

Тестовые задачи по геомеханике открытых, комбинированных и подземных горных работ

Задача № 1

Задание: выполнить расчет допустимых расстояний между геотехническими скважинами.

Исходные данные: относительная ошибка (погрешность оценки категории запасов, согласно стандартов ГКЗ или *CRIRSCO* по стадиям изученности) по *CRIRSCO* при стадии проектирования Pre Feasibility Study $\varepsilon = 25\%$; коэффициент изменчивости объектов разведки (согласно рекомендациям таблицы «Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения», приведенной в Приложении 1 к Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых) $K = 1,5$.

Задача № 2

Задание: определить значения главных напряжений, считая массив упругой средой.

Исходные данные: расчетная глубина $H = 1000$ м; средняя плотность пород $\gamma = 2700$ кг/м³; коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$.

Задача № 3

Задание: определить значения главных напряжений, считая массив сыпучей средой.

Исходные данные: расчетная глубина $H = 1000$ м; средняя плотность пород $\gamma = 2700$ кг/м³; угол внутреннего трения $\varphi = 42^\circ$.

Задача № 4

Задание: оценить возможность рассматривать массив как упругую или сыпучую среду.

Исходные данные: расчетная глубина $H = 1200$ м; средняя плотность пород $\gamma = 2600$ кг/м³; коэффициент структурного ослабления $K_c = 0,25$; коэффициент длительной прочности $\xi = 0,7$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$; коэффициент крепости $f = 15$.

Задача № 5

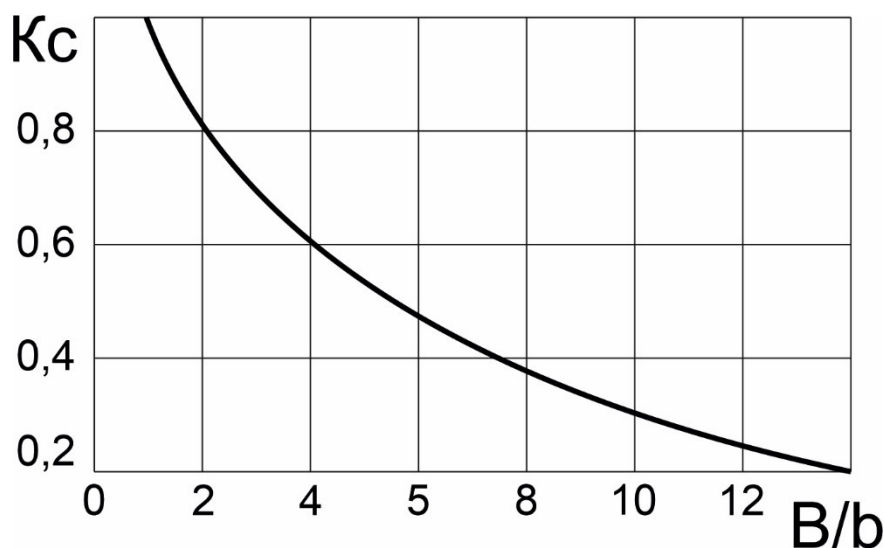
Задание: определить размеры области массива, при которых массив можно рассматривать как сыпучую среду.

Исходные данные: максимальный размер структурного блока $b = 0,4$ м.

Задача № 6

Задание: определить коэффициент структурного ослабления пород.

Исходные данные: ширина выработки $V = 4,0$ м; максимальный размер структурного блока $b = 0,4$ м.



Задача № 7

Задание: определить на какой глубине от поверхности массив горных пород нельзя рассматривать как упругий.

Исходные данные: средняя плотность налегающих пород $\gamma = 2600 \text{ кг/м}^3$; коэффициент структурного ослабления $K_c = 0,25$; коэффициент длительной прочности $\xi = 0,7$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$; коэффициент крепости $f = 15$.

Задача № 8

Задание: определить коэффициент устойчивости откоса.

Исходные данные: сцепление $C = 2,1 \text{ т/м}^2$; угол внутреннего трения $\varphi = 15^\circ$; длина поверхности скольжения $l = 20 \text{ м}$; веса откосов $G_i, \text{ т}$ и углы α_i , образуемые радиус-векторами с вертикалью по отсекам, приведены в таблице.

