_{н.в.} > 5$) $\xi = 1,0 \div 0,9$; для аргиллитов, алевролитов, угля и др. ($f_{н.в.} = 5 \div 1$) $\xi = 0,8 \div 0,6$; для мергелей и глин ($f_{н.в.} < 1$) $\xi = 0,6 \div 0,4$).

$$f_{н.в.} = \frac{R_{сж.}}{10}, \quad (2)$$

Если условие прочности (отсутствие разрушений или существенных пластических деформаций в элементах незакрепленной выработки) **обеспечивается**, то она **будет устойчивой**, как правило, без несущей – крепи. Если условие прочности не соблюдено, то для обеспечения устойчивости горной выработки необходимы применение несущей крепи, упрочнение массива пород или их комбинация.

Состояние обнажений пород в выработках, когда левая часть условия составляет **1÷1,5**, можно оценить как **среднеустойчивое**, при **1,5÷3** – как **неустойчивое** и более **3** – **весьма неустойчивое**.

Исходные данные по работе следует оформить в виде таблицы (табл.1).

Таблица 1– Исходные данные по определению устойчивости горной выработки

Наименования показателей	Значения показателей
Тип проектируемой выработки	
Форма проектируемой выработки	
Высота выработки, м	
Ширина выработки, м	
Породы, в которых проводится выработка	
Прочность пород на одноосное сжатие $R_{сж.}$, МПа	
Плотность вмещающих выработку пород γ , т/м ³	
Планируемая глубина размещения выработки H , м	
Расстояние проектируемой выработки до других выработок, м	
Угол наклона выработки β , град.	
Расстояние между трещинами, м	

В соответствии с предложенной методикой произвести расчет и определить устойчивость выработки с заданными параметрами по предложенному критерию.

Наименования показателей	Значения показателей по вариантам																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Тип проектируемой выработки	полевая			пластовая			полевая			пластовая			полевая			пластовая			полевая			пластовая			полевая						
Форма проектируемой выработки	□	△	○	□	□	□	△	○	□	□	△	□	□	○	△	□	□	○	△	□	□	△	□	□	○	△	□	□	○	△	□
Высота выработки, м	2,76	3,2	4,0	3,01	3,2	3,44	4,0	5,12	3,0	3,55	2,8	2,5	3,46	3,66	3,8	3,06	3,6	3,5	3,2	3,71	3,3	3,5	3,31	3,8	4,0	2,5	3,2	3,43	2,2	4,14	
Ширина выработки, м	3,27	5,0	4,0	3,57	5,2	4,75	5,8	5,12	4,0	5,20	3,8	3,0	3,27	3,66	6,4	3,27	4,2	3,5	4,4	3,57	4,2	5,0	3,57	4,5	4,0	4,0	4,6	4,18	3,4	5,44	
Прочность угля на относное сжатие $R_{сж.у.}$, МПа	-			15			-			-			1,2			-			-			1,5			-						
Прочность пород на относное сжатие $R_{сж.п.}$, МПа	80	90	120	80	25	50	30	60	85	96	120	90	100	15	30	55	70	40	10	8	25	30	80	60	40	30	100	80	120	90	
Плотность вмещающих выработку пород γ , т/м ³	2,53	2,80	2,80	2,58	2,58	2,89	2,89	3,10	3,10	3,30	3,30	3,30	2,45	2,45	2,6	2,83	1,65	2,40	2,40	2,60	2,60	2,75	2,6	2,75	2,6	2,68	2,7	2,68	2,7		
Планируемая глубина размещения выработки H , м	400	500	500	350	600	600	900	900	200	200	1000	1000	650	450	500	500	200	200	100	100	400	400	1100	1250	800	950	800	950	800	950	
Расстояние проектируемой выработки до других выработок, м	25	10	80	8	40	35	50	10	80	100	14	7	21	5	10	34	3	9	4	23	12	18	6	28	18	24	7	31	20	8	
Угол наклона выработки β , град.	0	5	0	11	0	7	21	0	0	12	17	4	8	9	0	18	15	6	16	0	14	3	24	0	2	16	20	6	0	14	
Расстояние между трещинами, м	1,2	1,0	1,0	1,2	0,3	0,65	0,5	1,0	1,5	1,2	2,4	1,5	2,0	0,4	0,8	1,1	0,9	1,0	0,2	0,3	0,5	0,7	1,1	0,9	0,6	0,5	1,5	1,8	1,6	1,5	

Работа №2

Тема: Определение формы и размеров сечения горной выработки для заданных горно-геологических условий.

Цель работы: рассмотреть основные факторы, влияющие на параметры горной выработки. Для заданных горно-геологических условий шахтного поля определить форму и размеры сечения выработки.

Исходные данные:

Форму поперечного сечения выработки выбирают с учетом свойств пересекаемых ею пород, величины и характера проявлений горного давления, принятой конструкции крепи, назначения и срока службы выработки, а также способа ее проведения.

При прочных, устойчивых породах, когда применение крепи не требуется, выработке может быть придана любая форма. Чаще применяют сводчатые или прямоугольные формы. При среднеустойчивых породах и ожидаемом небольшом давлении на крепь (до 30-50 кПа) форму выработки выбирают преимущественно с учетом типа крепи. В горизонтальных выработках при деревянной, металлической и сборной железобетонной крепях из прямолинейных элементов применяют прямоугольную, трапециевидную и полигональную формы, а при арочных металлических и сборных железобетонных крепях – сводчатую с вертикальными или наклонными стенами. При наличии в кровле выработки слоя весьма прочных пород (песчаник, известняк) предпочтительна трапециевидная крепь, при этом слой крепких пород не нарушается в процессе проведения выработки. При неустойчивых породах в кровле и боках применяют сводчатые и подковообразные крепи из металла, монолитного бетона и железобетона, а также из тубингов или блоков (предпочтение обычно отдается арочной форме крепи). При всестороннем горном давлении используют сводчатые и подковообразные крепи с обратным сводом, в наиболее сложных условиях – кольцевые или эллиптические крепи.