Расчетный блок	$G_i, \text{ т}$	α_i	$\cos\alpha_i$	$N_i, \text{ т}$	$N_i \cdot \text{tg}\varphi, \text{ т}$	$\sin\alpha_i$	$T_i, \text{ т}$
1	20	55					
2	40	30					
3	35	10					
4	15	-10					

Задача № 9

Задание: выполнить расчет нагрузки на грунт в карьере от карьерного автосамосвала САТ773.

Исходные данные: карьерные автосамосвалы САТ773 грузоподъемностью 55,5т имеют следующие характеристики: полный вес «Р» а/с с грузом – 99,3 тонны; параметры а/с: длина – 9,12 м, ширина – 4,46 м, высота – 4,4м. Параметры: ширина, диаметр шин и их количество приведены в таблице.

Таблица – Габаритные характеристики автосамосвала САТ773

Наименование	Параметры
Ширина шин L 24.00R35, м	0,65
Диаметр колеса D 24.00R35, м	2,16
Количество шин n, шт.	6 (2 и 4)

Задача № 10

Задание: выполнить расчет нагрузки на грунт в карьере от подземного автосамосвала МТ2200.

Исходные данные: подземные автосамосвалы МТ2200 грузоподъемностью 22 т имеют следующие характеристики: полный вес «Р» а/с с грузом – 42,5 тонны; параметры а/с: длина – 9,20 м, ширина – 2,40 м, высота – 2,13 м, распределение массы а/с с грузом: передний мост 67 %, задний – 33 %. Параметры: ширина, диаметр шин и их количество приведены в таблице.

Таблица – Габаритные характеристики автосамосвала МТ2200

Наименование	Параметры
Ширина шин L 18.00R25, м	0,50
Диаметр колеса D 18.00R25, м	1,67
Количество шин n, шт.	4 (2 и 2)

Задача № 11

Задание: оценить устойчивость пород на контуре шахтного ствола круглой формы на протяженных участках и на сопряжениях с околоствольными дворами; определить предельные глубины, ниже которых породы не переходят в неустойчивое состояние.

Исходные данные: первый горизонт расположен на глубине $H_1 = 600$ м от поверхности, а второй на глубине $H_2 = 700$ м. Средняя плотность пород $\gamma = 2800$ кг/м³. Первое сопряжение заложено в породах, имеющих коэффициент крепости $f_1 = 10$, коэффициент структурного ослабления $K_{с,1} = 0,3$; коэффициент длительной прочности $\xi_1 = 0,75$, а второе – в породах с $f_2 = 12$, $K_{с,2} = 0,25$, $\xi_2 = 0,8$;

коэффициент концентрации сжимающих напряжений принимается равным $K_3 = 3$ на протяженных участках выработки и равным $K_3 = 6$ на сопряжениях с горизонтальными выработками.

Задача № 12

Задание: оценить устойчивость выработки прямоугольной сводчатой формы, имеющей свод и вертикальные стенки. Принять решение о необходимости возведения крепи.

Исходные данные: коэффициент крепости $f = 10$; расчетная глубина $H = 600$ м; средняя плотность налегающих пород $\gamma = 3000$ кг/м³; коэффициент бокового распора $\lambda_1 = 0,25$; коэффициент структурного ослабления $K_c = 0,2$; коэффициент длительной прочности $\xi = 0,8$.

Форма выработки	Коэффициенты концентрации напряжений		Примечание
	Сжимающих в боках K_1 (в долях от γH)	Растягивающих в кровле K_2 (в долях от $\lambda_1 \gamma H$)	
Прямоугольно-сводчатая	2	0,4	Для пород с $f > 12$
	2	0,3	Для пород с $f < 12$

Задача № 13

Задание: оценить устойчивость горизонтальной выработки и рекомендовать возможные виды крепи.

Исходные данные: расчетная глубина заложения $H = 600$ м. Породы однородные, трещиноватые, коэффициент крепости $f = 15$, коэффициент структурного ослабления $K_c = 0,4$. Выработка имеет прямоугольно – сводчатую форму; высота вертикальной стенки $h = 2,5$ м; ширина выработки по кровле $B = 3$ м;

плотность пород $\gamma = 2800 \text{ кг/м}^3$; коэффициент длительной прочности $\xi = 0,8$; коэффициент бокового распора $\lambda_1 = 0,3$.