Размеры и площадь поперечного сечения выработки определяются исходя из условий проветривания, транспорта, а также технологии очистных работ:

$$S_{np.} \geq \max(S_{пров.}; S_{тр.}; S_{техн.}), \quad (1)$$

где $S_{пров.}$ – минимальная допустимая площадь поперечного сечения выработки по условию проветривания, м²;

$$S_{пров.} = \frac{Q}{60v_{max}}, \quad (2)$$

где Q – количество воздуха, которое необходимо подавать по выработке, м³/мин.;

v_{max} – максимально допустимая «Правилами безопасности...» скорость движения воздуха в выработке, м/с (для квершлагов, главных откаточных и вентиляционных выработок, бремсбергов и уклонов $v_{max}=8$ м/с, для прочих выработок – $v_{max}=6$ м/с);

$S_{тр.}$ – допустимое минимальное сечение по габаритам транспортного оборудования и необходимым по ПБ зазорам на уровне верхней кромки транспортного оборудования, м² (определяется в зависимости от необходимой ширины выработки B (мм) по типовым сечениям);

Например, для конвейерной выработки с вспомогательным рельсовым транспортом ширина выработки определяется из выражения:

$$B = a + b + c + m + n + (1800 - h_g - h_0) \cdot ctg \alpha, \quad (3)$$

где a – минимальная по ПБ ширина зазора между конвейером и крепью, мм; ($a=400$ мм);

b – ширина конвейера, мм; ($b=1150$ мм);

c – ширина вагона, мм; ($c=1350$ мм);

m – минимальный зазор по ПБ между вагоном и конвейером, мм; ($m=400$ мм);

n – ширина свободного прохода для людей, мм; ($n=700$ мм);

h_g – высота вагона от головок рельсов, мм; ($h_g=1450$ мм);

h_0 – высота пути от балласта, мм; ($h_0=190$ мм);

α – угол наклона крепи, град.

$S_{\text{мехн.}}$ – допустимое сечение выработки по габаритам размещаемого в выработке лавного оборудования и необходимым зазорам по ПБ на сопряжении выработки с очистным забоем, м² (принимается для выемочных выработок при условии выноса головки конвейера на выработку сечение выработки равным не менее 10 м², в иных случаях – не учитывается);

Для сохранения регламентированных ПБ зазоров в течение срока службы выработки размеры ее сечения в свету должны быть приняты с запасом на величину ожидаемых смещений контура выработки.

Площадь сечения выработки в черне определяют по сумме площадей в сечении: выработки в свету, крепи и затяжки и балластного слоя. Проектную площадь сечения в проходке принимают на 3-5% больше площади в черне для обеспечения процесса возведения крепи.

В соответствии с исходными данными, результатами расчетов работы 1, а также исходными данными данной работы сделать вывод о правильности выбора формы выработки (см. табл. исходных данных 1 работы) и предложить свой вариант, исходя из горно-геологических условий, срока службы и способа проведения выработки. Предложить тип крепи выработки.

Для предложенных формы выработки и типа крепи определить размеры и площадь поперечного сечения выработки.

Исходные данные по работе следует оформить в виде таблицы (табл.2).

Таблица 2– Исходные данные к определению параметров горной выработки

Наименования показателей	Значения показателей
Наименование выработки	
Тип проектируемой выработки	
Угол наклона выработки β , град.	
Состояние обнажений пород в выработке	
Срок службы выработки, лет.	
Количество подаваемого по выработке воздуха, м ³ /мин.	

Таблица Б.2– Исходные данные к определению параметров горной выработки по вариантам

Наименования показателей	Значения показателей по вариантам																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Срок службы выработки, лет.	5	6	12	8	15	9	10	20	6	3	7	6	5	13	11	9	4	7	13	21	6	3	7	10	7	14	12	7	16	11
Наименование выработки	гл.отк.штрек (двухпутевой)	всп.ходок	вент. квершлаг (однопутевой)	бремберг	гл. штрек (однопутевой)	вент. ходок	уклон	откат.квершлаг (двухпутевой)	гл. вент. штрек	людск.ходок	бремберг	уклон	вент. ходок	бремберг	людск.ходок	гл. откат. штрек (двухпутевой)	бремберг	фланг.вент.ходок	бремберг	бремберг	вент. штрек	вент. ходок	бремберг	конв.уклон	уклон	860	940	1040	1680	2890
Количество подаваемого по выработке воздуха, м ³ /мин.	1540	2780	3056	570	4986	3052	706	1250	4900	1020	900	850	1024	789	700	1500	870	960	700	1680	1040	2060	1348	1680	2100	1040	940	860	2890	2000

Работа №3

Тема: *Прогноз смещений пород на контуре горной выработки, пройденной в нетронutom массиве и выбор типа ее крепи.*

Цель работы: *рассмотреть основные факторы, влияющие на смещения пород на контуре горной выработки. Для заданных горно-геологических и горнотехнических условий определить смещения пород на контуре выработки и предложить тип ее крепи.*

Исходные данные:

В качестве критерия определения категорий устойчивости пород СНиП II-94–80 рекомендуют использовать величину их смещения на контуре поперечного сечения выработки на весь срок ее службы без крепи.

Величина смещений контура выработки зависит от ряда факторов, в частности, от глубины расположения выработки, прочности вмещающих ее пород и их нарушенности, типа применяемой крепи, угла залегания пород и направления проходки выработки, способа ее проведения, размеров выработки, удаленности от других выработок и очистных работ, применяемых способов ее охраны, срока службы.

Смещения пород контура выработки при расположении ее в нетронutom массиве определяется из выражения

$$U = k_{\alpha} k_{\theta} k_s k_B k_t U_m, \quad (1)$$

где k_{α} – коэффициент влияния угла залегания пород и направления проходки выработки, ед. (табл. 1);

k_{θ} – коэффициент направления смещений пород (принимается: при оценке смещений пород кровли или почвы $k_{\theta}=1$; при расчете боковых смещений из таблицы 1);

k_s – коэффициент влияния размера выработки, ед.

$$k_s = 0,2 \times (b - 1),$$

b – ширина выработки в черене, м;

k_B – коэффициент влияния других выработок, ед. (для одиночной выработки $k_B = 1$, для параллельных $k_B = k_L \times (B + b)/L$, где b, B – ширина каждой выработки (м),

L – расстояние между боками выработок (м), k_L – коэффициент влияния соседней выработки (табл. 2);)

Таблица 1– Значения коэффициентов влияния угла падения пород и направления проходки, и направления смещений пород

Направление проходки выработки	Значения коэффициентов k_{α} / k_{θ} при разных углах залегания пород или основных плоскостей трещиноватости					
	до 20°	30°	40°	50°	60°	>70°
По простиранию	<u>1,00</u> 0,35	<u>0,95</u> 0,55	<u>0,80</u> 0,80	<u>0,65</u> 1,20	<u>0,60</u> 1,70	<u>0,60</u> 2,25
Вкрест простирания	<u>0,70</u> 0,55	<u>0,60</u> 0,80	<u>0,45</u> 0,95	<u>0,25</u> 0,95	<u>0,20</u> 0,80	<u>0,15</u> 0,55
Под углом к простиранию	<u>0,85</u> 0,45	<u>0,80</u> 0,65	<u>0,65</u> 0,90	<u>0,45</u> 1,05	<u>0,35</u> 1,10	<u>0,35</u> 0,95

Таблица 2– Значения коэффициента влияния соседних выработок

Глубина расположения выработки H_p , м	Значения коэффициента k_L при сопротивлении сжатию, МПа $\left(\begin{matrix} \alpha \leq 35^0 \\ \alpha > 35^0 \end{matrix} \right)$							
	для горизонтальных выработок пройденных по простиранию и наклонных выработок				для горизонтальных выработок пройденных вкрест простирания			
	30	60	90	120	30	60	90	120
<300	$\frac{3,5}{2,0}$	$\frac{1,8}{1,6}$	$\frac{1,5}{1,3}$	$\frac{1,2}{1,0}$	1,8	1,5	1,2	1,0
300-600	$\frac{4,0}{2,5}$	$\frac{2,0}{1,8}$	$\frac{1,7}{1,5}$	$\frac{1,4}{1,2}$	2,2	1,8	1,5	1,2
600-900	$\frac{4,5}{3,0}$	$\frac{2,5}{2,1}$	$\frac{2,0}{1,7}$	$\frac{1,6}{1,4}$	2,6	2,1	1,7	1,4
900-1200	$\frac{5,0}{3,5}$	$\frac{3,5}{3,0}$	$\frac{2,5}{1,2}$	$\frac{1,8}{1,6}$	3,0	2,5	2,0	1,5
>1200	$\frac{5,5}{4,0}$	$\frac{4,0}{3,5}$	$\frac{3,0}{2,3}$	$\frac{2,0}{1,8}$	3,4	2,9	2,4	1,7

k_t – коэффициент влияния времени существования выработки, ед. (при $t \geq 15$ лет– $k_t=1$,
при $t < 15$ лет определяется из рисунка 1;

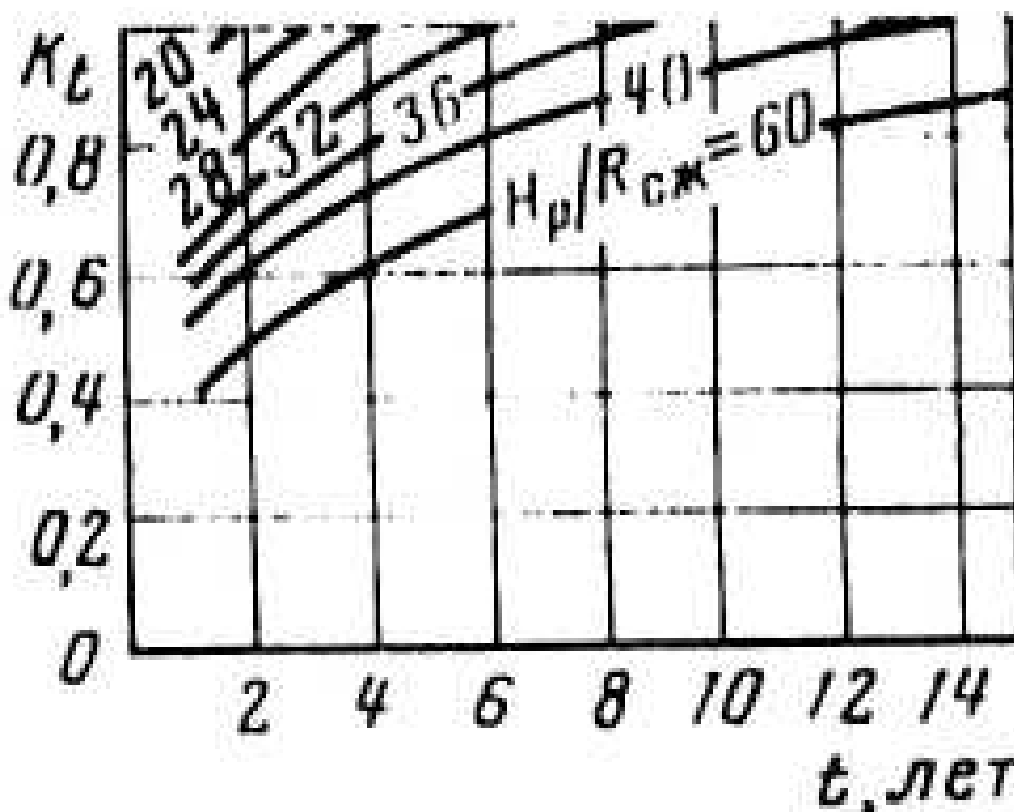


Рисунок 1– График зависимости коэффициента k_t от времени возведения крепи при различном соотношении $H_p/R_{сж}$.

U_m – типовое смещение пород (мм), определяемое из рисунка 2 в зависимости от расчетного сопротивления пород одноосному сжатию $R_{сж}$. И расчетной глубины расположения выработки H_p

$$H_p = kH,$$

где H – проектная глубина выработки, м;

k – коэффициент, учитывающий напряженное состояние толщи пород по сравнению с напряжением собственного веса γH ; для обычных горно-геологических условий $k=1$; для районов, подверженных движениям земной коры в зонах тектонических нарушениях, а также при отсутствии экспериментальных данных $k=1,5$;