Форма выработки	Коэффициенты концентрации напряжений		Примечание
	Сжимающих в боках K_1 (в долях от γH)	Растягивающих в кровле K_2 (в долях от $\lambda_1 \gamma H$)	
Прямоугольно-сводчатая	2	0,4	Для пород с $f > 12$
	2	0,3	Для пород с $f < 12$

Значения P_γ	Расположение выработок относительно напластования пород	Рекомендуемая крепь
Не более 0,1	Вкрест простирания (и в однородных без напластования)	Без крепи или набрызгбетонная толщиной 3 см
0,10-0,24	То же	Набрызгбетонная толщиной 3-5 см
Более 0,24	>>	Комбинированная из анкеров и набрызгбетона
Не более 0,1	По простиранию напластования	Без крепи или набрызгбетонная толщиной до 3 см
0,1 – 0,24	То же	Комбинированная, расстояние между анкерами 0,7-1,1 м, толщина набрызгбетонного покрытия 3-5 см.
Более 0,24	>>	Металлическая арочная податливая. Параметры определяются расчетом.

Задача № 14

Задание: определить необходимую толщину крепи шахтного ствола.

Исходные данные: последовательная схема проходки; для протяженной части ствола радиус в свету $r_o = 3 \text{ м}$; ствол пересекает пологозалегающие породы при нормативном давлении $P^H = 200 \text{ кПа}$; коэффициент перегрузки $n = 1,3$; монолитный бетон марки М200; расчетное сопротивление бетона сжатию, принимаемое в соответствии с главой СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций $R_{пр} = 9000 \text{ кПа}$; коэффициенты, учитывающие длительную нагрузку, условие для нарастания прочности и температурные колебания, принимаемые в

соответствии с главой СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций: $m_{б_1} = 0,85$; $m_{б_3} = 0,85$; $m_{б_7} = 1,00$; коэффициент работы крепи $m_{ук}=1,25$; коэффициент концентраций напряжений в конструкции крепи на протяженных участках ствола и в районе сопряжения $k_p = 1$; толщина породобетонной оболочки, образующейся за счет проникания бетона в окружающие нарушенные породы: для набрызгбетона принимается равной $\delta_{пб} = 50$ мм, для остальных типов крепи $\delta_{пб} = 0$.

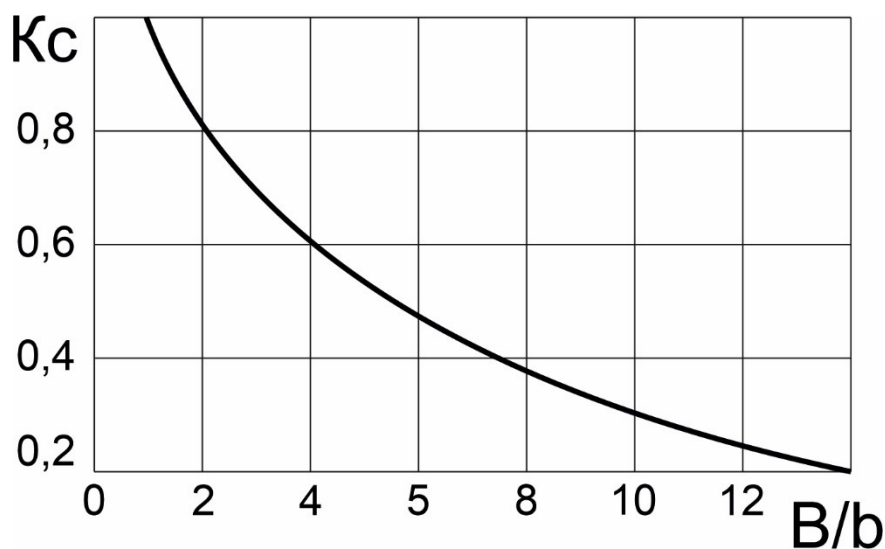
Тип крепи	Коэффициент условий работы бетона, m_y
Набрызгбетонная	0,5
Сборная	0,75
Монолитная	0,8

Угол залегания пород α , град	Коэффициент, n_n	
	При последовательной и параллельной схемах проходки	При совмещенной схеме проходки
До 10	2	1,75
От 10 до 35	2,5	2
Более 35	2,75	2,25

Задача № 15

Задание: определить расстояние между анкерами, исходя из условия невыпадения кусков (отсутствует натяжение анкеров).