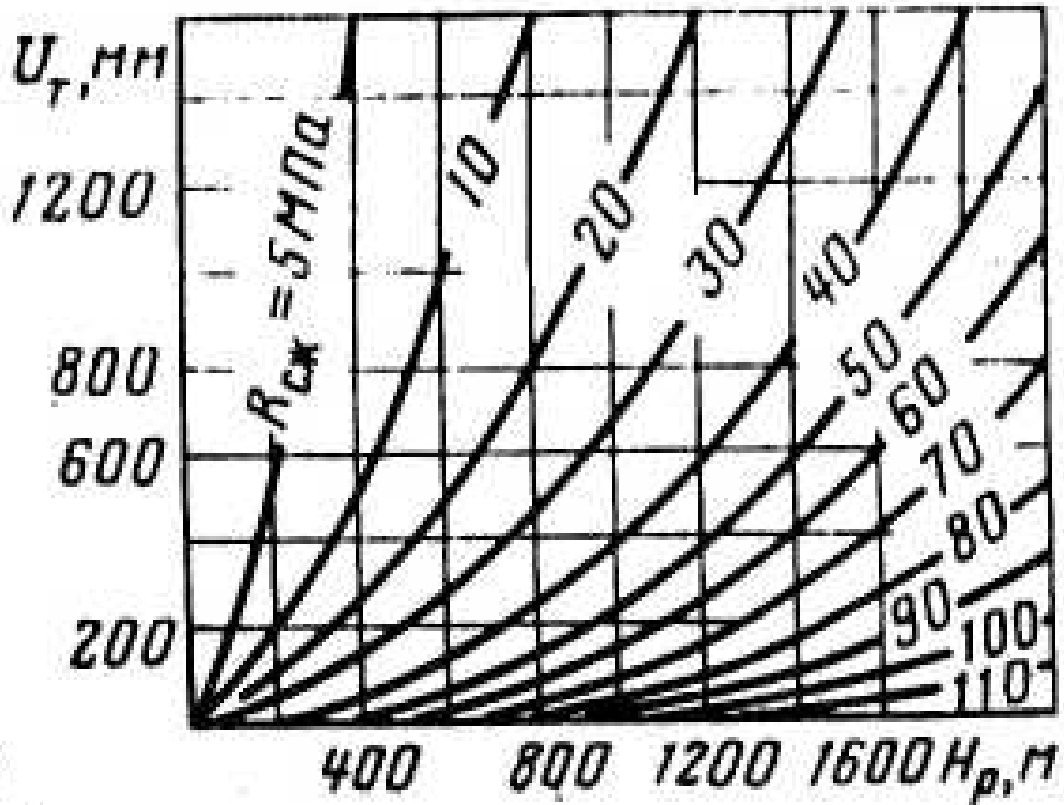


Рисунок 2– График зависимости типовых смещений U_m от расчетной глубины расположения выработки H_p при различном $R_{сж}$.

Сопротивление пород одноосному сжатию $R_{сж}$ по контуру поперечного сечения выработки согласно СНиП П-94—80 следует оценивать с учетом всех пересекаемых выработкой слоев мощностью более 0,1 м, залегающих на расстоянии от контура сечения выработки; в кровле— $1,5B$, в почве и боках выработки— B (где B – ширина выработки, м) (рис. 3).

Тогда сопротивления пород кровли, почвы и боков одноосному сжатию R_k , R_n и R_b рассчитывают по формуле

$$R = \frac{k_o \cdot \sum (R_i \cdot m_i)}{\sum m_i}, \quad (2)$$

но при расчете R_k , учитывают породы вдоль линии 1-3 (рис. 3), для R_n – 2-4, для R_b – 2-3.

В выражении (2):

R_i – прочность i -го слоя породы при одноосном сжатии в образце, МПа;

m_i –мощность данного слоя породы в пределах расчетной схемы и вдоль расчетной линии, м;

k_o – коэффициент ослабления пород в массиве [2], ед. (табл. 3)

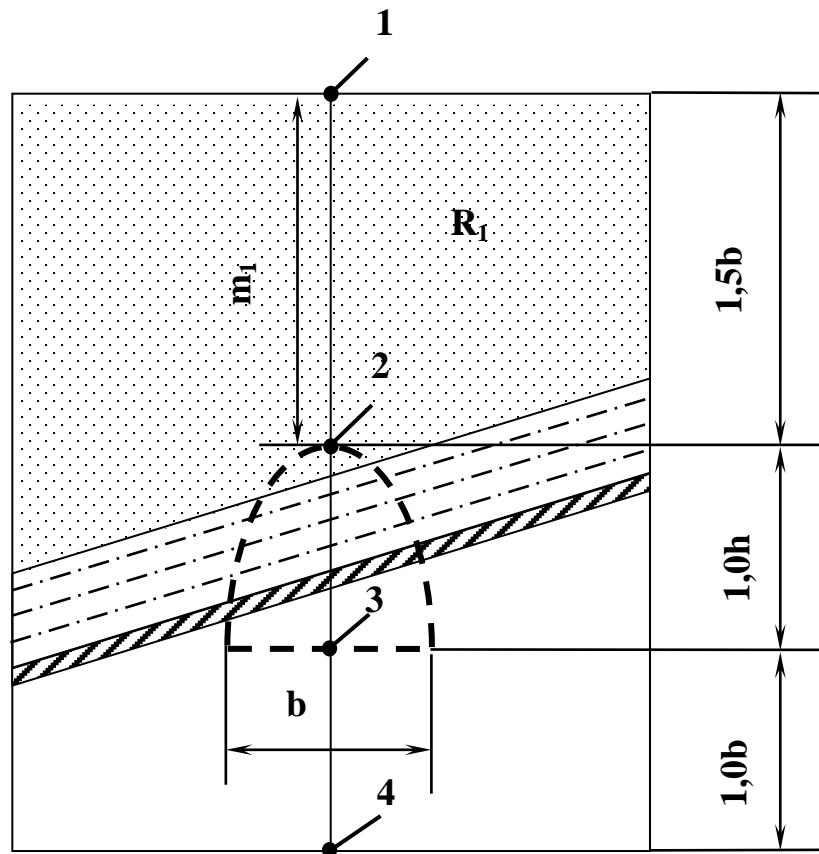


Рисунок 3 – Схема к расчету средневзвешенной прочности пород вокруг выработки.

$$k_o = \eta \cdot k_w,$$

где η – коэффициент структурного ослабления (трещинами) массива горных пород, ед. (см. работу 1);
 k_w – коэффициент, учитывающий длительную технологическую обводненность выработки, ед.

Таблица 3– Определение величины k_o коэффициента ослабления пород в массиве

Тип массива	Величина коэффициента k_o при глубине расположения выработки, м		
	0-200	200-1000	Более 1000
Одиночный пласт	0,9	0,6-0,8	0,3-0,6
Надработанный или подработанный пласт	0,6-0,8	0,3-0,6	0,2-0,4

По заданным смещения пород контура выработки, возможно определить нагрузку на крепь со стороны массива, используя зависимость

$$q = 8\gamma\sqrt[3]{r_e} U^2, \quad (4)$$

где γ – объемный вес вмещающих выработку пород, т/м³.

В соответствии с предложенной методикой произвести расчет смещений пород кровли, почвы и боков выработки, нагрузку на крепь выработки и по их значениям предложить тип крепи выработки.

Работа №4

Тема: *Расчет параметров анкерной крепи выработки и составление паспорта ее крепления.*

Цель работы: *рассмотреть основные факторы, влияющие на параметры анкерного крепления. Для заданных горно-геологических и горнотехнических условий **определить параметры анкерной крепи выработки и предложить паспорт ее проведения.***

Исходные данные:

В зависимости от крепости горных пород непосредственной кровли анкерная крепь применяется с анкерными плитами или с подхватами (деревянными, металлическими из различных профилей проката, из полосовой стали, каната).

Практические наблюдения за работой анкерной крепи позволили установить, что в породах с коэффициентом крепости $f = 8$ эту крепь можно использовать с опорными плитами небольших размеров - (200×200мм) при коэффициенте крепости горных пород $f = 6—8$ размер этих плит увеличивается до 400×400 мм. Установка анкерной крепи в более слабых трещиноватых горных породах требует применения подхватов с полной или частичной перетяжкой кровли затяжками.

Широкое применение анкерной крепи вызвало необходимость решения задачи по обоснованию оптимальных ее параметров в различных условиях применения. Под оптимальными параметрами анкерной крепи понимаются параметры крепления, наилучшие в конкретных горно-геологических условиях с точки зрения устойчивости заанкерowanych выработок. Правильный выбор оптимальных параметров позволяет в максимальной степени повысить надежность заанкерowanych выработок, достичь наибольшей экономической эффективности применения анкерной крепи и расширить область ее применения.

Многообразие всех параметров крепи можно подразделить на две группы: управляемые и неуправляемые. Под *управляемыми* понимаются конкретные конструктивные или горнотехнические параметры, которые могут быть изменены в обозначенных пределах: угол установки, предварительное натяжение стержня анкера, шаг установки анкеров вдоль выработки, число анкеров в ряду по ширине выработки, длина анкера, сечение и жесткость подхватов и др. В число основных *неуправляемых* параметров входят: физико-механические свойства вмещающих выработку пород и материала применяемых анкеров, геологические размеры выработки, мощность непосредственной кровли, несущая способность анкеров и др.

Таким образом, задача выбора оптимальных параметров анкерной крепи может быть сформулирована следующим образом: в конкретных условиях и различных областях ее применения необходимо определить оптимальные значения управляемых параметров анкерной крепи, наиболее выгодные экономически и обладающие надежностью, которая обеспечивает безопасность работ. Установление параметров анкерной крепи и ее расчет сводятся к определению размеров области деформирования (разрушения) массива вокруг выработки, величины нагрузки на крепь, несущей способности составных элементов крепи, длины и плотности установки анкеров, расстояния между рядами анкерной крепи.

Нагрузки на анкерную крепь возникают в результате того, что горный массив состоит из слоистых пород, ослабленных природными трещинами, которые после проведения выработки утрачивают механическую связь между слоями, прогибаются и

под действием собственной массы, а также давления со стороны вышележащих толщ пород отделяются от устойчивой части массива с образованием свода естественного равновесия. В пятах свода под действием гравитационных сил и опорного давления, связанного с проведением выработки и влиянием очистных работ, защемленные слои пород независимо от угла их падения работают на сжатие. Весьма часто концентрация сжимающих напряжений в этой области достигает значений, превышающих прочность горных пород, что приводит к их разрушению и отжиму вовнутрь выработки. Давление на анкерную крепь определяется главным образом силой тяжести разрушенных пород и зависит от формы, размеров и глубины заложения выработки, интенсивности влияния очистных работ, угла падения, прочности, трещиноватости и слоистости горных пород. Несущая способность анкерной крепи или суммарная прочность закрепления анкеров должна превышать при этом массу разрушенных горных пород, обеспечивая их устойчивость.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОБЛАСТИ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ.

Предполагаемая глубина отжима горных пород, подверженных сжатию поперек *слоев*, может быть, определена из выражения

$$C = \frac{K_{ст} \gamma H B}{100} \cos \left(\frac{\alpha}{2} - 1 \right) h \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2}, \quad (1)$$

где C - глубина отжима угля или породы в пластовых или породных выработках, м;
 $K_{ст}$ - коэффициент концентрации сжимающих напряжений в пятах свода естественного равновесия, связанный с проведением выработки;
 γ - средняя плотность горных пород, залегающих над выработкой, т/м³;
 H - глубина заложения выработки от поверхности, м;
 B - коэффициент влияния очистных работ (для пластовых и породных выработок, сооружаемых вне зоны влияния очистных работ, $B=1$);
 α - угол падения горных пород, град.;
 σ_n - средняя прочность сжимаемой толщи пород, подсеченных выработкой, МПа;
 h - мощность сжимаемой толщи слоев пород, подсеченных выработкой, м;
 φ - кажущийся угол внутреннего трения горных пород, подсеченных выработкой, град.

Кажущийся угол внутреннего трения можно определить в зависимости от прочности пород на сжатие по уравнению:

$$\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\sigma_n}{10}.$$

Коэффициент влияния очистных работ в зоне остаточного опорного давления вычисляется по формуле:

$$B = 1 + \frac{K_a^2 R}{2K_n R + r},$$

где K_a - коэффициент устойчивости горных пород;

K_n - коэффициент устойчивости пород непосредственной кровли пласта;

R - ширина зоны опорного давления, м;

r - глубина отжима угля, м (принимается равной нулю).

Зависимость ширины зоны опорного давления вблизи границ выработанного пространства от комплекса влияющих факторов имеет следующий вид:

$$R = \cos \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{K_a m_e a_n \gamma H}{0,33 \sigma_m}},$$

де m_e — мощность отрабатываемого пласта, выемка которого оказывает влияние на устойчивость подготовительных выработок, м;

a_n — полупролет нависающих слоев пород, работающих на изгиб, м;

σ_m — предел прочности на сжатие разрабатываемого полезного ископаемого, МПа.

Коэффициент концентрации сжимающих напряжений в зависимости от формы выработки.

Ожидаемая глубина расслоения горных пород считается по нормали к их напластованию и определяется из выражения:

$$b = \frac{10(a_n + C)(\cos \alpha + \sin \alpha \operatorname{tg} \beta)}{K \sigma_n},$$

где b — глубина расположения нависающей толщи пород, работающих на изгиб, м;
 K — коэффициент устойчивости нависающих слоев пород (определяется по номограмме);

β — угол естественного откоса нависающих слоев пород, град.;

σ_n — предел прочности на сжатие нависающих слоев пород, МПа.

Значения K и σ_n устанавливаются по суммарной мощности горных пород, равной ширине выработки.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок по простиранию горных пород, залегающих под углом свыше 60° , создаются условия для их сползания. При $\alpha \leq \beta$ произведением $\sin \alpha \operatorname{tg} \beta$ можно пренебречь.

Устанавливают и определяют физические значения величин, входящих в формулу (4.1), затем определяют величину C — глубина отжима пород в выработках.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА АНКЕРНУЮ КРЕПЬ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК.

В данном расчете определяется нагрузка на анкерную крепь, обусловленная прогибом и расслоением нависающих слоев пород. Под опорами образующегося свода естественного равновесия разрушающиеся породы выдавливаются навстречу друг другу внутрь выработки по направлению, совпадающему с напластованием горных пород.