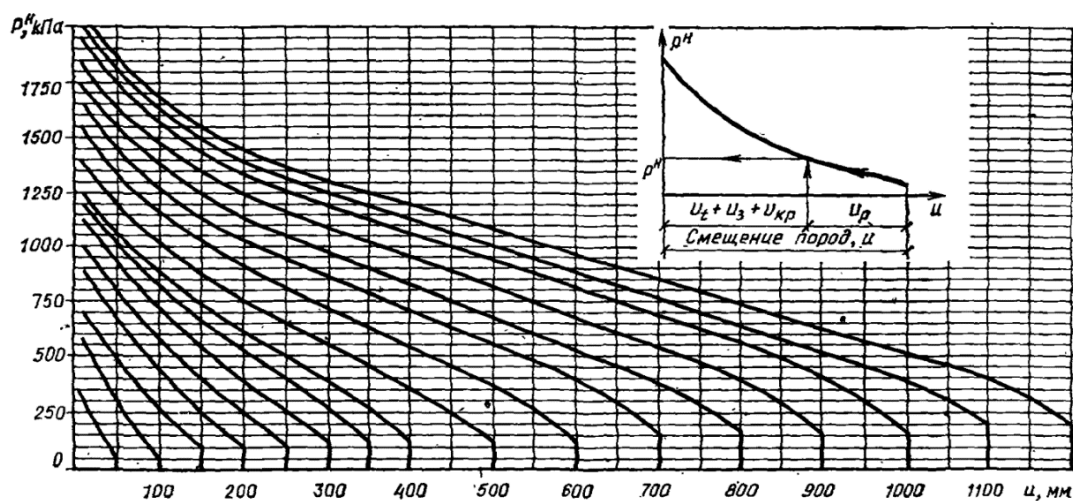
Исходные данные: коэффициент структурного ослабления $K_c = 0,4$; ширина выработки $B=3,0$ м, b – размер структурного блока, м.



Задача № 16

Задание: установить расчетную нагрузку на рамную крепь на 1 м выработки, тип спецпрофиля и плотность крепи.

Исходные данные: магистральная выработка; буровзрывной способ проведения, ширина выработки $V = 5$ м; величина расчетного смещения пород кровли магистральной выработки составляет $u = 200$ мм; коэффициент перегрузки, принимаемый $k_{\Pi} = 1,05$; коэффициент $k_H = 1$; коэффициент условий проведения выработок, принимаемый при буровзрывном способе $m_B = 1$.



Тип спецпрофиля	Площадь сечения выработки S , м ²	Ширина выработки b , м	Несущая способность крепи NS , кН/раму
СВП-17	До 7	Свыше 2,8 до 3,3	260
СВП-22	Свыше 7 до 14	$\gg 3,3 \gg 4,2$	300
СВП-27	$\gg 10 \gg 15$	$\gg 4,2 \gg 5$	330
СВП-33	$\gg 14$	$\gg 5 \gg 6$	370

Задача № 17

Задание: определить допустимый пролет горизонтального обнажения в горной выработке.

Исходные данные: длина выработки $b = 250$ м; предел прочности пород на сжатие $\sigma_{сж} = 64$ МПа; плотность пород $\gamma = 2,72 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$; глубина расположения выработки $H = 335$ м; коэффициент запаса прочности $n = 3$.

Задача № 18

Задание: определить допустимый пролет наклонного обнажения в горной выработке.

Исходные данные: длина выработки $b = 250$ м; предел прочности пород на сжатие $\sigma_{сж} = 64$ МПа; плотность пород $\gamma = 2,72 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$; глубина расположения выработки $H = 335$ м; коэффициент запаса прочности $n = 3$; угол падения пород кровли $\alpha = 75$ град.