Применяя теоретические основы механики грунтов и, в частности, теорию давления грунта на подпорную стенку, в работе даны формулы, по которым можно определить нагрузку на анкерную крепь для выработок, проводимых с подрывкой или обнажением боковых пород пласта полезного ископаемого:

$$\sigma_{пб} = 20 \gamma a_n b V \cos \frac{\alpha}{2},$$

где $\sigma_{пб}$ — давление на анкерную крепь, т.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АНКЕРОВ.

Несущая способность железобетонных и армополимерных анкеров, работающих на растяжение, определяется прочностью закрепления или разрывным усилием стержня и принимается в расчет эксплуатационных параметров крепи горных выработок по

наименьшему значению. Армополимерные анкеры закрепляют по всей длине шпура. Прочность закрепления анкера в шпуре полиуретановым скрепляющим составом определяется не силой сцепления твердеющего состава с породой или стержнем, а силой на разрыв смолы, расположенной между стержнем и поверхностью шпура. Этот вывод сделан в результате лабораторных исследований при выдергивании стержня из шпура: практически во всех случаях смола оставалась на поверхности шпура и стержня, а разрыв происходил по смоле.

Исходя из лабораторных исследований установлена прочность закрепления анкера в шпуре длиной 30 см, которая составляет 4—7 т, следовательно, для выдергивания стержня длиной 1 м потребуется усилие, равное 13—22 т.

В качестве анкерных стержней обычно используют арматурную сталь диаметром 28 мм с пределом прочности на разрыв, равным 60 кг/мм². При такой стали прочность на разрыв стержня составит 37 т. Из приведенных расчетов видно, что прочность стержня длиной 3 м на разрыв несколько ниже прочности закрепления его в шпуре. Поэтому в расчет эксплуатационных параметров крепи горных выработок накладывают предельные усилия анкерных стержней на разрыв.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ И ПЛОТНОСТЬ УСТАНОВКИ АНКЕРОВ.

Длина анкеров, скрепляющих и подвешивающих нарушенные породы к устойчивой части массива, устанавливается исходя из размера деформации массива вокруг выработки, части анкера, закрепляемой за контуром нарушенных пород, и его длины, выступающей вовнутрь выработки. Она может быть определена по следующей зависимости:

$$L_a = l_{нп} + l_{уп} + l_в,$$

где L_a — длина анкеров, устанавливаемых по нормали к напластованию горных пород, м;

$l_{нп}$ — часть длины анкера, проходящей через нарушенную зону пород, м;

$l_{уп}$ — часть длины анкера, углубляющейся за контур нарушенных пород, м;

$l_в$ — часть длины анкера, выступающей вовнутрь выработки, м.

При применении анкерной крепи в комбинации с рамной крепью $l_{уп}$ принимается равной 1,1 м. Часть длины анкера $l_в$ определяется толщиной затяжки, высотой гайки и для арочной крепи будет составлять 0,2 м.

Технологией работ по усилению арочной крепи предусматривается установка парных анкеров, поэтому расчет будет вестись по определению количества пар анкеров.

Анкерную крепь следует в большинстве случаев устанавливать: первый ряд - на высоте 1,2 м от подошвы штрека; второй ряд - на уровне замкового соединения элементов арочной крепи.

В соответствии с предложенной методикой произвести расчет анкерной крепи и составить паспорт проведения выработки.

Работа №5

Тема: Определение места расположения горной выработки относительно пласта и боковых пород, выбор способа ее охраны для заданных горно-геологических условий.

Цель работы: Для заданных горно-геологических и горнотехнических условий выбрать, обосновать: - способ размещения горной выработки относительно пласта, форму ее поперечного сечения, материал и конструкцию крепления ; способ охраны горной выработки.

Исходные данные:

1. Выбор способа расположения подготовительной выработки (ПГВ) относительно пласта

1.1 Пластовое расположение выработки при:

- малой глубине разработки ($H \leq 400$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 30$ МПа);
- средней глубине разработки ($800 \geq H \geq 400$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 40$ МПа);
- большой глубине разработки ($1200 \geq H \geq 800$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 50$ МПа);
- весьма большой глубине разработки ($H > 1200$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 60$ МПа);

1.2 Вид подрывки боковых пород (кровли, почвы, двусторонняя)

1.3 Полевое расположение выработки при:

- весьма неустойчивых боковых породах на малой глубине разработки ($H \leq 400$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 30$ МПа);
- неустойчивых боковых породах на средней глубине разработки ($800 \geq H \geq 400$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 40$ МПа);
- средней устойчивости на большой глубине разработки ($1200 \geq H \geq 800$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 50$ МПа)

1.4 По обрушенным и уплотненным породам выработанного пространства при весьма неустойчивых боковых породах на большой глубине разработки ($1200 \geq H \geq 800$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 30$ МПа);

2. Выбор формы поперечного сечения ПГВ (арочная, сводчатая, трапецевидная)

2.1 Арочная при:

- малой глубине разработки ($H \leq 400$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 30$ МПа);
- средней глубине разработки ($800 \geq H \geq 400$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 40$ МПа);

2.2. Сводчатая при:

- большой глубине разработки ($1200 \geq H \geq 800$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 50$ МПа);
- весьма большой глубине разработки ($H > 1200$ м), устойчивости боковых пород ($R_{\text{бок.пор}} \geq 50$ МПа);

2.3. Трапецевидная при расположении в непосредственной кровле пласта весьма прочных пород (известняков и песчаников)

3. Выбор материала и конструкции крепи ПГВ (металл, бетон, дерево):

3.1. Комбинированная крепь – железобетонные трубчатые ножки и металлический верхняк конструкции ДонУГИ

3.2. Металлическая трапецевидная крепь

3.2. Металлическая арочная крепь

3.3. Выбор вида спецпрофиля крепи (СВП-22, СВП-27, СВП-33)

3.4. Выбор вида затяжки крепи (деревянная, железобетонная, металлическая (пластинчатая, сетчатая)

3.6. Замки крепи (стандартные, КПС, ...)