Задача № 19

Задание: определить допустимую ширину междуэтажного целика.

Исходные данные: горизонтальная мощность $m_{гор} = 4,5$ м; угол падения рудной залежи (жилы) $\alpha = 75^\circ$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,4$; плотность пород $\gamma = 2,72 \text{ т/м}^3$; глубина расположения целика $H = 335,0$ м; длина блока $L = 50$ м; высота

этажа $h_{\text{эт}}=40,0\text{м}$; предел прочности на сжатие $\sigma_{\text{сж}}=6400\text{т/м}^2$; коэффициент длительной прочности $K_{\text{вр.}}=0,8$; коэффициент запаса $K_{\text{зап}}=2,0$.

Задача № 20

Задание: определить допустимую ширину междукамерного целика.

Исходные данные: горизонтальная мощность $m_{\text{гор}} = 4,5\text{м}$; угол падения рудной залежи (жилы) $\alpha = 75^\circ$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,4$; плотность пород $\gamma = 2,72\text{т/м}^3$; глубина расположения целика $H = 335,0\text{м}$; длина блока $L = 50\text{м}$; высота этажа $h_{\text{эт}} = 40,0\text{м}$; предел прочности на сжатие $\sigma_{\text{сж}} = 6400\text{т/м}^2$; коэффициент длительной прочности $K_{\text{вр.}} = 0,8$; коэффициент запаса $K_{\text{зап}} = 2,0$; горизонтальная нагрузка $P_{\text{г}} = 1385900,7\text{ т}$; вертикальная нагрузка $P_{\text{в}} = 671835,6\text{ т}$.

Задача № 21

Задание: определить допустимость принятой в проекте ширины междукамерного целика $h = 20,0\text{ м}$ с учетом размещения в нем вентиляционно-ходового восстающего ВХВ $2,4 \times 2,1$.

Исходные данные: по технологическим факторам ширина МКЦ с ВХВ принимается $h = 20,0\text{ м}$; горизонтальная мощность $m_{\text{гор}} = 4,5\text{м}$; угол падения рудной залежи (жилы) $\alpha = 75^\circ$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,4$; плотность пород $\gamma = 2,72\text{т/м}^3$; глубина расположения целика $H = 335,0\text{м}$; длина блока $L = 50\text{м}$; высота этажа $h_{\text{эт}} = 40,0\text{м}$; предел прочности на сжатие $\sigma_{\text{сж}} = 6400\text{т/м}^2$; коэффициент длительной прочности $K_{\text{вр.}} = 0,8$; коэффициент запаса $K_{\text{зап}} = 2,0$; ширина вентиляционно-ходового восстающего $a_{\text{в}} = 2,4\text{м}$; среднее расстояние между осями соседних рассечек, пройденных из восстающего $h_{\text{пр}} = 5,0\text{ м}$; ширина рассечки в целике $- h_{\text{р}} = 2,4\text{ м}$.

Задача № 22

Задание: определить допустимое расстояние расположения горно-капитальных и магистральных подготовительных выработок от очистных пространств.

Исходные данные: ширина выработанного пространства $a = 40$ м; плотность породы $\gamma = 2,72$ т/м³; глубина работ $H = 335$ м.

Задача № 23

Задание: определить допустимое расстояние между параллельными горизонтальными выработками (минимально допустимой ширины целика между погрузочными заездами).

Исходные данные: высота выработки $h_b = 4,5$ м; ширина выработки $a = 4,5$ м; прочность пород на сжатие $\sigma_{СЖ} = 64$ МПа; плотность пород $\gamma = 2,72$ т/м³; глубина работ $H = 335,0$ м; коэффициент запаса $k_3 = 2$.

p	$f(p)$	p	$f(p)$	p	$f(p)$
0,008	0,765	0,3	0,373	7	0,073
0,009	0,757	0,4	0,335	8	0,068
0,01	0,749	0,5	0,306	9	0,063
0,02	0,690	0,6	0,284	10	0,059
0,03	0,652	0,7	0,265	20	0,037
0,04	0,622	0,8	0,249	30	0,029
0,05	0,597	0,9	0,236	40	0,024
0,06	0,577	1	0,224	50	0,020
0,07	0,559	2	0,155	60	0,018
0,08	0,543	3	0,123	-	-
0,09	0,528	4	0,104	-	-
0,1	0,516	5	0,091	-	-
0,2	0,426	6	0,081	-	-

Задача № 24

Задание: определить допустимое расстояние между сближенными рудными залежами.

Исходные данные: минимальный размер выработанного пространства $a = 40\text{м}$; прочность пород на сжатие $\sigma_{\text{сж,п}} = 64\text{МПа}$; угол падения залежи $\alpha = 75^\circ$; коэффициент запаса $k_3 = 2$.

Задача № 25

Задание: выполнить расчет ширины неудароопасного угольного целика между штреками № 1 и № 2 (рисунок) при многострековой подготовке выемочного столба одиночного угольного пласта.

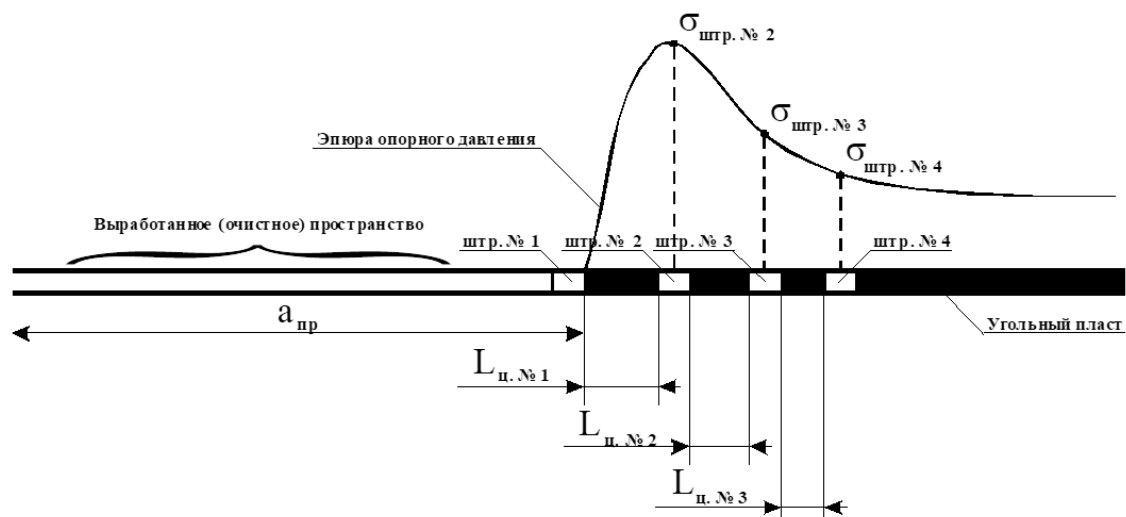


Схема для расчета системы податливых неудароопасных целиков при многострековой подготовке выемочных столбов

Исходные данные: суммарный размер отработанных лав по угольному пласту, прилегающих к проекции целика № 1 (рисунок) $a = 600,0\text{м}$; ширина подготовительной выработки $b_{\text{штр.}} = 5,0\text{м}$; предел прочности образцов угля на одноосное сжатие $\sigma_{\text{сж.}} = 14,0\text{МПа}$; средний объемный вес толщи вышележащих пород $\gamma = 2,54 \text{ т/м}^3$; глубина расположения целика $H = 1000,0\text{м}$; вынимаемая мощность угольного пласта $m = 0,9\text{м}$.

Задача № 26

Задание: выполнить расчет ширины неудароопасного угольного целика между штреками № 2 и № 3 (рисунок) при многострековой подготовке выемочного столба одиночного угольного пласта.