3.6. Выбор вида забутовки (рядовая порода, дробленая порода, тампонаж закрепного пространства кристаллизующимися растворами; длинномерные пластиковые оболочки по периметру верхняка с заполнением их кристаллизующимися растворами)

4. Способ охраны ПГВ целиками угля

4.1 Вентиляционные ПГВ (без выноса приводов конвейера из лавы):

- при наличии в кровле пласта весьма слабых или обводненных пород оставляются ленточные целики с размерами 2х3 м, с оконтуриванием их деревянной органкой вразбежку и деревянной затяжкой

4.2. Конвейерные ПГВ (без выноса приводов конвейера из лавы):

- при наличии в кровле пласта весьма слабых или обводненных пород оставляются ленточные целики с размерами 2х3 м, с оконтуриванием их деревянной органкой вразбежку и деревянной затяжкой

4.3. Конвейерные ПГВ (с выносом приводов конвейера из лавы):

- при наличии в кровле пласта слабых и весьма слабых или обводненных пород на весьма больших глубинах ($H > 1200$ м) проводится промежуточный конвейерный просек или ходок с оставлением целика шириной 10-15 м, соединяемый с конвейерным штреком промежуточными печами или наклонными квершлагами через 60-80 м

4.4. Присечное проведение вентиляционных выработок к выработкам ранее отработанных лав

5. Выбор способа возведения опорных конструкций вслед за лавой по ее бровке вдоль ПГВ:

- обрезная органная крепь;

- деревянные клетки, бутоклетки, кустоклетки;

- бутовая полоса;

- полоса из железобетонных блоков (БЖБТ);

- литая полоса;

- полосы из пенобетона, из бетонита изготовленного из шахтной породы;

- различные комбинации вышеперечисленных конструкций.

Работа №6

Тема: Обоснование и выбор рационального способа поддержания горной выработки для обеспечения ее эксплуатационного состояния в зоне влияния очистных работ.

Прогноз и повышение устойчивости горных выработок в условиях пучения пород почвы.

Определение экономического эффекта применения способов по обеспечению устойчивости горной выработки.

Цель работы: Для заданных горно-геологических условий выбрать, обосновать: способ предотвращения выдавливания пород почвы горной выработки; способ усиления основной крепи подготовительной выработки за зоной и в зоне влияния очистных работ; определить параметры рационального комплекса способов по обеспечению устойчивости боковых пород (кровли, почвы и боков выработки); выполнить укрупненное технико-экономическое обоснование эффективности применения выбранного рационального комплекса способов по обеспечению устойчивости боковых пород подготовительной выработки.

Исходные данные:

1. Выбор рационального способа противодействия выдавливанию пород почвы в полость подготовительной выработки и определение рациональных параметров при:

- использовании естественной устойчивости прочного верхнего слоя почвы за счет верхней подрывки пород кровли;
- применении способов инъекционного упрочнения верхнего слоя почвы бетонными растворами или синтетическими солами;
- применении способов упрочнения верхнего слоя анкерами (металлическими, сталеполлимерными или синтетическими);
- применении одно - или двусторонней бутовой полосы для разгрузки приконтурной части угольного пласта;
- применении одно- или двусторонней разгрузки приконтурной части угольного массива за счет выбуривания пласта из выработки;
- применении щелевой разгрузки пород почвы (в почву и бока выработки);
- применении взрыво-щелевой разгрузки пород почвы (в почву и бока выработки);
- применении взрыво-щелевой разгрузки пород почвы с последующим упрочнением ее за счет нагнетания скрепляющих растворов;
- применении различных конструкций крепей с обратным сводом по почве пласта;
- применении крепей усиления (ремонтин) с жесткими лежнями по почве;
- применении жестких или гибких лежневых конструкций с упорами в бока выработки;
- применении способа гидравлической обработки приконтурной части угольного массива;
- применении обрезного торпедирования зависающих над подготовительной выработкой консолей основной кровли, снижающего давление на крепь выработки и почву пласта;
- применении комбинированных способов;

2. Выбор рационального способа усиления основной крепи подготовительной выработки вне зоны и в зоне влияния очистных работ и определение рациональных параметров при:

- применении индивидуальной металлической или деревянной крепи усиления (ремонтин) арочной крепи, устанавливаемых под верхняк или между комплектами крепи подготовительной выработки перед и за очистным забоем;

- применении индивидуальной металлической или деревянной крепи усиления (ремонтин) арочной крепи, устанавливаемых под верхняк или между комплектами крепи подготовительной выработки перед и за очистным забоем в сочетании с механизированной крепью сопряжения;

- применении спаренной металлической крепи усиления типа КУ из двух гидравлических стоек, соединенных по кровле отрезком верхняка и имеющих тарельчатые опоры, устанавливаемые под верхняк крепи подготовительной выработки перед и за очистным забоем;

- применении обжатия элементов крепи перед зоной опорного давления лавы при ослабленных замках крепи вначале верхняка крепи вертикальными гидравлическими стойками, а затем ножек крепи горизонтальными гидравлическими стойками с последующим затягиванием замков крепи;

- применении анкерной крепи, устанавливаемой между рамами крепи в проходческом забое или перед зоной опорного давления лавы;

- применении анкерной крепи, устанавливаемой с подхватами верхняков крепи в проходческом забое или перед зоной опорного давления лавы;

- применении анкерной крепи, устанавливаемой с подхватами верхняков крепи в проходческом забое или перед зоной опорного давления лавы;

- применении анкерной крепи, устанавливаемой с подхватами верхняков крепи и продольными прогонами, обеспечивающими связь комплектов крепи вдоль выработки и устанавливаемыми в проходческом забое или перед зоной опорного давления лавы;

- применении сталеполлимерной анкерной крепи в сочетании с силовым воздействием на приконтурную часть пород гидравлической крепью для создания распора породы в период кристаллизации химического распора;

- применении одинарных или двойных жестких продольных балок из двутавра или спецпрофиля СВП подвешиваемых к верхнякам каждого комплекта крепи и устанавливаемых с в проходческом забое или перед зоной опорного давления лавы;

- применении комбинированной продольно-жесткой балочно-анкерной крепи усиления, устанавливаемой в проходческом забое или перед зоной опорного давления лавы.

3. В связи с тем, что негативные проявления горного давления в подготовительных выработках, поддерживаемых в зоне влияния очистных работ, проявляются одновременно в кровле, боках и почве выработки с различной периодичностью и интенсивностью, необходимо выбрать рациональный комплекс способов, обеспечивающий сохранение устойчивости выработки.

Например, на шахтах пологого падения достаточно широко применяется способ охраны выемочных выработок бутовой полосой при усилении основной крепи выработки индивидуальной деревянной или металлической крепью усиления (ремонтинами), устанавливаемыми перед лавой и вслед за очистным забоем на участках активного деформирования комплектов арочной крепи. При слабых боковых породах для предотвращения вывалов непосредственной кровли применяется анкерование бровок лавы за счет установки одного чаще двух сталеполлимерных анкера между комплектами крепи. Два анкера длиной 2,2 – 2,5 м бурятся в сторону лавы с расположением их в

вертикальной плоскости под углами наклона в 30° для нижнего и 60° для верхнего анкеров относительно напластования.