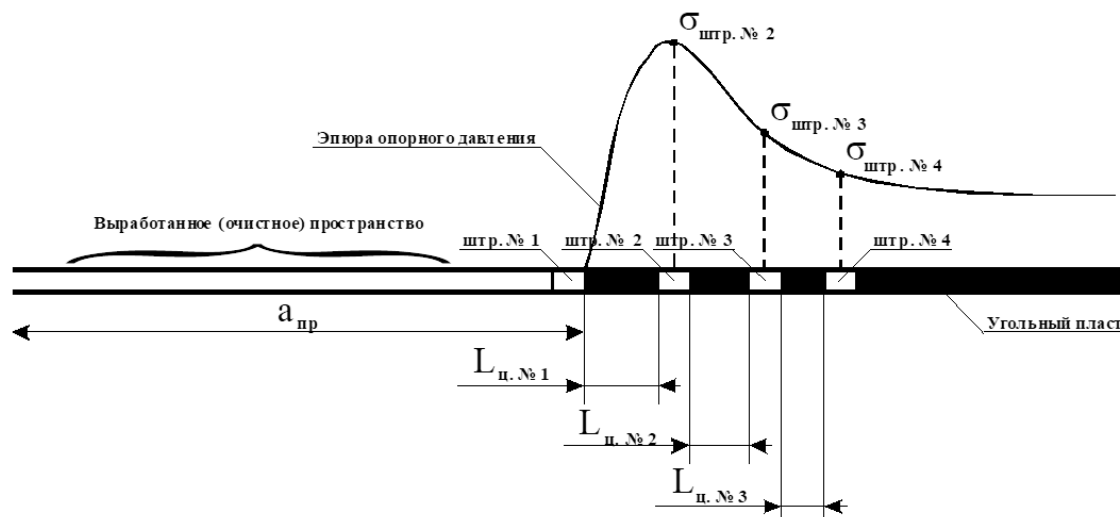


Рисунок – Схема для расчета системы податливых неудароопасных целиков при многострековой подготовке выемочных столбов

Исходные данные: суммарный размер отработанных лав по угольному пласту, прилегающих к проекции целика № 1 (рисунок) $a = 600,0$ м; ширина подготовительной выработки $b_{\text{штр.}} = 5,0$ м; предел прочности образцов угля на одноосное сжатие $\sigma_{\text{сж.}} = 14,0$ МПа; средний объемный вес толщи вышележащих пород $\gamma = 2,54$ т/м³; глубина расположения целика $H = 1000,0$ м; вынимаемая мощность угольного пласта $m = 0,9$ м.

Задача № 27

Задание: выполнить расчет ширины неудароопасного угольного целика между штреками № 3 и № 4 (рисунок) при многоштрековой подготовке выемочного столба одиночного угольного пласта.

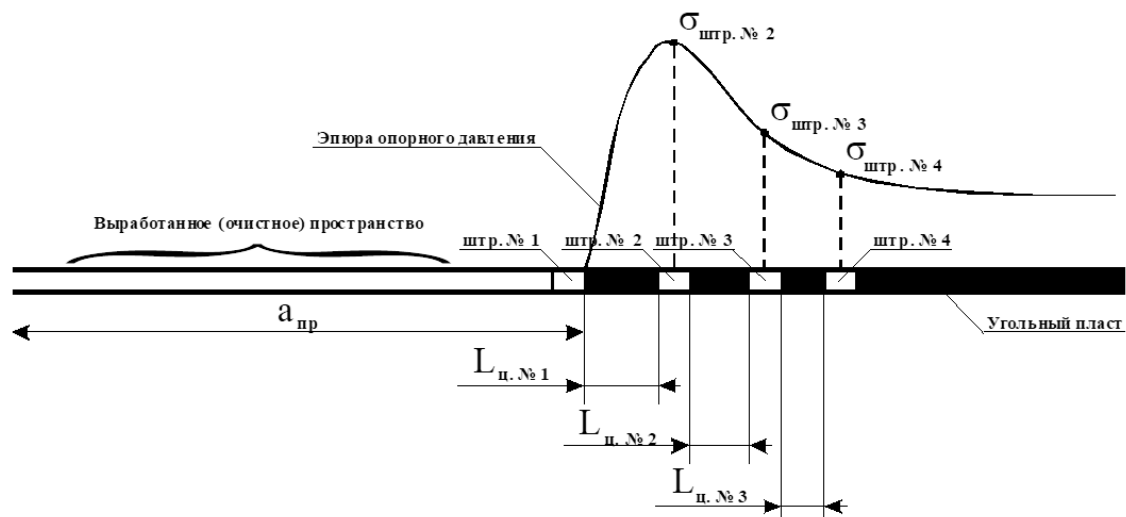


Рисунок – Схема для расчета системы податливых неудароопасных целиков при многоштрековой подготовке выемочных столбов