На шахте «Красноармейская-Западная» для обеспечения возможности повторного использования бывшей транспортной выработки отработанной лавы повторно в качестве вентиляционной при отработке следующей лавы (чем в значительной степени сокращаются затраты на проведение выработок и снижается продолжительность ввода новой лавы в работу) применяется новый комбинированный способ охраны выработок. Этот способ сочетает применение литых полос из твердеющих смесей шириной 1,5 м, возводимых на расстоянии 0,6 м от бровки лавы, системы сталеполимерных анкеров длиной по 2,6 м. Химические анкера устанавливаются в 2 этапа. На первом этапе в проходческом забое устанавливаются 7 радиальных сталеполимерных анкера, четыре из которых устанавливаются спарено по конца верхняка с использованием криволинейных планок-подхватов, которые обеспечивают возможность снятия ножек арочной крепи при передвижке вынесенного привода скребкового конвейера. Затем, на втором этапе, перед зоной опорного давления на расстоянии 150-160 м перед очистным забоем производится установка дополнительных 6 анкеров между ранее установленными. Все анкера в продольной вертикальной плоскости наклоняются в сторону лавы своей донной частью на угол $80-85^{\circ}$ от вертикали, что обеспечивает объемное перекрытие кровли пласта и снижает эффект выдергивания анкеров из массива.

Литая полоса возводится из специальных твердеющих смесей на бетонной основе со специальными добавками и растворомасосом по трубам подается в пластиковые емкости, которые помещаются в огражденное органической крепью пространство лавы.

Стоимость одного сталеполимерного анкера составляет 200 руб./шт, стоимость возведения 1 м литой полосы 280-300 руб/м.

1	2	3	4	5	6	порода	8	9	пир	10	11	12	порода	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1,0	200	1	4	2,5	изв	7-8	3	пс	5	10	5	гс	10	4	13	п	6	10	1,35	+	-	30	-	2
2	1,2	210	1,3	10	2,6	гс	3	6/1	пс	4	8	8	гс	3	4	п	6	6	6	1,33	+	-	11	12	4
3	1,3	220	1,1	8	2,7	пгс	4-5	9	п	6	9	9	пс	5	1	п	8	8	12	1,49	+	-	10	20	10
4	1,5	190	1,5	16	2,4	гс	4	7	пс	6	10	10	пс	6	10	гс	4	4	9	1,5	-	+	15	25	8
5	1,8	160	1,8	12	2,5	изв	9	3	пс	5	10	10	гс	4	13	п	6	6	10	1,35	+	-	20	-	2
6	1,3	200	1,4	7	2,6	гс	4	8/1	пс	5	8	8	гс	4	4	п	8	8	6	1,34	+	-	11	12	4
7	1,3	220	1,1	8	2,7	пгс	4-5	9	п	6	9	9	пс	5	1	п	8	8	12	1,49	+	-	12	28	6
8	1,6	240	1,5	6	2,6	гс	3	7/2	пс	6	8	8	п	8	12	гс	5	5	22	1,5	-	+	10	20	3
9	1,0	200	1,2	14	2,5	гс	4	2	пс	5	12	12	гс	4	10	п	8	8	9	1,34	+	-	15	5	3
10	1,3	250	1,3	10	2,6	гс	3	6/1	пс	4	8	8	гс	3	4	п	6	6	6	1,33	+	-	11	12	4
11	1,5	200	1,4	11	2,7	пгс	4	8	п	9	9	9	пс	6	2	п	8	8	12	1,44	+	-	12	18	8
12	1,3	190	1,1	15	2,4	гс	4	8	пс	6	12	12	изв	8	10	гс	3	3	15	1,42	-	+	15	25	6
13	1,1	---	1,1	11	2,6	изв	7	2,5	пс	5	8	8	гс	3	10	пс	5	5	9	1,33	+	-	10	10	2
14	1,4	---	1,4	14	2,5	гс	3	6/1	пс	5	7	7	гс	3	5	п	6	6	8	1,39	+	-	11	-	5
15	1,3	---	1,0	2	2,5	пгс	5	9	п	6	10	10	пс	5	5	п	8	8	10	1,32	+	-	5	-	2
16	1,5	---	1,5	5	2,5	гс	5	7	пс	7	15	15	пс	5	10	гс	3	3	9	1,45	-	+	15	-	6
17	1,6	---	1,3	12	2,5	изв	9	3	пс	5	10	10	гс	4	13	п	6	6	10	1,36	+	-	5	-	5
18	1,3	210	1,3	9	2,6	гс	4	8	пс	5	8	8	гс	3	5	п	8	8	8	1,4	+	-	14	14	4
19	1,4	240	1,4	4	2,4	пгс	5	8	п	9	9	9	пс	5	5	п	8	8	12	1,45	+	-	12	18	5
20	1,6	240	1,5	6	2,6	гс	3	7/2	пс	6	8	8	п	8	12	гс	5	5	22	1,5	-	+	10	20	3
21	1,2	220	1,2	12	2,6	гс	3	2	пс	6	12	12	гс	4	10	п	8	8	10	1,48	+	-	14	14	4
22	1,3	230	1,3	13	2,8	гс	3	6/1	пс	6	8	8	гс	3	6	п	9	9	9	1,33	+	-	13	23	3
23	1,5	250	1,5	15	2,5	пгс	4-5	10	п	8	10	10	пс	5	5	п	8	8	12	1,55	+	-	15	15	5
24	1,3	200	1,4	15	2,4	гс	5	8	пс	5	12	12	п	9	10	гс	4	4	15	1,4	-	+	15	25	4
25	1,0	160	1,8	4	2,5	изв	7-8	3	пс	5	10	10	гс	4	13	п	6	6	10	1,35	+	-	10	10	2
26	1,2	210	1,4	10	2,6	гс	3	6/1	пс	4	8	8	гс	3	4	п	6	6	6	1,33	+	-	12	16	4
27	1,3	220	1,2	8	2,7	пгс	4-5	9	п	6	9	9	пс	5	1	п	8	8	12	1,49	+	-	10	20	10
27	1,5	190	1,3	16	2,4	гс	4	7	пс	6	10	10	пс	6	10	гс	4	4	9	1,34	-	+	15	25	8
29	1,8	160	1,4	12	2,5	изв	9	3	пс	5	10	10	гс	4	13	п	6	6	8	1,35	+	-	20	-	2
30	1,3	200	1,2	7	2,6	гс	4	8/1	пс	5	8	8	гс	4	4	п	7	7	6	1,34	+	-	11	12	4