Исходные данные: суммарный размер отработанных лав по угольному пласту, прилегающих к проекции целика № 1 (рисунок) $a = 600,0$ м; ширина подготовительной выработки $b_{\text{штр.}} = 5,0$ м; предел прочности образцов угля на одноосное сжатие $\sigma_{\text{сж.}} = 14,0$ МПа; средний объемный вес толщи вышележащих пород $\gamma = 2,54$ т/м³; глубина расположения целика $H = 1000,0$ м; вынимаемая мощность угольного пласта $m = 0,9$ м.

Задача № 28

Задание: выполнить оценку степени трещиноватости пород по показателю качества породы RQD.

Исходные данные:

Общая длина интервала замера (см)	Длина сплошных участков породы, см
200,0	7,5
	2,5
	5,0
	11,0
	9,0
	15,0
	17,0
	13,0
	11,0
	19,0
	13,0
	6,4
	1,5
	1,9
7,0	

Описание массива	RQD, %
Очень слабый. Очень сильнотрещиноватые породы	от 0 до 25
Слабый. Сильнотрещиноватые породы	от 25 до 50
Средний. Среднетрещиноватые породы	от 50 до 75
Хороший. Слаботрещиноватые породы	от 75 до 90
Отличный. Очень слаботрещиноватые породы	от 90 до 100

Задача № 29

Задание: определить фактор снижения напряжений SRF.

Исходные данные: глубина горных работ $H = 800$ м; плотность пород $\gamma = 2,5$ т/м³; прочность пород на сжатие $\sigma_{сж} = 80$ МПа.



Задача № 30

Задание: выполнить оценку устойчивости пород по классификации Бартона (Q-система).

Исходные данные: показатель качества породы $RQD = 60 \%$; количество систем трещин $J_n = 4,0$; шероховатость трещин $J_r = 1,5$; индекс изменённости трещин $J_a = 3,0$; обводнённость пород выработок $J_w = 1,0$; фактор снижения напряжений $SRF = 0,2$.

Рейтинг горных пород Q	Категория	Описание горного массива
0,001-0,01	IVб	Исключительно неустойчивый
0,01-0,1	IVа	Чрезвычайно неустойчивый
0,1-1	IIIб	Очень неустойчивый
1-4	IIIа	Неустойчивый
4-10	IIб	Средней устойчивости
10-40	IIа	Устойчивый
40-100	Iб	Очень устойчивый
100-400	Iа	Чрезвычайно устойчивый
400-1000	I	Исключительно устойчивый

Список литературы

1. Об определении оптимальных расстояний между разведочными выработками в связи с различными размерами участков и анизотропностью тел полезных ископаемых / Л.М. Петровский // Известия Томского ордена трудового красного знамени политехнического института имени С.М. Кирова. – Том 217. – 1971. – с. 115-123».
2. Шехурдин В.К. Задачник по горным работам, проведению и креплению горных выработок: Учебное пособие. – М.: Недра, 1985, 240 с.
3. Методические указания по определению параметров бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов. – М.: ИПКОН РАН, 2022. – 80 с.
4. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИМИ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. — М.: Стройиздат, 1983. — 272 с.
5. Баранов А.О. Расчет параметров технологических процессов подземной добычи руд. М.: Недра, 1985. 224 с.
6. Методические указания по определению размеров целиков и камер при подземной разработке руд цветных металлов. – Чита, ВНИПИгорцветмет, 1988 г.
7. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: справочное пособие. – М.: Недра, 1992 г.
8. Методическое обеспечение расчета системы неудароопасных целиков при многоштрековой подготовке выемочных столбов / Д.В. Сидоров // Записки Горного института. – 2013. – Т. 205. – С. 145–147.
9. D. Jean Hutchinson, Mark S. Diederichs Cablebolting in underground mines, Published by BiTech Publishers Ltd. 173 - 11860 Hammersmith Way Richmond, British Columbia Canada V7A 5G1: 1996. 417 p.